#### МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»



## МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЁЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«XV КОРОЛЁВСКИЕ ЧТЕНИЯ», посвящённая 100-летию со дня рождения Д. И. Козлова

СБОРНИК ТРУДОВ

**Tom 1** 

8 - 10 октября 2019 г.

**CAMAPA** 

УДК 629.76+629.78+629.7.002.2 ББК 39.62+39.52 M431

МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЁЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «XV КОРОЛЁВСКИЕ ЧТЕНИЯ», посвящённая 100-летию со дня рождения Д.И.Козлова: тезисы докладов 8–10 октября 2019 года. – Самара: АНО «Издательство СНЦ», 2019. – В 2 т. Т. 1. – 580 с. ISBN 978-5-6043593-0-3

В сборнике представлены тезисы докладов, в которых изложены результаты научноисследовательской работы студентов, аспирантов, молодых учёных и специалистов по вопросам космической и авиационной техники, других наукоёмких отраслей промышленности и социально значимых научных направлений.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ	
Председатель - врио ректора Самарского университета	Богатырёв В.Д.
Зам. председателя - научный руководитель Самарского университета,	Шахматов Е.В.
член-корреспондент РАН	
Члены комитета:	
<ul> <li>министр экономического развития и инвестиций Самарской области</li> </ul>	Богданов Д.Ю.
<ul> <li>министр промышленности и торговли Самарской области</li> </ul>	Жданов М.Н.
<ul> <li>министр образования и науки Самарской области</li> </ul>	Акопьян В.А.
– генеральный директор АО «РКЦ «Прогресс»	Баранов Д.А.
– заместитель генерального директора - управляющий директор	Соболев А.А.
ПАО «Кузнецов»	
<ul> <li>президент Самарского университета, академик РАН</li> </ul>	Сойфер В.А.
<ul><li>– академик РАН</li></ul>	Шорин В.П.
<ul><li>– академик РАН</li></ul>	Гречников Ф.В.
<ul> <li>- генеральный директор Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ), академик РАН</li> </ul>	Каблов Е.Н.
<ul> <li>- генеральный конструктор – первый заместитель генерального директора</li> <li>ПАО «РКК «Энергия», академик РАН</li> </ul>	Микрин Е.А.
<ul> <li>заместитель генерального конструктора АО «РКЦ «Прогресс»,</li> <li>член-корреспондент РАН</li> </ul>	Аншаков Г.П.
<ul><li>исполнительный директор ОАО «Металлист-Самара»</li></ul>	Елисеев Ю.С.
ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ	
T	TT 1 4 D

Председатель – первый проректор-проректор по научно-исследовательской	Прокофьев А.Б.
работе, д-р техн. наук, профессор	
Зам. председателя – начальник управления подготовки научных кадров,	Шлеенков М.А.
канд. физмат. наук, доцент	

#### Члены оргкомитета:

– помощник проректора, секретарь оргкомитета

тены оргкомитени.	
– директор института ракетно-космической техники, д-р техн. наук, профессор	Ишков С.А.
– директор института двигателей и энергетических установок,	Ермаков А.И.
д-р техн. наук, профессор	
– директор института авиационной техники, д-р техн. наук, профессор	Еленев В.Д.
– директор естественнонаучного института, д-р. физмат. наук, профессор	Завершинский И.П.
– зам. директора института экономики и управления, канд. техн. наук, доцент	Павлов О.В.
– директор института информатики, математики и электроники,	Сергеев В.В.
д-р техн. наук, профессор	
– проректор по учебно-воспитательной работе, и.о. директора социально-	Леонов М.М.
гуманитарного института, д-р ист. наук, доцент	
– декан юридического факультета, д-р юрид. наук, профессор	Безверхов А.Г.
- начальник научно-исследовательской части, канд. техн. наук, доцент	Гареев А.М.
<ul> <li>председатель совета молодых учёных и специалистов</li> </ul>	Новикова Ю.Д.

Верховская Т.В.

### дмитрий ильич козлов

Дмитрий Ильич Козлов – выдающийся учёный и конструктор в области ракетно-космической техники. Дважды Герой Социалистического Труда, член-корреспондент Российской академии наук, действительный член Международной академии астронавтики, Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского, Академии технологических наук Российской Федерации. Дмитрия Ильича по праву можно назвать человеком-легендой нашего времени. Более полувека назад он по приказу страны и по велению сердца встал у руля принципиально нового для того времени наукоёмкого производства, благодаря которому весь двадцатый век мы теперь и можем называть космическим веком.

Д. И. Козлов родился 1 октября 1919 года в станице Тихорецкая Кубанской области (ныне – г. Тихорецк Краснодарского края). Отец Дмитрия, Илья Федорович Козлов, работал плотником в железнодорожном депо здешний станции, а мать Анна Владимировна всю жизнь была домохозяйкой. Родители происходили из старинных казачьих родов станицы Новорождественской, что и по сей день стоит неподалеку от Тихорецка. Кроме Дмитрия, у него в семье было два брата. Дмитрий был самым старшим, среднего звали Николаем, а младшего – Владимиром (фото 1).



Фото 1. Семья Козловых в 1929 году. Слева направо. Вверху братья Козловы— Николай, Дмитрий, Владимир. Внизу— двое знакомых семьи, Анна Владимировна и Илья Федорович Козловы

Отца будущего ракетчика не раз переводили то в один, то в другой город Северного Кавказа, так что Дмитрий Ильич учился также в Грозном и Новороссийске. Среднюю школу Дмитрий окончил в 1937 году в г. Пятигорске и в том же году поступил в Ленинградский военно-механический институт. Но студенческие годы для Дмитрия Козлова были прерваны Великой Отечественной войной — 1 июля 1941 года он добровольно ушёл в Красную Армию. Служил в стрелковых войсках на Ленинградском и Волховском фронтах, участвовал в боевых действиях, получил три фронтовых ранения (фото 2).





Фото 2. Д.И. Козлов в 1943 году, после окончания курсов лейтенантов (слева) и в 1946 году, после окончания Ленинградского военно-механического института (справа)

После окончания Ленинградского военно-механического института и дополнительных четырёхмесячных курсов Дмитрий Ильич получил новое назначение и отправился в городок Подлипки, который находился под Москвой. Именно к этому моменту И.В. Сталиным было подписано совершенно секретное постановление Совета Министров СССР № 1017-419сс от 13 мая 1946 года «Вопросы реактивного вооружения». Как раз в соответствии с этим документом в Специальное конструкторское бюро (СКБ) завода № 88 и были направлены десятки выпускников ряда военно-технических вузов страны. С 16 мая 1946 года это СКБ стало называться «НИИ-88» (НИИ — научно-исследовательский институт). Впоследствии на его базе возникло знаменитое Особое конструкторское бюро № 1 (ОКБ-1), которое позже было преобразовано в Ракетно-космическую корпорацию «Энергия» имени С. П. Королёва.

В середине 1946 года на имя начальника института поступила правительственная телеграмма: группу сотрудников срочно направить в командировку в Тюрингию, в самый центр только что разгромленной Германии. Здесь незадолго до того были обнаружены секретные подземные заводы, где немцы выпускали ракеты Фау-1 и Фау-2, которыми они потом обстреливали Лондон. Несмотря на все трудности, группе из подмосковного НИИ-88 после тщательного обследования заводов все же удалось отыскать здесь довольно много различных металлических деталей и фрагментов конструкций Фау. Нашлась также и некоторая документация. Именно в Тюрингии Дмитрий Козлов начал свою работу под руководством будущего Главного конструктора баллистических ракет С.П. Королёва.



Как вспоминал Д.И. Козлов, в Нордхаузене (город в Тюрингии) у советских специалистов было чёткое разделение труда: часть сотрудников занималась исследованием «железа», а он по заданию С.П. Королёва в основном искал и изучал техническую документацию. При этом ему не раз пришлось восстанавливать недостающие чертежи отдельных узлов Фау-2. В итоге к концу лета 1946 года наши специалисты из обнаруженного материала сумели собрать 10 полноценных ракет, которые в документах затем получили шифр «А-4». Это были целиком немецкие ракеты, на которых не стояло практически ни одной важной детали, изготовленной на советских заводах. Тогда же на специальном поезде все найденные материалы и восстановленные чертежи были отправлены в Подлипки.

Со своей будущей женой Зоей Васильевной Дмитрий Ильич был знаком давно — они оба учились в одном и тоже же институте. Регистрация брака состоялась 23 февраля 1946 года. Дмитрий Ильич вспоминал, что 1 апреля 1947 года он вдруг получил от родителей телеграмму, что сегодня у него родился сын, которого назвали Владимиром. На это письмо он отправил ответ, что, мол, его не обмануть этой телеграммой, поскольку в такой легкомысленный день его ребенок родиться просто не может. 25 декабря 1952 года в семье Козловых родилась дочь Ольга (фото 3).



Фото 3. Семья Козловых в начале 60-х годов. Слева направо – Д. И. Козлов, сын Владимир, дочь Ольга, жена Зоя Васильевна

Вот как Д.И. Козлов вспоминал о работе под руководством С. П. Королёва:

"Кстати, в печати порой встречаются высказывания, что Королёв не раз бывал с подчинёнными излишне жестким, и даже грубым. Конечно же, за долгие годы мне приходилось видеть его разным. Но при этом я отмечу, что за всё время его работы в должности Главного конструктора Сергей Павлович подписал лишь три приказа об объявлении выговоров сотрудникам за различные провинности, в первую очередь за невыполнение в срок того или иного важного задания. А вот приказов о строгих выговорах, а тем более об увольнениях им не издавалось ни разу. Да, конечно же, при разработке и изготовлении очередного изделия



Королёв, как руководитель, обычно принимал на себя всю ответственность за очень жёсткие сроки выпуска нового вида продукции, а это исходило из оборонных интересов государства. Разумеется, после обозначения сроков он требовал их неукоснительного выполнения от каждого из подчинённых — как мы тогда говорили, и днём и ночью гнал нас по шпалам".

Родина достойно оценила вклад инженерно-технических специалистов: в 1956 году за создание ракетно-ядерного щита страны, частью которого стал созданный комплекс P-5M, званий Героев Социалистического Труда были удостоены многие конструкторы и другие ведущие работники этой сферы. Среди них — С.П. Королёв, В.П. Мишин, В.П. Глушко, В.П. Бармин, М.С. Рязанский, Н.А. Пилюгин, В.И. Кузнецов, Ю.Б. Харитон,

Я.Б. Зельдович, А.Д. Сахаров, М.В. Келдыш. Ведущий конструктор изделия Р-5М Д.И. Козлов тогда же был награждён своим первым орденом Ленина.

К разработке проекта двухступенчатой баллистической ракеты, имеющей межконтинентальную дальность полёта. специалисты конструкторского С.П. Королёва приступили ещё до официального подписания правительственного постановления – осенью 1953 года. Ведущим конструктором по разработке и изготовлению этого изделия, как и в случае с Р-5М, снова был назначен Д.И. Козлов. Инженеры его группы шли совершенно неизведанным путем, поскольку ничего похожего в мире тогда еще не существовало. Более того: по сведениям советской разведки, в то время ни в одной ядерной державе мира никто даже не делал попыток сконструировать подобную технику. Поэтому в середине 50-х годов политическое руководство СССР во главе с Н.С. Хрущевым, выдавая задание ОКБ-1 на такую разработку, прекрасно понимало, что одним лишь фактом успешного испытания такого изделия советские конструкторы дадут своей стране важнейший военно-стратегический козырь для тактики сдерживания. Вот как о том времени вспоминал Д.И. Козлов:

"Новая ракета в проектно-технической документации получила название P-7. Для обеспечения рекордной дальности и надёжности конструкции этого изделия был использован целый ряд принципиально новых инженерно-технических решений, главным из которых следует назвать боковое расположение баков первой ступени, которое применяется и до сих пор. Персонального автора этой технической идеи сейчас назвать опять-таки сложно, однако могу сказать, что впервые эту схему расположения блоков в своих теоретических выкладках применил проектный отдел ОКБ-1 под руководством С.С. Крюкова, а одним из наиболее активных ее разработчиков был, конечно же, Сергей Павлович Королёв."

Первые пуски Р-7, проходившие в течение лета 1957 года, шли в полном соответствии с известным правилом: чем сложнее техника, тем она капризнее и тем больше времени она требует для своей «доводки». Испытания проходили вовсе не так гладко, как того хотелось бы ракетчикам, и потому они стоили С.П. Королёву, Д.И. Козлову и вообще коллективам ОКБ-1 и полигона Тюратам множества бессонных ночей, испорченных нервов и седых волос. При этом причиной подавляющего большинства неудач, как затем выяснялось в ходе расследования, оказывались отнюдь не конструкторские просчёты, а банальная небрежность производственников. Это видно хотя бы из простой хроники событий того жаркого лета. На первом, и на всех последующих испытаниях Р-7 всегда присутствовал министр оборонной промышленности СССР Д.Ф. Устинов. Увидев 15 мая старт ракеты своими глазами, Дмитрий Федорович, несмотря на её взрыв в воздухе, вовсе не выглядел удручённым. Вот как рассказывал об этом моменте испытаний Д.И. Козлов:

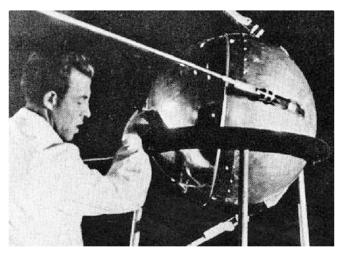
"Я прекрасно помню, как после первого старта P-7 Устинов собрал всю нашу команду конструкторов. Мы думали, что сейчас начнется серьёзный разнос, но оказалось совсем наоборот: Дмитрий Федорович всех нас поздравил с большой удачей. «Напрасно вы раскисли, — говорил он. — Ведь ракета-то со старта ушла, причем ушла очень хорошо. А то, что она где-то там высоко взорвалась, не беда: вы же специалисты, и потому быстро установите причину аварии. Надеюсь, уже скоро аварий не будет совсем». И в дальнейшем его указания всегда были одними и теми же: как только выяснялась причина очередного взрыва, то все мы сразу же должны бегом бежать на завод и в ОКБ, чтобы устранить оплошность и немедленно приступать к выпуску нового изделия."

Только четвертый пуск P-7, состоявшийся 21 августа 1957 года, наконец-то оказался успешным. Первая в мире межконтинентальная баллистическая ракета взлетела красиво и устойчиво, и уже через 15 минут она достигла заданной точки полигона на Камчатке (ныне — полигон Кура), где наблюдатели зафиксировали падение её головной части. Но для проверки правильности выбранных конструкторских решений было решено произвести ещё один испытательный пуск P-7, который состоялся 7 сентября 1957 года.

Старт ракеты снова был удачным и прошёл без замечаний, после чего она также достигла безлюдного района в центре полуострова Камчатка.

После этого Дмитрий Ильич Козлов принимал активное участие в создании первого искусственного спутника Земли. Именно его отделу было поручено изготовление внешней металлической оболочки будущего спутника, и потому ему по должности приходилось вникать в работу подчинённых и при необходимости вносить технические поправки. Он хорошо запомнил этот уже почти готовый к запуску серебристый шарик в одном из цехов опытного завода НИИ-88 в Подлипках, сборку которого Королёв контролировал лично. Широкий международный резонанс, вызванный запуском в космос первого спутника, для советского руководства стал полной неожиданностью, хотя и приятной. Многочисленные поздравления по этому поводу, поступившие в адрес Н.С. Хрущёва от большинства зарубежных лидеров, заставили правительство СССР обратить самое пристальное внимание не только на военную, но и на научную составляющую советской ракетной программы. Был срочно подготовлен указ о вручении ряду специалистов ракетной отрасли государственных наград в связи с историческим событием. При этом Д.И. Козлову по его закрытой тематике была присуждена Ленинская премия, которую он наряду с другими лауреатами получил в Кремле из рук Первого секретаря ЦК КПСС Н.С. Хрущёва.

2 января 1958 года вышло закрытое постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 2-1 «Об организации серийного производства изделия 8К71 на Государственном авиационном заводе № И.В. Сталина Куйбышевского Совета народного хозяйства» (в то время организация п/я 208, ныне – АО «РКЦ «Прогресс»). Тем же документом предусматривалось, что двигатели к «семёрке» (ракета P-7) будут заводе изготовляться на No (организация п/я 32, впоследствии – Куйбышевское моторостроительное



производственное объединение имени М.В. Фрунзе, ныне — ПАО «Кузнецов»). При этом заводу № 1, где в тот момент ещё полным ходом шло производство самолётов, предписывалось уже в IV квартале 1958 года выпустить не менее трех лётных изделий 8К71, не прекращая при этом и выпуска самолётов Ту-16. Задача оказания технической помощи заводу № 1 при его переходе с авиационного на ракетное производство возлагалась на коллективы ОКБ-1, завода № 88 и НИИ-88. А поскольку ведущим конструктором изделия 8К71 являлся 39-летний начальник отдела ОКБ-1 Д.И. Козлов, то в приказе именно он и был назван в качестве ответственного за перепрофилирование завода № 1. Непосредственно перед отлётом в Куйбышев (фото 4) Д.И. Козлова назначили заместителем Главного конструктора ОКБ-1, то есть самого С.П. Королёва, с предоставлением ему неограниченных полномочий на весь период этой работы.

Принципиально новое производство потребовало также и привлечения соответствующих инженерно-технических работников. О подготовке таких специалистов Д.И. Козлов рассказал следующее:

"Очень серьёзные требования в то время мы предъявляли не только к рабочим, но и к кадрам ИТР. Конечно же, инженеров-ракетчиков тогда еще не обучали ни в одном вузе страны. Куйбышевский авиационный институт ещё только-только становился на ноги, и в его стенах в то время готовили лишь специалистов для самолётостроительных заводов. Примерно то же самое можно было сказать и о тогдашнем Куйбышевском

политехническом институте. Одним словом, в конце 50-х годов руководство завода № 1 встало перед необходимостью самостоятельно готовить для себя инженеровракетчиков, отбирая их из числа тех инженерно-технических работников, которые до этого занимались производством самолётов на заводе № 1. Причем такая подготовка тоже происходила «на ходу», в процессе перепрофилирования предприятия."



Фото 4. Куйбышев. Улица Победы. Конец 50-х годов

Благодаря неимоверным усилиям рабочих и служащих особо важное задание страны было выполнено в срок. К концу первой декады ноября на заводе № 1 закончили сборку первой из запланированных «семерок», которая тогда же была передана на контрольно-испытательную станцию (КИС) завода. Учитывая необходимость изготовления в 1958 году ещё двух изделий, работы по их сборке и испытаниям с целью выполнения в срок задания партии и правительства на предприятии велись круглосуточно и без выходных дней. Все это время на самых ответственных участках сборки и испытаний ракет постоянно находился заместитель Главного конструктора ОКБ-1 Д.И. Козлов. Чтобы сейчас понять всё значение той громадной работы, которую коллективу завода пришлось проделать в 1958 году, следует сказать: до этого никто и никогда в мире не занимался переводом крупного промышленного предприятия на массовое ракетное производство, и к тому же в столь сжатые сроки. Какими сжатыми они были, говорит хотя бы тот факт, что в феврале 1958 года, когда Д.И. Козлов приехал на предприятие, здесь все ещё полным ходом продолжался выпуск самолётов. А в конце декабря того же года (всего через 10 месяцев после начала реорганизации) в цехах завода № 1 уже были собраны, проверены и подготовлены к отправке на полигон Тюратам три новые ракеты Р-7, одна из которых в 1959 года успешно вышла на орбиту. Сейчас ни один серьёзный производственник не поверит, что в такое короткое время можно полностью перепрофилировать хоть какое-нибудь крупное предприятие.

В 1960 году закрытым Указом Президиума Верховного Совета СССР заместитель Главного конструктора ОКБ-1 Д.И. Козлов был награждён орденом Ленина, а директору завода № 1 В.Я. Литвинову второй раз вручили Звезду Героя Социалистического Труда (первую он получил в 1945 году). Как было сказано в документах, этих наград они

удостоились «за успешное проведение беспрецедентной по масштабам и по срокам работы по организации в городе Куйбышеве полномасштабного ракетного производства».

Заместитель Главного конструктора и руководитель куйбышевского филиала № 3 ОКБ-1 Д.И. Козлов был очевидцем и непосредственным участником наиболее важных событий, связанных с первым полётом человека в космос. Вот как об этом вспоминал Дмитрий Ильич:

"Сейчас, по прошествии десятилетий, я считаю, что первый полёт человека в космос стал самым памятным событием моей жизни. О том, что на роль первого космонавта утвержден именно Юрий Гагарин, я узнал сразу же после заседания Государственной комиссии, которое состоялось за четыре дня до исторической даты 12 апреля 1961 года. При этом 10 апреля числе многих других руководителей предприятий ракетной отрасли я был вызван в Подлипки на совещание, которое здесь проводили Устинов и Королёв. После того, как произошел пуск ракеты с Гагариным на борту, я вместе с небольшой группой



специалистов тут же поехал на местный аэродром, где все мы и услышали сообщение о его успешном приземлении. Правда, в нем не говорилось, где именно приземлился первый космонавт, однако нам к тому времени уже передали, что он находится в Саратовской области, совсем недалеко от Куйбышева."

Вот как о своих первых встречах с будущими покорителями космоса вспоминал Д.И. Козлов:

"Сам отряд космонавтов располагался не в Подлипках, а в небольшом дачном поселке километрах в 20 от нашего предприятия. Теперь здесь раскинулся известный всему миру Звёздный городок, а тогда это был только комплекс временных строений, в которых космонавтов и готовили к предстоящему полёту. Эти лётчики, кандидаты для полёта в космос, неоднократно приезжали на наш 88-й завод и знакомились здесь с техникой, на которой им предстояло работать. Конечно же, мы тогда еще не знали, кто из них будет первым космонавтом, однако Гагарина я уже тогда запомнил, поскольку он выделялся из всех лётчиков какой-то особой располагающей улыбкой. Уже весной 1961 года эту улыбку увидел весь мир."



Указом Президиума Верховного Совета СССР от 17 июня 1961 года начальнику и Главному конструктору филиала № 3 ОКБ-1 Д.И. Козлову в числе других специалистов ракетно-космической отрасли было присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением ему ордена Ленина и Золотой Звезды «Серп и Молот». Главный конструктор ОКБ-1 С.П. Королёв в соответствии с тем же Указом стал Дважды Героем Социалистического Труда. В тексте документа говорилось, что этого звания они были удостоены «за выдающиеся заслуги в создании образцов ракетной техники и обеспечение успешного полёта человека в космическое пространство».

В Министерстве обороны СССР прекрасно понимали, что именно Д.И. Козлов, один из лучших учеников С.П. Королёва, и есть тот самый руководитель, который в силу присущей ему целеустремлённости способен обеспечить выполнение очередного важнейшего задания Родины в срок и с высоким качеством работы. И уже вскоре после неофициального визита в Куйбышев генерал-майора П.Т. Костина было принято

постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 963-124 от 31 июля 1961 года «Об обеспечении серийного выпуска объектов «Зенит-2» и носителей к ним». Согласно этому документу, Куйбышевский совнархоз и завод № 1 обязывались в 1961-1962 годах выпустить четыре таких комплекса (по одному в декабре 1961 года, в марте, апреле и мае 1962 года).

В канун 20-летия ЦСКБ за заслуги в создании и производстве новой специальной техники Указом Президиума Верховного Совета СССР № 473-Х от 25 июля 1979 года Центральное специализированное конструкторское бюро было награждено Орденом Ленина. Тем же Указом за выдающиеся заслуги в деле создания специальной техники Герой Социалистического Труда, начальник и Главный конструктор ЦСКБ Дмитрий Ильич Козлов был награжден Орденом Ленина и второй золотой медалью «Серп и Молот». В ознаменовании трудовых подвигов дважды Героя Социалистического Труда Д.И. Козлова на его родине в городе Тихорецке впоследствии был сооружен бронзовый бюст. Тем же Указом за выдающиеся заслуги в деле создания специальной техники большая группа работников ЦСКБ награждена орденами и медалями. Вручение этих высоких государственных наград работникам ЦСКБ состоялось 21 сентября 1979 года в большом зале Дворца культуры имени С.М. Кирова. Награды вручал член ЦК КПСС, Дважды Герой Социалистического Труда, министр общего машиностроения СССР Сергей Александрович Афанасьев.





Фото 5. Д. И. Козлов в начале 70-х годов (слева) и 80-х (справа)

Какими же в новых условиях можно видеть перспективы развития космонавтики – как российской, так и общемировой? Вот мнение на этот счет Дмитрия Ильича Козлова, записанное при его жизни:

"В целом же я всегда считал, что участие человека в деле освоения космоса необходимо свести к минимуму. Там, где не требуется присутствие космонавта, работу должны делать автоматы. Это, во-первых, много дешевле, потому что для проведения тех же самых операций, с которыми вполне могут справиться механизмы, человеку плюс ко всему требуются дорогостоящие системы жизнеобеспечения, запасы воздуха, воды и пищи. Во-вторых, работа в космосе была, есть и еще долго будет сопряжена с огромным риском для жизни людей, и мы знаем, что во время космических полётов уже погибло много космонавтов. Одно дело, когда в течение десятилетий на советских орбитальных станциях «Салют» и «Мир» изучались реакции человеческого организма на условия космического полёта. Но сейчас все это уже хорошо изучено, и на основании собранного материала разработан комплекс физических упражнений, позволяющих космонавту нормально себя

чувствовать на Земле после полёта. Большинство же прочих экспериментов и исследований, по моему мнению, на орбитальных станциях могут проходить без присутствия человека, лишь под контролем автоматов. При необходимости же на орбиту можно направлять экипажи посещения, которые заберут отсюда научные приборы, привезут новые, сделают профилактический осмотр или ремонт оборудования — и всё. Такой порядок работы обеспечил бы экономию средств и материальных ресурсов, а космонавты не рисковали бы понапрасну своим здоровьем.

Я считаю, что в нынешних условиях наиболее перспективный путь развития орбитальной космонавтики — это исследование Земли и разведка её ресурсов с помощью автоматических спутников. К нынешнему времени работники Самарского Центрального специализированного конструкторского бюро (ЦСКБ) накопили огромный опыт по созданию систем наблюдения за земной поверхностью. И дело здесь даже не в военной разведке, хотя она, очевидно, будет нужна до тех пор, пока на Земле существуют различные государства, разделенные границами. Речь может идти в первую очередь о постоянном наблюдении за всеми земными сферами — атмосферой, гидросферой, литосферой, биосферой, и так далее. Наглядный тому пример — метеорологические спутники, без которых ныне уже невозможно составить прогноз погоды для отдельно взятой местности даже на несколько дней вперед. А чёткие фотографии различных участков земной поверхности, снятые в различных лучах и диапазонах спектра, сегодня нужны и геологам, и гидрографам, и экологам, и специалистам многих других наук. И поэтому, как я считаю, немалую часть тех средств, которые ныне вкладываются в пилотируемую космонавтику, стоит передать на создание новых автоматических систем наблюдения за земной поверхностью.

Что касается полётов человека к другим планетам, в первую очередь к Луне и Марсу, то технически эта проблема абсолютно разрешима уже на нынешнем уровне развития космонавтики. Вопрос только в том, сколько финансовых средств и материальных ресурсов ведущие мировые державы готовы вложить в этот проект в ближайшие годы. О практической выполнимости полёта человека на Луну и о перспективах её исследования я за десятилетия своей работы не раз говорил с ведущими специалистами ракетно-космической отрасли, в том числе с С.П. Королёвым, В.П. Мишиным и В.П. Глушко. Все они сходились к тому, что на Луне сначала необходимо создать хотя бы одно постоянное поселение, но с минимальным количеством персонала, которое стало бы базой для подробного исследования лунной поверхности и её недр, в первую очередь на предмет добычи полезных ископаемых. В случае если там удастся обнаружить месторождения, разработка которых окажется экономически выгодной, можно будет говорить о расширении человеческого присутствия на нашем естественном спутнике. До этого же можно говорить только об автоматических или полуавтоматических станциях на лунной поверхности.

О полёте же на Марс сейчас можно говорить только в общих чертах. Сейчас я даже приблизительно не могу себе представить, как может выглядеть космический корабль, предназначенный для такого полёта. По всей видимости, он должен быть таких размеров, что его сборка на Земле и запуск в готовом виде в космос представляются нереальными из-за больших размеров и веса. Поэтому такой корабль нужно по частям изготавливать на Земле и переправлять их на орбиту, где уже будет производиться сборка всей конструкции. Также неизвестно, может ли полёт к Марсу и обратно совершить корабль-одиночка, или же для этого необходимо создавать группу из нескольких кораблей, которые при необходимости страховали бы друг друга. Насколько мне известно, конкретных технических схем здесь пока нет, и лишь в процессе разработки такого проекта (если, конечно же, это когда-нибудь произойдет) можно будет говорить о реальном облике марсианского космического корабля или флотилии таких кораблей."

Дмитрий Ильич Козлов скончался 7 марта 2009 года, не дожив всего лишь полгода до своего 90-летия. Он был похоронен на городском кладбище Самары. Торжественное открытие монумента в честь 100-летия советского и российского конструктора ракетно-космической техники Дмитрия Козлова состоялось 1 октября 2019 году. Памятник установили на проспекте Ленина, где жил Дмитрий Ильич.

## Секция 1

Конструкция и проектирование ракетно-космических систем

UDC 811.111+629.7

#### **SPACE LOGISTICS**

#### © Belyakov A.A., Salmanova O.B.

e-mail:jake.dunn@inbox.ru

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

Logistics — is a science and area of applied activity that forms and controls stream environments and their impulses of kinetic processes in natural, artificial, nature like, and combined systems involved in intellectual, innovative, economic, social, cultural, engineering, political and military spheres [1].

It is obvious that logistics plays the key role in aerospace industry. Delivery of cargoes to the orbital stations is one of the most important components of its stable functioning and existence in general. That is why this paper deals with the main aspects of space logistics and suggests some new ideas.

Firstly, let us introduce some definitions in the sphere of space engineering.

Space System (SS) – combination of multifunctional spacecraft that includes orbital spacecraft and reusable launch vehicles.

Multitask capability of a SS is stipulated by the functions of the systems involved. Each system is designed to solve its own tasks regardless of the tasks set for the SS in general.

Space Transportation System (STS) – reusable space system intended to carry out transportation.

Reusability of STS means that some main subsystem assemblies of STS can be used again after testing and maintenance [2].

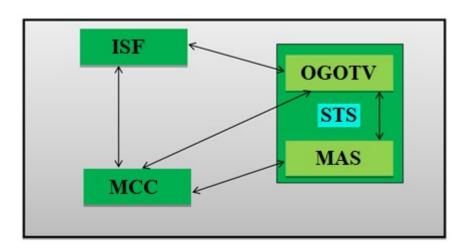


Fig. 1. Block diagram of SS and STS: Double-headed arrows show interrelation of SS and STS components

Analysis of modern logistics stage has revealed that there are three main approaches to formation of logistics environments, systems, and supply chains.

First approach can be called conditionally 'operational', oriented to the improvement of range various processes, operations, and activities in national and international logistic systems.

Second approach can be called conditionally 'flexible'. Its essence is in operative, fast and high-quality performing of assigned tasks.

Third approach can be conditionally called 'integrated and harmonized'. This approach concentrates on integration, harmonization, coordination, and optimization of the final result of work of all the participants of logistic chains and units in the framework of national or international levels of logistic systems. This approach also concentrates on the complex of all logistic streams as processes of mutual transformation.

It should be noted that in modern conditions logistics is to meet the requirements of all these approaches simultaneously [3].

At present, the following underlying principles of international logistics of space and boundaries can be formulated:

- rational and civilized combination of efforts of governments and representatives of various levels and business to exchange tangible and intangible assets, professional personnel, and innovations between the countries;
- adequate transparency and clearness of international and cross-border business for the personnel, partners, customers, and governmental authorities;
- progressive increase, propagation and penetration of business culture, environmental safety, achievements of management, marketing, logistics, control of delivery chains, trade and commodity distribution networks of outsourcing, outstaffing, information technologies, and e-commerce in international economic relations;
  - economic defense of states and their business in scientific and other activities;
- humane, legal approach to reach the balance, compromises, and solution of commercial disputes in international research activity.

Let us consider an example of SS logistics when all three approaches are used to form the functional environment:

- if quantity of operations and processes in the system is just increased, it will result in partial cooperation between Industrial Space Facility (ISF) and Multipurpose Aerospace System (MAS) due to technical reasons, but the main relations will not be affected;
- if only quantity and execution task rate are improved, it will result in autonomous work of the system, but will not affect the other system performance;
- if advanced system operation is reached, interrelation between Mission Control Center (MCC) of the SS and Orbit Group of Orbital Transfer Vehicles (OGOTV) can be naturally brought down to a minimum.

To join all possible advantages, it is suggested to accumulate all available resources of the SS using all three approaches. Moreover, it is necessary to introduce independent communication between SS MCC and STS to provide due control on keeping the rate of mode readjusting of the SS.

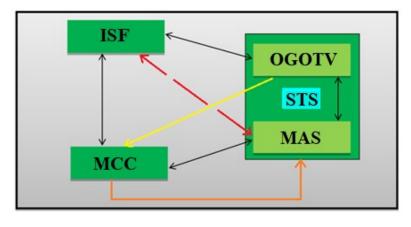


Fig. 2. Improved block diagram of SS and STS: Arrows show different relations of SS components

#### References

- 1. Voronov V.I. Formation of the Modern Concept of a Generalized Logistics. Materials of the International Scientific Forum on 27-28 November 2014 «Management of Economic Strategy of Russia». Moscow, M.: GUU Publ., 2014.
- 2. Belyakov A.A., Shulepov A.I. Transport Goal of Cargo Delivering onto the Orbital Complexes / Materials of Young Scientific Conference. «20 Years Anniversary from the Beginning of ISS Exploitation». Samara, M.: Sam. Nat. Res. Un. Publ., 2018.
- 3. Anikina B.A. Logistics and Supply ChainManagement. Theory and practice. Fundamentals of Logistics. Moscow, M: Prospekt Publ., 2014.

**UDC 629** 

## INVESTIGATION ON CONCEPT AND PRINCIPLE OF SOLID-FUEL ROCKET SCRAMJET

© Gao Y.G., Liu Y.

e-mail: yggao@mail.nwpu.edu.cn

Northwestern Polytechnical University, China

Under the traction of hypersonic flight technology, a new scramjet configuration using solid fuel as propellant was proposed in this paper, namely, the solid-fuel rocket scramjet. For the solid-fuel rocket scramjet, the integrated flow channel design method was established from the four modules of atmospheric model, intake, combustor and nozzle. The principle experimental study was carried out for the configuration scheme designed. The numerical model and calculation method suitable for the solid-fuel rocket scramjet were established, and the applicability was verified by the experimental results. Based on the numerical method established, the applicability of the integrated flow channel design method established was verified. The results show that the integrated flow channel design method established in this paper has certain applicability, which has certain guiding significance for the preliminary design of solid-fuel rocket scramjet. The evaluation methods of mixing characteristics based on the gas mixing degree and oxygenfuel ratio were established. The effects of sweep angle and height changes of the staggered plate structure introduced in the experimental study on the mixing and heat release characteristics in the combustor were quantitatively analyzed. The results show that, in the design process of staggered plate structure, the sweep angle should be based on the width of the plate and the length of the straight section of plate. The engine performance increases with the sweep angle reducing. The better value of the height is around 14mm.

Results are shown in the following figures.

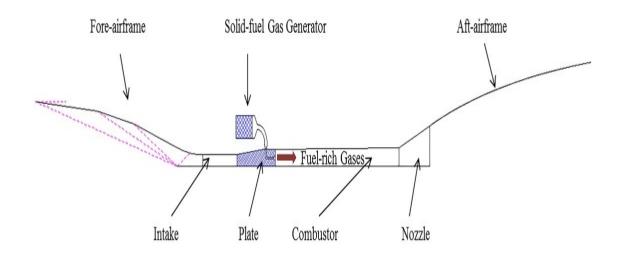
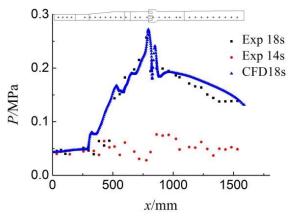


Fig. 1. Scheme of solid-fuel rocket scramjet



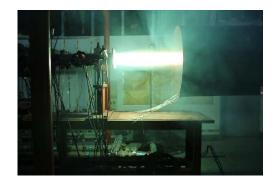


Fig. 2. The pressure distribution along the wall surface

Fig. 3. The engine hot test

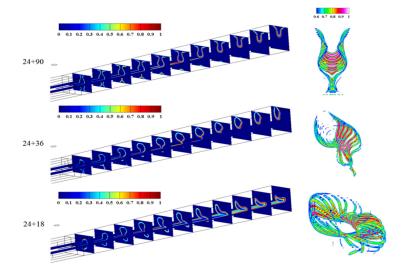


Fig. 4. The gas mixing degree of combustor at different sweep angles (Height + sweep angle)

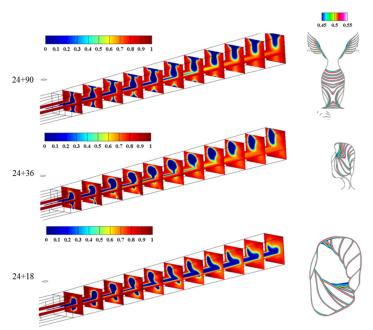


Fig. 5. Oxygen-fuel ratio of combustor at different sweep angles (Height + sweep angle)

#### References

- 1. Witt M. A. Investigation into the feasibility of using solid fuel ramjets forhigh supersonic/low hypersonic tactical missiles. Thesis for the degree of Master of Science in Engineering Science. Naval Postgraduate School Monterey CA, 1989. 37 p. [URL: https://core.ac.uk/download/pdf/36718876.pdf].
- 2. Lv Z., Xia Z., Liu B., et al. Experimental and Numerical Investigation of a Solid-Fuel Rocket Scramjet Combustor. Journal of Propulsion and Power, 32(2), 1-6, 2015.

UDC 811.111+525

#### INFLUENCE OF SOLAR ACTIVITY ON THE EARTH

#### © Samadov M.A., Salmanova O.B.

e-mail: mahdi9911@mail.ru

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

Someaspects of the Sun structure, nature of its activity, relations of solar activity with its large-scale structures and with its internal parts are waiting to be solved. Starting investigators are able to contribute to research ofthese issues providing high quality observations for astronomers. It is not suggested only individual pictures and spectra. To comprehend theoretically, obvious and complete data on real processes on the Sun are required. To my mind, starting investigators can provide research on evolution of active areas of the Sun. It is a very wide field of action both for personal researches observing and sketching sunspots and for teams of researches carrying out various investigations.

Another focus is everyday observation of the Sun according to some permanent programs. These programs can include determination of Wolf numbers, coordinates and square of all groups and the main sunspots. Squares of follicles, solar bursts, and solar prominences are also to be researched.

If there is a wide range of such data, it is possible to investigate various aspects of phisics of the Sun, and influence of the Sun on the Earth.

Wolf numbers are used as a measure of solar activity. Wolf number is in proportion to total sum of sunspots f and increased tenfold number of their groups g:

$$W = k (f + 10g).$$

Coefficient of proportionality k depends on the power of the instrument used. Wolf numbers are usually averaged on months or years.

Starting investigation of solar-terrestrial physics it is necessary to realize that we deal with, at least, three objects – the Sun, the Earth, and the interplanetary medium. This fact essentially complicates the task and requires some more knowledge.

In other words, solving tasks dealing with Sun - Earth relations requires a good grounding in some spheres beyond purely observations of the Sun.

Far from all research teams are to solve scientific tasks. Some of them acquaint people with modern science; demonstrate the Sun, stars, foster interest in learning the world.

Each item involved is to be considered fully including internal and external aspects, relations, their interaction and trends.

Social world is an endless web of relations and interactions – nothing remains motionless and invariable submitting to objective laws in their development. Unfavorable in physiological relations solar factors worsen all negative moments of people vital activity – intensify depression, increase expression of objectionable emotions, intensify unhealthy irritability and negative reactions.

#### References

- 1. Степанян Н.Н. Наблюдаем Солнце. М.: Наука, 1992. 128 с
- 2. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. 2-е изд., испр. -М.: Едиториал УРСС, 2004. 544 с.
  - 3. Голованов Л. В. Созвучье полное в природе. М.: Мысль, 1977. 175 с.

УДК 811.112.2; 629.78

## PROBLEM DER WELTRAUMSCHROTTBESEITIGUNG IN DER DEUTSCHEN POPULÄRWISSENSCHAFTLICHEN LITERATUR

#### © Акмурзаева Е.С., Тараканова У.И., Мартынова О.Н.

e-mail: akmurzaeva.elizaveta.99@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Das Leben auf der Erde ist ohne Raumfahrt nicht mehr vorstellbar. Die Kosmonautik entwickelt sich seit fast 60 Jahren. Eine Vielzahl von Weltraumstarts wurde in der Geschichte durchgeführt. Zahlreiche Satelliten und die internationale Raumstation arbeiten in der Erdumlaufbahn. Kommunikationssatelliten versorgen die Einwohner aller Länder mit dem Rundfunk, Fernsehen und Internet. Wettersatelliten liefern den Meteorologenimmer genauere Daten für Wettervorhersagen und Navigationssatelliten tragenzu Verbesserungen im Verkehr und vielen anderen Wirtschaftszweigen bei.[1]

Das Ziel dieser Arbeit ist, das Problem des Weltraummülls und seine Gefahren kurz darzustellen, öffentliche Quellen zu diesem Problem zu analysieren und die dort dargestellten möglichen Lösungen zusammenzufassen.

Aber außer Vorteilen bringt die Raumfahrt den Weltraumforschern auch Herausforderungen. Seit dem Start vom ersten Sputnik hinterlassen die Menschen Unmengen von Abfall verschiedenster Größe im All, u.a. ausgebrannte Raketenstufen, kaputte Satelliten, verlorene Schraubenzieher und abgesplitterte Lackpartikel, das bleibt in der Umlaufbahn und .gefährdet das Leben der Kosmonauten und die arbeitende Geräte. Zum Beispiel, wenn die Lebensdauer eines Satelliten abgelaufen ist, wird der Satellitzum Müll und gerät außer Kontrolle. Unkontrollierbarer Weltraumschrott wird immergefährlicher, dennbei einer Geschwindigkeit von mehreren zehntausend Kilometern pro Stunde verwandeln sich selbst winzige Partikel in zerstörerische Geschosse.

Jetzt steht vor den Wissenschaftlern das Problem der Sammlung vom Weltraummüll. Sie bieten einige Optionen an, wie z.B.:

- Abbremsung vom Weltraumschrott, dadurch gerät er auf eine niedrigere Umlaufbahnund wird in der Erdatmosphäre verbrannt;
  - Sammlung der Überreste von anderen Satelliten per Greifarm oder Netzen;[2]
- Elimination des Weltraumschrotts per Hochleistungslaser, das lässtdie Geschwindigkeit der Objekte mit der Kraft des Lasers so stark verringern, dass die angestrahlten Teile in die Erdatmosphäre sinken und dort verglühen;[2]
- Verwendung von einer Drahtseilverbindung mit dem Schlepperbei sich schnell drehenden Objekten, dienicht voneinem Manipulator erfasst werden können. Das Seil und das Netzwerk werden die Auswirkungen des rotierenden Mülls auf den Schlepper mildern, und das fahren des Drahtes kann diese Drehung verringern; [3]
- Eine interessante Lösung schlägt das Unternehmen Surrey Space Centre. Es arbeitet an HybridSail, einem System, das ein großes, reflektierendes Segel mit Seilen kombiniert, und Objekte von der Umlaufbahn durch aerodynamischen Widerstand und den Austausch von Impulsen mit geladenen Seilen und ionosphären Plasma schleppt. [3]

Das Problem des Weltraumschrotts ist heutzutage extrem aktuell und zieht die Aufmerksamkeit von Wissenschaftlern aus allen bedeutenden Wissenschaftszentren. Auch Wissenschaftler unserer Universität arbeiten intensiv daran. Die Umsetzung ausgearbeiteter Projekte hängt von verschiedenen Faktoren ab und ist die Sache der nahen Zukunft.

- 1. Weltraummüll: ein "überirdisches" Problem. European Space Agency Deutschland [Электронныйисточник]// Режим доступа: https://www.esa.int/ger/ESA\_ in\_your\_country/ Germany/Weltraummuell Ein ueberirdisches Problem
- 2. Rasend schnell und sehr gefährlich [Электронныйисточник] // Режимдоступа: https://www.br.de/themen/wissen/weltraumschrott-satelliten-bruchstuecke-100.html
- 3. Как очистить орбиту от космического мусора. Hi-news.ru[Электронный источник] // Режим доступа: https://hi-news.ru/space/kak-ochistit-orbitu-ot-kosmicheskogo-musora.html

УДК 629.78

#### ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ОПТИКОЭЛЕКТРОННОГО МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

© Андрианова М.В., Сафронов С.Л.

e-mail: andrianova-marina98@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В современных условиях усилился интерес к космическим аппаратам дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), как к источникам важной и ценной информации, полезной в области метеорологии, экологии, экономики и многих других видах деятельности человека.

Все большую популярность при решении актуальных задач набирает использование малых космических аппаратов (МКА). МКА имеют сравнительно меньшую массу относительно больших КА, их приборы космических аппаратов продолжают уменьшаться в размерах и стоимости при их одновременном функциональном росте и объеме выполняемых задач. Это происходит из-за технологического прогресса в электронике и автоматике, снижения массы, энергопотребления, технологичности и стоимости серийных образцов электроники.

Описанные тенденции оказывают свое влияние на облик всего МКА ДЗЗ в целом, и в том числе на систему электропитания, одну из ключевых на борту. Система электропитания МКА традиционно разрабатывается на базе солнечной энергетической установки с использованием батареи фотоэлектрической в качестве первичного источника, аккумуляторной батареи в качестве накопителя электрической энергии — вторичного источника и автоматики регулирования и контроля напряжения. С целью оптимизации массо-габаритных составляющих элементов системы электропитанияв работе рассмотрены следующие вопросы:

- уточнение;
- построение циклограммы работы целевой и обеспечивающей аппаратуры;
- применение батареи фотоэлектрической и аккумуляторной батареи разных типов;
  - размещение батареи фотоэлектрической на борту МКА ДЗЗ.

С целью минимизации требований, предъявляемых к характеристикам системы электропитания, рассмотрены возможные схемы функционирования МКА ДЗЗ, различные циклограммы работы целевой и обеспечивающей аппаратуры при выполнении съемки и передачи информации на наземный комплекс управления и допустимые параметры рабочей орбиты.

С целью уменьшения площади солнечных батарей и повышения ее характеристик рассмотрены различные типы солнечных батарей. Использование в солнечных батареях фотопреобразователей из арсенид-галлия позволяет значительно снизить площадь панелей солнечных батарей.

При выборе компоновочных решений для солнечной батареи рассмотрены варианты ее размещения на корпусе МКА или на отдельных панелях солнечной батареи.

При расчете параметров системы электропитания рассмотрено возможное нахождение МКА в ориентированном и неориентированном режимах полетах.

Основные направления исследований по рассматриваемой проблеме лежат в области проектирования бортовых систем, конструкции и МКА ДЗЗ в целом.

#### Библиографический список

1. Куренков, В.И. Методика выбора основных проектных характеристик и конструктивного облика космических аппаратов наблюдения: учеб.пособие [Текст]/ В. И. Куренков, В. В. Салмин, А. Г. Прохоров. — Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та.— 2007.-160 с.: ил.

УДК 629.782 + 531.36

#### СРАВНЕНИЕ СХЕМ «ТЯНУТЬ-ТОЛКАТЬ» ПРИ КУЛОНОВОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СПУТНИКОВ НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЕ

#### © Андриевская Д.С.

e-mail: retrosaksafonchik@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Проблема засорения околоземного космического пространства космическим мусором является одной из наиболее важных проблем современности. Она имеет международный, глобальный характер. Необходимость мер ПО уменьшению интенсивности техногенного засорения космоса становится понятной рассмотрении возможных сценариев освоения космоса в будущем. Синдром Кесслера – явление, представляющие собой лавинообразный рост числа космического мусора, появившегося в результате многочисленных запусков космических аппаратов (КА), которое в скором времени приведёт к полной непригодности ближнего космоса для практического использования. На сегодняшний день по всему миру активно ведутся разработки и исследования различных методов увода космического мусора. Одним из таких методов является метод электростатического взаимодействия. Его суть заключается в том, что космический аппарат-буксир и космический мусор заряжаются одноименными или разноименными зарядами и далее движутся вместе под действием силы Кулона. Существуют две схемы такого взаимодействия: схема "тянуть", когда тела имеют заряды противоположных знаков, и схема "толкать", когда тела имеют заряды одинакового знака.

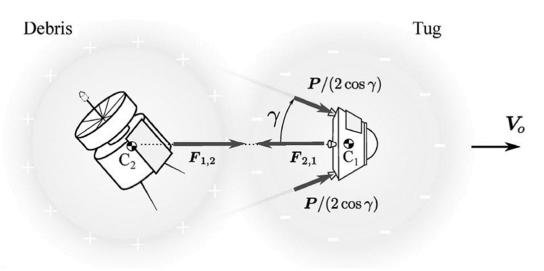


Рис. 1. Схема "тянуть"

Для обеих схем рассмотрена математическая модель движения механической системы, состоящей из двух тел [1], [2]. Записаны уравнения движения данной системы, проведена проверка на устойчивость [1]. Рассмотрено влияние угла  $\gamma$  (угол между вектором тяги основного двигателя Pи линией, соединяющей центры масс KA)

на движение системы космический мусор – буксир для схемы "тянуть". Результаты проиллюстрированы графиками.

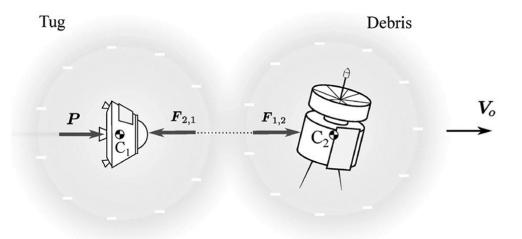


Рис. 2. Схема "толкать"

Показан ряд преимуществ схемы "толкать" над схемой "тянуть".

В дальнейшем развитии работы предполагается исследование влияния движения системы на заряд, условия передачи и поддержания заряда аппарату-буксиру и буксируемому космическому мусору.

- 1. Aslanov V.S.,Motion Control of Space Tug During Debris Removalby a Coulomb Force [Текст]/ V.S.Aslanov, V.V. Yudintsev // Journal of guidance, control, and dynamics. 2018.  $N_{2}$ 7, Vol. 41. P. 1476-1484.
- 2. Hogan E.A., Relative Motion Control For Two-Spacecraft ElectrostaticOrbit Corrections [Tekct]/ E.A. Hogan,H. Schaub // Journal of guidance, control, and dynamics. 2013. №1, Vol. 36.

УДК 629.7.01

#### МЯГКАЯ ПОСАДКА ВОЗВРАЩАЕМОЙ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ

#### © Апарин М.П., Юдинцев В.В.

e-mail: maxim.aparin2000@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В работе анализируется один из способов возвращения первой ступени легкой ракеты-носителя (РН). Главной задачей РН является выведение на целевую орбиту полезной нагрузки (ПН) с минимальными затратами. Одним из способов снижения затрат является повторное использование элементов РН.

Рассматривается задача возвращения первой ступени РН при помощи воздушнокосмической парашютной системы (ВКПС), рис. а. Предполагается, что после отделения первой ступени, её автономная система управления выполняет разворот и стабилизацию для формирования необходимых условий ввода ВКПС.

В работе проведена оценка параметров основной парашютной системы [1, 2] для завершающего этапа снижения. Для обеспечения мягкой посадки блока без подхвата спускающейся ступени вертолётом необходимо уменьшение скорости снижения до значений, близких к нулю при помощи двигательной установки (ДУ). Проводится оценка необходимого импульса торможения, времени работы ДУ торможения и затрат топлива для осуществления мягкой посадки ступени. Также проведена оценка геометрических параметров посадочных опор (рис. б).

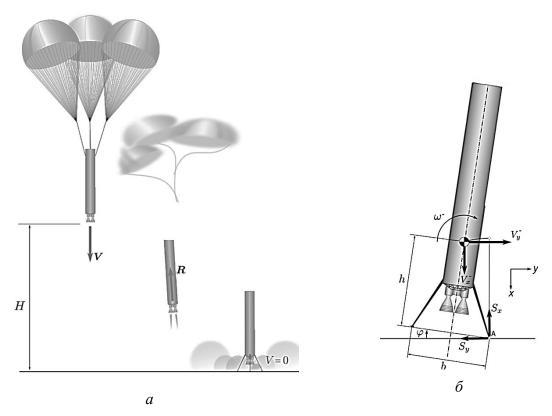


Рис. Схема возвращения ступени и схема посадки на посадочные опоры: а – этапы возвращения ступени; б – расчётная схема посадки на опоры

При использовании ВКПС с общей площадью основных куполов 1500 м<sup>2</sup> в интервале высот от 0 до 5 км скорость возвращаемой ступени составляет не более 25 м/с. Масса основной ВКПС не превышает 5% от массы первой ступени. При использовании ДУ для мягкой посадки блока первой ступени необходимо создание определенной тяги. По оценкам авторов время работы ДУ составит не более 40 секунд, при этом включение ДУ необходимо выполнить после отстрела куполов ВКПС на высоте не мене 300 м. По проведенным оценкам ориентировочные затраты топлива на гашение скорости первой ступени к моменту касания поверхности земли — не менее 2 тонн. Для обеспечения мягкой посадки блок первой ступени должен быть оборудован посадочными опорами, геометрические характеристики которых определяются возможными кинематическими параметрами блока на момент касания поверхности земли. Например, при касании поверхности с горизонтальной скоростью не более 2 м/с и угловой скорости ступени в момент касания поверхности не более 5 градусов в секунду ширина посадочных опор должна быть не менее 7 м.

- 1. Стасевич Р. А. Основы проектирования и расчёта грузовых парашютных систем. Ленинградская военная инженерная краснознаменная академии имени  $A.\Phi$ . Можайского. Ленинград, 1969.-110~c.
- 2. Theo W. Knacke, Parachute Recovery Systems Design Manual. Naval Weapons Center, China Lake, CA 93555-6001.

УДК 621.45.02

#### БУСТЕРНЫЕ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫЕ АГРЕГАТЫ ЖРД РБ

© Баленков Д.С., Соколов Д.А.

e-mail: Kubik24rus@mail.ru

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Российская Федерация

Целью работы является проведение анализа возможности использования электродвигателей в качестве привода для бустерных насосных агрегатов (БНА) жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). В ЖРД приводами БНА являются гидротурбины, которые работают за счёт протекания через них компонентов ракетного топлива (КРТ). Также возможно применение пусковых газовых турбин, которые должны запускать БНА, что значительно усложняет общую схему ЖРД. Применение электродвигателей позволит упростить общую схему ЖРД, упростить запуск ЖРД и повысить КПД БНА.

Для выполнения заданной цели была разработана методика расчёта энергомассовых характеристик в сравнении с суммарной массой компонентов топлива, затраченных на привод БНА. В качестве исходных данных в методике используются: время работы ЖРД, массовые расходы КРТ, параметры продуктов сгорания газогенератора, КПД отдельных элементов системы подачи топлива, масса элементов системы подачи топлива. Объектом для расчётов является маршевый однокамерный двухрежимный двигатель С5.92М, разработанный в КБХМ им. А.М. Исаева [1]. Данный двигатель устанавливается на разгонном блоке «Бриз-М», обеспечивающем выведение космических аппаратов на орбиты.

Используя методику можно рассчитать и дать оценку эффективности использования КРТ для БНА с учётом времени активного использования. В блок-схеме (см. рис.) приведено краткое описание методики расчёта.

Для расчёта в методике используются параметры основных и бустерных насосных агрегатов: давления на входе и выходе бустеров окислителя и горючего, давления на входе и выходе гидротурбин бустеров, КПД бустерных насосов и гидротурбин горючего и окислителя. Также методика использует термодинамические характеристики продуктов сгорания: коэффициент адиабаты, температура, газовая постоянная. Для расчёта ЭНА в методике используется: КПД электродвигателя, КПД инвертора, ёмкость, масса и удельная плотность энергии (УПЭ) элементов питания.

Анализ показывает, что системы с, где в качестве привода БНА используются гидротурбины имеют низкий КПД и для работы БНА требуется большое количество энергии, а следовательно большее количество продуктов сгорания газогенератора. КПД системы с гидротурбиной, по предварительной оценке, составляет 3-5%, что значительно меньше предполагаемого КПД системы, где в качестве привода бустерного насоса используется электродвигатель. Ожидается, что КПД ЭНА составит 20-30%. Главной проблемой использования электродвигателя является низкая УПЭ элементов питания, существующих на данный момент.

В настоящее время существуют коммерческие элементы питания с УПЭ  $350 \mathrm{Br} \cdot \mathrm{ч/kr}$ , которые представляет компания «Envia». Компания заявляет, что к 2021 году будут могут быть разработаны элементы питания с УПЭ  $420 \mathrm{Br} \cdot \mathrm{ч/kr}$  [2]. Также существуют российские разработки с УПЭ элементов питания до  $800 \mathrm{Br} \cdot \mathrm{ч/kr}$  [3].

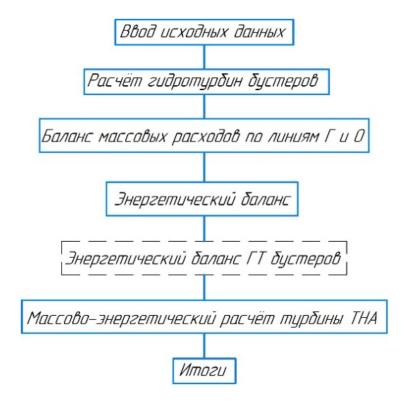


Рис. Блок-схема методики расчёта

Таким образом использование электродвигателей в качестве приводов бустерных насосов имеет перспективы использования, при разработке элементов питания с высокой УПЭ. Энергомассовые характеристики ЭНА могут значительно превышать энергомассовые характеристики «классических» БНА, что является новым перспективным решением для ЖРД разгонных блов с тягой до 30кН.

- 1. Двигатели С5.92 и С5.221. Разгонный блок «Фрегат» [Электронный ресурс] // Филиал государственного космического научно-производственного центра имени М. В. Хруничева Конструкторское бюро химического машиностроения им. А. М. Исаева. URL: http://www.kbhmisaeva.ru/main.php?id=53 (дата обращения: 01.03.2019)
- 2. Каталог продукции [Электронный ресурс] // Envia. 2017. URL: http://www.enviasystems.com/products/#aerial(дата обращения: 01.03.2019)
- 3. Литий-ионный аккумулятор повышенной мощности / Т. Л. Кулова, А. А. Кузьмина, Н. Ф. Никольская и др. // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии : тез. докл. В 5 т. / Урал. отд-ние РАН. Екатеринбург, 2016. С. 426.

УДК 629.783

# ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КАРКАСА ПАНЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ УДАРЕ

#### © Белоусова Д.А., Орлов Д.И., Седельников А.В.

e-mail: daryabelousova@outlook.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Панели солнечных батарей (ПСБ) космических аппаратов (КА) представляют собой гибкие протяженные конструкции. При наличии ПСБ в конструктивно-компоновочной схеме КА необходимо управлять его угловым положением при орбитальном движении, поскольку требуется соблюдать ориентацию ПСБ на Солнце. Из-за наличия теневого участка орбиты КА при погружении аппарата в тень и при дальнейшем выходе из нее возникает явление температурного удара, и силовой каркас ПСБ деформируется[1, 2].

В работе рассматривается напряженно-деформированное состояние (НДС) каркаса ПСБ при действии температурного удара. Исследование НДС каркаса ПСБ позволит минимизировать влияние данного явления на гравитационно-чувствительные технологические процессы для случая КА технологического назначения.

Для построения модели каркаса ПСБ использованы следующие допущения [3]:

- модель каркаса ПСБ ортотропная пластина;
- пластина жестко защемлена в корпусе КА;
- рассмотрен случай равномерного теплового потока;
- рабочий диапазон температур −170°C...+120°C;
- свойства материала пластины во всем рабочем диапазоне температур считаются постоянными;

Для моделирования поставленной задачи был использован пакет «FEMAP/Nastran».

В ходе данной работы было проанализировано НДС каркаса ПСБ, представленного в виде пластины, выполнена оценка потери электрической мощности от деформации ПСБ. Также были рассчитаны максимальные отклонения точек ПСБ от недеформированного состояния при температурном ударе. Получена картина распределения напряжений, возникающих в конструкции в данных условиях. Кроме того, был проведен анализ точности полученных результатов и их сравнение с результатами других авторов.

Инерционно-массовые и геометрические характеристики каркаса ПСБ соответствуют КА технологического назначения типа "Фотон-М" № 4 [4].

- 1. Narasimha, M. Thermally induced vibration of a simply supported beam using finite element method / M. Narasimha, K. K. Appu Kuttan, K. Ravikiran // International journal of engineering science and technology. 2010. Vol. 2(12). P. 7874-7879.
- 2. Zhang, L. The on-orbit thermal-structural analysis of the spacecraft component using MSC/NASTRAN / L. Zhang, Y. Chen // MSC 1999 Aerospace User's Conference Proceedings. 1999. P. 1-8.
- 3. Седельников, А.В. Оценка влияния температурных деформаций упругих элементов космической лаборатории на поле микроускорений ее внутренней среды / А.В. Седельников, В.В. Юдинцев // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 1(2). С. 344–346.
- 4. Аншаков, Г.П. Проблема оценки микроускорений на космическом аппарате «Фотон М» № 4 / Г.П. Аншаков, А.И. Белоусов, А.В. Седельников // Известия вузов. Авиационная техника. 2017. № 1. C. 80 86.

УДК 629.7

#### ИДЕИ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛОГИСТИКИ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

© Беляков А.А., Шулепов А.И.

e-mail: jake.dunn@inbox.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Логистика — это наука и область практической деятельности по формированию и управлению потоковыми средами и их импульсами кинетических процессов преобразований в различных системах [1].

Международная логистика понималась в классических изданиях как логистика, в которой потоки материальных и нематериальных ценностей пересекают границы государств один раз и более [2].

Исследование и анализ современного этапа развития логистики выявили, что существую три основных подхода к формированию логистических сред, систем, сетей поставок [3].

Первый подход можно условно назвать «операционным», т.е. направленным на совершенствование ассортимента различных процессов, операций и активностей в национальных и международных логистических системах.

Второй подход можно условно назвать «гибким», его суть — в оперативном, быстром и качественном выполнении поставленных задач.

Третий подход условно можно назвать «интегрированным и гармонизированным». Данный подход концентрирует внимание на интеграции и адекватности, гармонизации и координации, сбалансированности и оптимизации по конечному результату работы всех участников логистических цепей и звеньев в рамках, действующих на национальном или международном уровне логистических систем, а также на комплексе всех логистических потоков как процессов взаимного преобразования.

Таким образом, исходя из особенностей устройства КС и КТС, а также учитывая современные требования эффективной логистики, можно заключить, что для решения задачи качественного подбора оптимальных условий функционирования логистических линий требуется развитие специфических принципов и методов международного (глобального) логистического менеджмента, позволяющих управлять сложными процессами перемещения, размещения, хранения, распределения и кинетического преобразования материальных и нематериальных данных, полученных в космическом пространстве, в разных государствах, в каждом из которых свои законы, политика и социальные условия, уровень научно-технического образования и степень экономического развития.

Рассмотрим вариант построения логистики КС в случае, когда выполняются все три подхода формирования функциональной среды:

- если будет повышено лишь количество операций и процессов, осуществляемых в системе, то это приведет к частичному взаимодействию между ПКК и МАКС по техническим причинам, и в то же время основные связи системы будут не затронуты;
- если будут улучшены только качество и быстрота выполнения задач, то это приведет к автономной работе всей системы, но не повлияет на остальные ее показатели;

– если же будет достигнута отлаженная работа системы, тогда взаимодействие между ЦУП КС и ОГМБ может быть сведено к минимуму естественным образом.

Важно отметить, что любая логистическая структура включает временной параметр (путь, погрузочно-разгрузочный режим, ожидание и т.д.), поэтому трансформацию системы нужно привязать, как параметр, ко времени.

Время движения зависит от многих факторов, в том числе от сроков доставки объекта (грузов, космонавтов и т.д.).

В нашем случае при сквозной доставке:

$$T_{k1} = t_{01} + \frac{H}{V_c},\tag{1}$$

где

 $T_{k1}$  — время доставки единым сквозным методом грузов, космонавтов и т.д. к месту назначения;

 $t_{01}$  – время на дополнительные операции при доставке;

H и  $V_c$  – высота орбиты и средняя скорость.

В случае выполнения дополнительных манёвров (движение космического корабля и станции при согласовании параметров орбиты):

$$T_{\rm M} = t_{01} + \frac{H}{V_c} + t_c, \tag{2}$$

где

 $t_c$  – дополнительное время на маневрирование.

В случае доставки с орбиты на орбиту, выполнения дополнительных манёвров, накопления грузов, формирования, погрузки-разгрузки и другого:

$$T_{\rm MH} = T_M + \frac{L}{V_c} + t_c, \tag{3}$$

где

 $T_{
m MH}$  — время доставки схемой взаимодействия;

 $T_{\rm M}$  – время накопления грузов, формирование грузов;

L – расстояние перевозки.

Чтобы объединить все возможные преимущества воедино, предлагается аккумулировать имеющиеся ресурсы КС по обозначенным трем направлениям. Кроме этого, необходимо ввести отдельную связь ЦУП КС и КТС, как целой, чтобы обеспечить должный контроль по поддержанию темпов перестройки режима работа КС. В первом приближении может быть рассмотрена схема, которая представлена на рисунке.

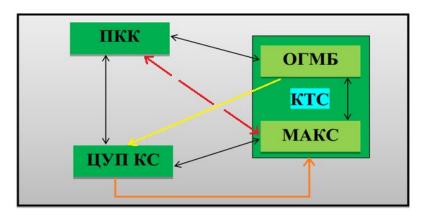


Рис. Обновленная структурная схема КС и КТС

Применение транспортных орбитальных средств многократного использования из состава космического транспортного комплекса позволит уменьшить стоимость доставки 1 кг ПГ на рабочую орбиту по следующим причинам [4]:

Значительное уменьшение массы приборно-агрегатного отсека позволит использовать больше целевой аппаратуры на КА при выводе таким же РН или позволит использовать РН меньшей грузоподъёмности для вывода КА без увеличения целевой аппаратуры на КА;

Увеличение числа маршрутов по буксировке ПН одним орбитальным средством в течении заданного периода времени (например, обслуживание МКС 1 ТОС взамен 3 КК «Прогресс» в течение 1 года).

Именно поэтому повышение количества операций и процессов, осуществляемых в системе, увеличение числа маршрутов, улучшение качества и быстроты выполнения поставленных задач, отладка алгоритмов буксировки и сопровождения – всё это в связке с временным параметром должно положительно влиять на сокращение периода времени выполнения цикла доставки груза.

То есть, если принять время на дополнительные операции при доставке грузов такое, что:

$$t_{01} = t_0 + \tau + t_{svs} + f(t), \tag{4}$$

где

 $t_0$ — регламентированное время на операции и процессы в системе;  $au = \frac{N}{\nu}$ — параметр быстроты выполнения задач исполнителем, равный отношению количества этих задач (N) к скорости их выполнения (v);

 $t_{\rm sys} = q \frac{N}{n} + t_{\rm 3}^{\rm cp}$  время на лаги, сбои и подтормаживания системы (q – коэффициент заторможенности, превышающий нулевое значение), и на загрузку программы исполнителем  $(t_3^{\text{cp}})$ ;

f(t) – совокупность прочих, менее существенных параметров.

Таким образом, чтобы уменьшить время сквозной доставки, нужно при увеличении скорости исполнения привести параметры в соответствие преобразованием:

$$T_{k1}^{\text{Haum}} = \lim_{v \to \infty} t_{01} + \frac{H}{V_C} = \lim_{v \to \infty} (t_0 + \frac{N}{v} + q \frac{N}{v} + t_3^{\text{cp}} + f(t)) + \frac{H}{V_C} = t_0 + t_3^{\text{cp}} + \lim_{v \to \infty} f(t) + \frac{H}{V_C}$$
(5)

Видно, что, благодаря стремлению к повышению производительности системы в пределе, происходит снижение времени цикла. В данном уравнении предел позволяет учесть оговоренные выше улучшения функционала КС и динамики ТОС, при этом совокупное значение прочих маловажных временных параметров (f(t)) также может быть сведено к минимуму.

- 1. Воронов В.И. Формирование современного обобщенного понятия логистики / Материалы Международного научного форума 27–28 ноября 2014 г. «Управление экономической стратегией России». Москва, М.: ГУУ.
- 2. Беляков А.А., Шулепов А.И. Транспортная задача доставки грузов на орбитальные комплексы / Материалы студенческой научной конференции 3-6 апреля 2018 г. «К 20-тилетию со дня начала эксплуатации Международной космической станции». Самара, М.: Самар. Унив.
- 3. Аникин Б.А. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Основы логистики: Учебное пособие / Б.А. Аникин, Т.А. Родкина, В.А. Волочиенко [и др.]. – М., 2014.
- 4. Садыков О.Ф., Шулепов А.И. Транспортное орбитальное средство. Обоснование выбора порядка размещения грузов / Материалы V Всероссийской научно-технической конференции 11-15 сентября 2017 г. «V Козловские чтения». Самара, М.: Самар. Унив.

УДК 621.454.2

## О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛА МР ДЛЯ БЕСПЛАМЕННОГО ИНФРАКРАСНОГО ГОРЕНИЯ В ЖРД

#### © Воробьева А.Е., Белоусов А.И.

e-mail: aibelousov@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Смесеобразование в жидкостных ракетных двигателях определяет структуру процесса горения, его устойчивость и полноту сгорания. Форсунки камеры сгорания и газогенератора могут являться источниками возникновения неустойчивого горения. Применение материала MP в форсунках позволяет демпфировать высоко- и низкочастотные колебания, интенсифицировать процессы смешения, распыла и теплообмена. Материал MP представляет собой упругопористую массу, которую получают холодным прессованием дозированной по весу, растянутой и уложенной спирали. Исходным материалом для MP является металлическая проволока диаметром 0,02 — 1,2 мм. Характеристики распыла форсунок из MP зависят от диаметра проволоки и спирали, технологии укладки спирали и пористости MP. Нагрев, испарение и сгорание компонентов топлива происходит за счёт передачи им тепловой энергии от поверхности матрицы MP. Источником энергии является излучающая поверхность.

Цель работы заключается в исследовании возможности применения нового типа форсунок из материала MP с использованием инфракрасного горения в камерах и газогенераторах ЖРД. Для этого исследуется смесеобразование в жидкостном газогенераторе ЖРД. В качестве горючего используется керосин Т-1, а в качестве окислителя –жидкий кислород  $(O_{2\pi})$ .

Устройство для подготовки топливной смеси может быть сконструировано по принципу двухкомпонентной форсунки с пористым вкладышем (рис. 1).

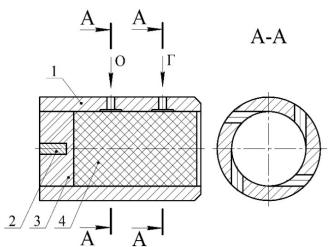


Рис. 1. Форсунка со смачиваемым пористым вкладышем: 1 – корпус; 2 – радиоактивный изотоп; 3 – излучающая поверхность; 4 – пористый вкладыш; O – окислитель,  $\Gamma$  – горючее

Матрица из MP способствует интенсивному перемешиванию компонентов топлива, т.е. максимальной гомогенизации смеси. Вследствие большой протяжённости матрицы MP путь прохождения смеси через объём матрицы и время предпламенных реакций увеличиваются, обеспечивая лучшую полноту сгорания.

В Томском политехническом университете были проведены испытания горелочного устройства беспламенного горения и инфракрасного излучения с использованием материала MP [1]. Была подтверждена работоспособность конструктивного решения горелочного устройства (рис. 2).

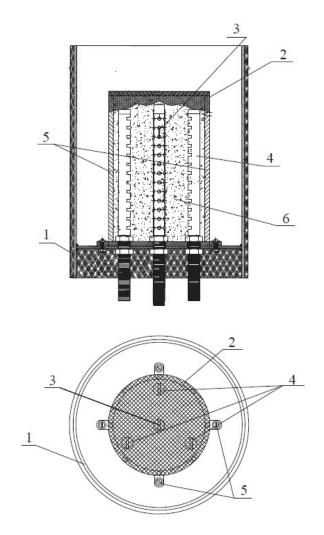


Рис. 2. Конструктивная схема горелочного устройства: 1 – корпус; 2 – сетчатая насадкаизлучатель; 3 – топливный инжектор; 4 – воздушные инжекторы; 5 – опорный каркас; 6 – рабочая зона

В беспламенных излучателях горение происходит вблизи огневой поверхности. Температура пламени ниже, чем при пламенном горении, и находится в пределах 600—1700 °С. Беспламенное инфракрасное горение осуществляется за счёт интенсивного теплоотвода от фронта пламени внутрь объёма матрицы МР, что снижает температуру горения. В ГНУ ГОСНИТИ в ходе испытаний было выявлено резкое сокращение токсичности отходящих газов [2].

Нагрев топливной смеси осуществляется матрицей MP, к которой подводится тепло от излучающей поверхности. Инфракрасное излучение характеризуется способностью передавать тепловую энергию с минимальными потерями в газовой среде. Особенностью расчёта процесса беспламенного инфракрасного горения является определение суммарного лучисто-конвективного теплового потока, а также соотношения долей лучистого и конвективного тепловых потоков. Расчёт выполняется

с использованием закона Стефана-Больцмана и Ньютона-Рихмана, уравнений теплового баланса и теплопроводности.

Таким образом, применение форсунок с вкладышем из MP приводит к снижению токсичности и уменьшению вероятности появления нежелательных пульсаций газа.

- 1. Долгов С.В., Долгих А.Ю., Макеев А.А. Испытания горелочного устройства инфракрасного излучения беспламенного горения // Теплофизические основы энергетических технологий: сб. науч. трудов III Всеросс. научно-практ. конф. СПб.: Изд-во Экспресс; Томск: Изд-во ТПУ, 2012. С. 150—154.
- 2. Пятов, И.С. Новое применение MP материалам Беспламенные инфракрасные горелки / И.С. Пятов, А.М. Шевкун, А.П. Бевз // Двигатель. 2015. N 4. С. 56 57.

УДК 629.78

# ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

# © Говорухин В.С., Куренков В.И.

e-mail: doc.merenion@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Цель исследования: предложить программу визуализации орбитального движения космических аппаратов (КА), основанную на использовании простых и эффективных современных средствах моделирования.

При проектировании изделий ракетно-космической техники (РКТ) различного назначения в настоящее время широко используются методы визуализации. Визуализация помогает понять устройство изделий РКТ, более наглядно представить движение ракетносителей при запуске полезных нагрузок, отделении ракетных блоков, орбитальном движении космических аппаратов, понять сущность функционирования КА по целевому назначению, представить относительное движение КА в орбитальных группировках и при их движении относительно Земли, планет Солнечной системы и др. Это важная, но не единственная задача визуализации.

Одной из важнейших задач визуализации является дополнительная возможность проверки адекватности разработанных моделей, на основе которых происходит проектирование изделий РКТ. Например, с помощью визуализации можно контролировать процесс орбитального полета КА, нахождение объектов наблюдения в полосах обзора, повороты корпуса КА при съемках, вхождение КА в тень Земли и выход на солнечную сторону витка, повороты панелей солнечных батарей, текущее изменение энергобаланса на борту КА и многое другое.

Современные программные средства предлагают широкий набор технологий визуализации, основанных на применении программных средств, систем, интерфейсов (C++, Delphi, Matlab, Mathcad, Open GL, Monkey и др.).

В настоящей работе предлагается программа визуализации орбитального движения КА реализованая на языке Java с использованием сторонних библиотек и платформы JavaFX. Данный язык имеет некоторые преимущества перед другими в части использования готовых модулей разработанных ранее программ. Математические модели были заимствованы из работ [1, 2].

При построении архитектуры программы основное внимание было уделено созданию структуры приложения, которую, в дальнейшем, можно расширять без изменения существующего кода, а также вести расширение программы группой разработчиков.

Имеющийся функционал программы позволяет моделировать движение нескольких КА с прорисовкой орбиты и трассы полета. Так же имеются и другие возможности: изменение координат наблюдателя относительно отображаемых объектов, изменение масштаба космических объектов (спутники, Луна, Солнце, Земля), визуализация направления «взгляда» со спутника на поверхность Земли, отображение плоскости экватора Земли, и эклиптики и др.

В качестве иллюстрации на рисунке представлено окно разработанной программы визуализации орбитального движения КА ДЗЗ. В окне показаны Земля, 3-D модели двух КА ДЗЗ, движущихся по различным орбитам, их орбиты и трассы.

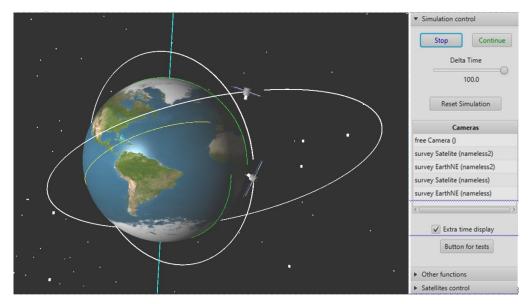


Рис. Окно визуализации орбитального движения двух KA дистанционного зондирования Земли

Адекватность используемых моделей, при визуализации, проверена путём сравнения прецессии (эволюции плоскостей) солнечно-синхронных орбит КА. Проверка осуществлялась, в частности, с параметрами орбиты, соответствующими параметрам орбит КА ДЗЗ «Ресурс-П». Показано, что за год имитации полёта КА плоскость солнечно-синхронных орбит возвращается в исходное состояние, что подтверждает адекватность используемых моделей.

В дальнейшем предполагается расширить функциональные возможности программы, в частности, предполагается внедрение математических моделей оценки периодичности, производительности, оперативности, определения текущего значения угла между нормалью к плоскости солнечной батареи КА и направлением на Солнце, а также визуализации зоны обзора и полосы захвата космических аппаратов ДЗЗ.

#### Заключение

- 1. Проведён анализ существующих систем визуализации орбитального движения и программных разворотов космических аппаратов по целевому назначению. Показаны преимущества для этих целей языка программирования Java с использованием сторонних библиотек и платформы JavaFX.
- 2. Разработана программа визуализации орбитального движения космических аппаратов вокруг Земли, отображающая орбиты полёта и трассы космических аппаратов. Подтверждена адекватность используемых моделей путём сравнения прецессии солнечно-синхронных орбит КА с прецессией космического аппарата, как у КА ДЗЗ «Ресурс-П».

- 1. Куренков, В. И. Основы устройства и моделирования целевого функционирования КА наблюдения. / В. И. Куренков, В. В. Салмин, Б. А. Абрамов Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006, -296 с.
- 2. Куренков, В. И. Моделирование целевого функционирования космических аппаратов наблюдения с учетом энергобаланса: учеб. пособие / В. И.Куренков, В. В. Салмин, Б. А. Абрамов. Самара, Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. -160 с.

УДК 537.525.3

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЛАЗМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ЦИКЛИЧЕСКОГО УСКОРЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ ИНЕРТНОГО ГАЗА

## © Грабовский И.И., Гурьянов А.И.

e-mail: GOLD\_MAN32@.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Орбита Земли заполнена множеством космических аппаратов (КА) самого разного назначения. Поддержание крупной орбитальной группировки требует значительных затрат топлива и высокого ресурса работы двигателя. Однако, существующие двигатели коррекции только частично обеспечивают эти потребности. Так, у стационарных плазменных двигателей (СПД) при высокой скорости истечения рабочего тела порядка 50000 м/с низкие показатели тяги около 85 мН, что делает бесполезной всю экономию топлива от высокой скорости истечения. Термокаталитические двигатели (ТКД) при значительно больших показателях тяги (от 1 до 7 Н) имеют низкую скорость истечения и низкую энергоэффективность вследствие дополнительного нагрева рабочего тела. Ионные двигатели при сохранении достоинств СПД и ТКД потребляют киловатты мощности, а также сложны в производстве. Продолжительность активного функционирования КА зависит не только от количества топлива, но и от срока работы самого двигателя, то есть от его ресурса. Ресурс для всех перечисленных двигателей составляет от 3 до 10 лет. Лимитирующим фактором роста ресурса для всех типов электрических ракетных двигателей (ЭРД) является электрокоррозия рабочих поверхностей (камеры) двигателя, приводящая к его разрушению [1-3].

Исследования показали, что отмеченные проблемы – это следствие исчерпавшей себя принципиальной конструкции ЭРД. Поэтому разработана модель плазменного двигателя, основанного на циклическом ускорении тяжелых ионов газа. Циклическое ускорение тяжелых ионов позволяет разгонять пучки частиц газа, такого как Ксенон, до высоких скоростей без увеличения энергетических затрат, так как ускорение происходит за счет многократного прохождения пучка через ускоряющий участок по спиральной траектории в постоянном магнитном поле. Это приводит к увеличению удельного импульса и как следствие, при равных показателях тяги предлагаемого двигателя и его аналогов, необходимый запас топлива уменьшен (в 2 раза как показывают эксперименты). В рабочей камере ускорителя установлены – дуанты. В узком промежутке между дуантами, где происходит ускорение, находится источник ионов – трубка с отверстием в центре и двумя приточно-вытяжными каналами для газа. В верхнем и нижнем основании трубки расположены электроды – они ионизируют газ в камере. Так как, ионизация газа происходит на малой площади электрода, (фактически площадь вырождается в точку) то электрокоррозия минимальна, что обеспечивает долгий срок эксплуатации двигателя. Дуанты подключаются к резонатору - устройству изменения полярности напряжения. От частоты резонатора зависит количество испускаемых пучков в единицу времени, а от модуля напряженности электрического поля и силы магнитного поля предельный радиус орбиты пучков газа в камере. На предельном радиусе орбиты движения пучка тяжелых ионов закреплен электростатический дефлектор – отражатель ионов в сторону канала выхода из камеры на сопло. Таким образом, взаимодействия частиц рабочего тела с поверхностью двигателя практически нет, большую часть времени импульса пучок ионов проходит, находясь в магнитном поле. В рабочей камере одновременно ускоряется только 1 пучок частиц [4-5].

Для качественных и количественных оценок предложенной модели плазменного двигателя с циклическим ускорением тяжелых ионов разработан испытательный стенд (см. рис.). Целью, которого является поиск зависимостей и определение интегральных параметров двигателя.

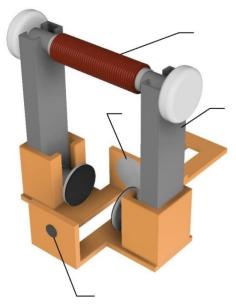


Рис. Модель испытательного стенда

Испытательный стенд устанавливает зависимость предельного радиуса орбиты от частоты резонатора, величины постоянного магнитного и переменного электрического поля. Стенд состоит из: 1 - стока (тонкого электрода), 2 - мишени (широкого электрода), закрепленной на бегунке в форме уголка, 3 - магнитопровода, выполненного в виде сердечника броневого типа с разомкнутой магнитной цепью на внешнюю часть которого намотан 4 - медный провод.

Предложена модель и конструкция плазменного двигателя с циклическим ускорением тяжелых ионов инертного газа .Результаты исследований показали, что наибольший удельный импульс плазменного двигателя порядка 4000 с возможен при сохранении габаритов двигателя ( $300\times400\times160$  мм), трех ускоряющих витках, частоте резонатора 1 МГц и напряжённости электрического поля 45 кВ.

- 1. Aldonin F.I., Akhmetzhanov R. V. Calculation of the main characteristics of the 20 30 W ionic engine, Works MAI, M., release No. 81, 2015 of page 96 102.
- 2. Goebel D.M., Katz I. Fundamentals of electric propulsion: Ion and hall thrusters. JPL Space science and technology series, California, USA,2008.
- 3. Filonin O. V. Magnetic-induction ejectors for start micro and nanosatellites.//Saturday. works "5-th International scientific conference ORT Publishing "European Applied Sciences" 2013, Stuttgart, Germany, P. 88 90.
- 4. J.J. Yang et al., Numerical study of beam dynamics in high intensity cyclotrons including neighboring bunch effects, in: Proc. HB2008 (Nashville, USA, 2008) 2008, p. 178.
- 5.~ V.L. Smirnov, Computer modeling of a compact isochronous cyclotron, Phys. Part. Nucl. 46 (2015) 940–955.

УДК 517.91

# РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ЧИСЛЕННОГОМЕТОДА РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

© Дёмина А.Ю., Борминский А.В., Шулепов А.И., Степанцов И.С.

e-mail: aldem16298@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Предлагается быстродействующий комбинированный метод численного решения ОДУ относительно метода РК-4 на базе метода СКЗ [1] и метода Адамса [2–4]. В соответствии с [1] на интегральной сетке вводится понятие «Расчётный шаг» H=2h, где h-3 аданный шаг интегрирования, Текущий расчётный шаг начинается в конце прошедшего расчётного шага (рис.3). Решение на текущем расчётном шаге формируется с учётом информации прошедшего и текущего расчётных шагов. На первом расчётном шаге подготовку исходных данных для первого расчётного шага предлагается выполнять методом РК-4.

Иллюстрация производных ( $K_i$ ) на расчётном шаге и шаге РК-4 приведена на рис. 1 и 2. Интегральная сетка с расчётным и заданными шагами приведена на рис. 3.

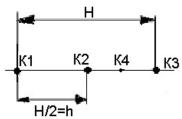


Рис. 1. Иллюстрация положения производных на расчётном шаге

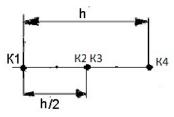


Рис. 2. Иллюстрация положения производных на шагеРК-4

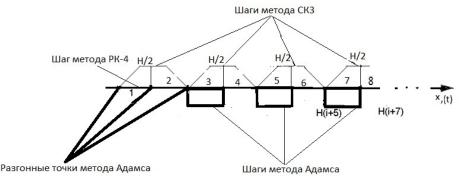


Рис. 3. Иллюстрация интегральной сетки и шагов численных методов: Адамса, СК3, РК-4 на первом и текущем расчётных шагах.

Расчётные формулы решения ОДУ методом РК-4 [2,3,4,5] приведены ниже и имеют вид

$$Y = \frac{h}{6}(K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4). \tag{1}$$

Здесь производные  $K_i$  ( i изменяется от 1 до 4) определяются в виде:

$$K_{l} = f(x, y),$$

$$K_{2} = f\left(\left(x + \frac{H}{2}\right), \left(y_{0} + h\frac{K_{1}}{2}\right)\right),$$

$$K_{3} = f\left(\left(x + \frac{H}{2}\right), \left(y_{0} + h\frac{K_{2}}{2}\right)\right),$$

$$K_{4} = f\left(\left(x + \frac{H}{2}\right), \left(y_{0} + hK_{3}\right)\right).$$
(2)

Расчётные формулы решения ОДУ методом СКЗ [1] приведены ниже и имеют вид:

$$Y = \frac{H}{6}(K_1 + 2K_2 + K_3 + 2K_4). \tag{3}$$
  $Y_{nped.}$  определяется при  $K_2$  и  $K_3$  без уточнения.

Здесь  $K_i$  определяются в виде:

 $K_{1}$  – заимствуется из метода Адамса.

$$K_2 = f\left(\left(X_0 + \frac{H}{2}\right), \left(Y \text{ в точке } \frac{H}{2}\right)\right);$$
 $K_3^* = f\left((X_0 + H); Y_{\text{предварительное}}\right);$ 
 $K_4^* = f\left(\left(X_0 + \frac{3}{4}H\right); \frac{(K_2 + K_3^*)}{2}\right).$ 

Решение ОДУ в точках  $\frac{H}{2}$  выполняет метод Адамса. $K_3$ ,  $K_4$  уточняются методом «Предикат – корректор» и поэтому имеют вид  $K_3^*$ ,  $K_4^*[1]$ . Метод СК-5 (комбинированный метод) на расчётном шаге имеет пять обращений к правым частям ОДУ. Метод РК-4 на расчётном шаге имеет восемь обращений к правым частям ОДУ. Комбинированному методу численного решения ОДУ присвоен индекс СК-5.

Оценка метода СК-5 по точности проводилась на отрезке 0-1. и на интервале витка при моделировании параметров движения центра масс космического аппарата (КА).

На отрезке 0-1 метод СК-5 совпадает как с методом РК-4, так и с аналитическим

Оценка по быстродействию проводилась на интервале одного витка на средней круговой орбите околоземного космоса по числу обращений к правым частям при формировании решения ОДУ с постоянным заданным шагом интегрирования 15 секунд. Метод СК-5 на 13% быстрее относительно РК-4

По результатам проведённых расчётов можно сделать следующий вывод.

- 1. Максимальное методическое отклонение метода СКМ5 на интервале одного витка относительно РК4 с заданным шагом 15 сек. не более 11,0 метров.
- Малая методическая ошибка обусловлена (очевидно) методикой программирования, округлением весовых коэффициентов и машинным округлением арифметических операций.
- 3. Рекомендуется также использовать метод СК-5 для моделирования движения малых космических аппаратов на интервале не менее одного витка и с помощью навигационной системы «ГЛОНАСС» и наземного комплекса управления проводить

замену вектора положения и скорости. Дискретность замены параметров движения КА должна определяться требованиями по точности.

4. При моделировании движения КА методом СК-5 рекомендуется принимать заданный шаг интегрирования от 14 до 16 секунд [5].

Навигационное обеспечение бортового комплекса управления КА может проводится на средствах наземного комплекса управления и навигационной системы «Глонас».

- 1. Международная молодёжная научная конференция «Х1VКоролёвскиечтения», посвящённая 110-летию со дня рождения академика С.П.КОРОЛЁВА, 75-летию КуАИ-СГАУ-СамГУ-Самарского университета и 60-летию со дня запуска первого искусственного спутника Земли: сборник трудов 3-5октября 2017года. Самара: Издательство Самарского университета, В 2 т. Т.1- 573с.
- 2. ХайрерЭрнст. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи. / Э. Хайрер, С.П. Нёрсетт, Г. Ваннер М: Мир, 1990. 512с.
- 3. Демидович, Борис Павлович. Численные методы анализа: Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения: Учеб. пособие для втузов/ Б.П. Демидович, И.А.Марон, Э.З.Шувалова М.: Физматгиз, 1963. -400с.
- 4. Березин И.С. Методы вычислений: учеб. пособие для вузов / И.С. Березин, Н.П. Жидков. -2-е изд., перераб. М.: Физматгиз, T2. 1962. 639c.
- 5. Основы теории полёта космических аппаратов / В.С.Авдуевский,Б.М.Антонов, Н.А.Анфимов и др.: под ред. Г.С. Нариманова, М.К.Тихонравова. М.: Машиностроение, 1972. 607с.

УДК 811.112.2; 629.78

# WIEDERVERWENDBARE TRÄGERRAKETEN

© Денисов Д.А., Мартынова О.Н.

e-mail: dda20001203@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Der Weltraum ist für alle Menschen ein wichtiger Teil unserer täglichen Infrastruktur (z.B., wir benutzen GPS-Geräte, Satellitentelefone u.s.w.). Es gibt heutzutage keine Zweifel, dass die Raumfahrt eine große Zukunft hat. Die Kosten für den Raumflug sind enorm, das lässt die Entwicklungsraten nicht beliebig steigern. Als eine Lösung schlagen die Wissenschaftler die Verwendung von wiederverwendbaren Raketen vor.

In diesem Artikel wurde die Geschichte der wiederverwendbaren Flugkörper kurz zusammengefasst, neue amerikanische Entwürfe vorgestellt, sowie einige finanzielle Fragen erläutert.

Wiederverwendbare Raketen werden schon seit über 50 Jahren verwendet. Amerikanische Raumfähren sind ein Beispiel von wiederverwendbaren Raumtransportfahrzeugen, die nach einer Weltraummission wie ein Flugzeug auf der Erde landeten. Das Space Shuttle prägte eine ganze Ära in der Geschichte der Raumfahrt. Einer der Gründe für das Ende dieses Programms waren unter anderem seine hohen Kosten [1]. Im Jahre 2011 wurde dieses Programm geschlossen.

Und jetzt arbeitet man in einer anderen Richtung. Besonders aktiv ist ein privates US-amerikanisches Raumfahrtunternehmen SpaceX. Am 22. Dezember 2015 startete eine verbesserte Falcon 9-Rakete von der amerikanischen Cape Canaveral Air Force Station in den erdnahen Satellitenorbit. Die erste Stufe führte die weltweit erste sanfte Landung einer orbitalen Trägerrakete erfolgreich durch. Es ist damit erstmals gelungen, die Hauptstufe einer Rakete sicher zur Erde zurück zu bringen [2].

Die 70 m hohe und rund 541 Tonnen schwere «Falcon 9»-Rakete kann auf einer Meeresplattform oder auf der Plattform im Startgelände landen. Nach dem Abstossen der Nutzlast drehen Stickstoff-Positionsraketen den Raketenkörper der ersten Stufe um 180°. Die Raketenmotoren steuern die erste Stufe in einen im Vergleich zum Start umgekehrten ballistischen Bogen und bremsen die Stufe so ab, dass sie weich landen kann [3]. Die erste Wiederverwendung einer ersten Raketenstufe gelang im März 2017. Die Falcon-9-Rakete landete knapp 10 Minuten nach ihrem Start auf einer schwimmenden Plattform im Atlantik[4].

Die Weiterentwicklung Falcon Heavy besteht aus drei überarbeiteten, wiederverwendbaren Erststufen der Rakete Falcon 9 sowie einer Falcon-9-Zweitstufe. Der erste Testflug eines Prototyps fand am 6. Februar 2018 statt. Der Flug war erfolgreich [5]

Die Analyse von offenen Quellen ließ die Kosten von Starts und die Leistungsfähigkeit der wiederverwendbaren Raketen vergleichen [6, 7]. Der Preis für die Buchung eines Falcon-Heavy-Starts lag im Jahr 2011 bei 80–125 Millionen US-Dollar und stieg bis 2018 auf 90–150 Millionen US-Dollar. Damit liegt er um etwa 50% über dem für die Falcon 9, das aber bei fast dreifacher Leistung. Der Grund für den stark unterproportionalen Preiszuwachs liegt im höheren Anteil wiederverwendbarer Komponenten. So kostet die erste Stufe von der Falkon9-Rakete ungefähr 60% der ganzen Rakete, 20% die zweite Stufe, und den Rest macht die Spitze und Treibstoffkosten aus. D.h., die Bergung von den ersten zwei Stufen reduziert die Startkosten und die nachfolgende Produktion. Die Falcon Heavy wird

damit beworben, dass die Kosten für ein Kilogramm an Nutzlast, die mit der Rakete getragen wird, bei etwa 1.300 Dollar liegen. Im Vergleich zum Space Shuttles ist es fast 50mal weniger, es mussten 60.000 Dollar pro Kilogramm bezahlt werden. Das kann entscheidend neue Weltraum-Produkte, Entwicklungen und Forschung beeinflussen und positiv auf die Entwicklung des Raketenbaus wirken.

- 1. Space Schuttle // Интернет pecypc: https://www.planet-wissen.de/technik/weltraumforschung/ raumstationen/pwiespaceshuttlegeschichte100.html
- 2. SpaceX // Интернет pecypc: https://de.wikipedia.org/wiki/SpaceX
- 3. SpaceX «Falcon 9»: Die wiederverwendbare Rakete // Интернет ресурс: https://www.raonline.ch/pages/edu/space/rocket1502.html
- 4. SpaceX startet wiederverwendete Rakete // Интернет pecypc: https://www.zeit.de/wissen/2017-03/raumfahrt-spacex-rakete-recycling
- 5. Elon Musks gefeierte Rakete könnte Folgen für die Erde haben, die man nicht wiedergutmachen kann // Интернет ресурс: https://www.businessinsider.de/elon-musks-gefeierterakete-koennte-folgen-fuer-die-erde-haben-die-man-nicht-wiedergutmachen-kann-2018-2
  - 6. Falcon Heavy // Интернет ресурс: https://de.wikipedia.org/wiki/Falcon Heavy
- 7. Многоразовый Falcon 9 подешевеет в 10 раз // Интернет ресурс: https://lenta.ru/news/2018/05/14/falcon9/

УДК 531.36 + 629.782

# ТРОСОВАЯ СИСТЕМА ФОБОС – ОРБИТАЛЬНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

### © Едигеева Л.С., Авраменко А.А.

e-mail: liana.edigeeva@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Особенности движения Фобоса на околомарсианской орбите позволяют реализовать идею космического лифта, расположенного около точки либрации  $L_1$ .

Основные задачи космического лифта:

- Реализация стационарной базы на околомарсианской орбите, которая может использоваться как перегрузочная для миссии на Фобос, так и для проведения различных исследований;
- Космическая станция сможет исполнять роль центра связи и управления всеми операциями вблизи Марса и Фобоса;
- Космическая станция может быть использована для перелетов к внешним планетам;
- Сокращение расходов по доставке и размещению оборудования и устройств на Фобос и его окрестности. [2–4].

В работе рассматриваются возможности реализации космического лифта на Фобосе, а также исследуется влияние его параметров на прочность тросовой системы и устойчивость положения концевой станции (см. рис.).

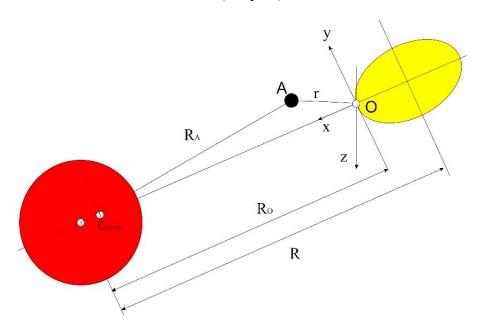


Рис. Расчетная схема тросовой системы

Посредством уравнений движения космической тросовой системы определен диапазон возможных положений концевой станции. Для выбранных положений проведен расчет прочности троса без учета его массы. Показано, что подобная конструкция может быть реализована с существующими материалами.

Выбраны параметры системы и для них проведены исследования устойчивости концевой станции при возмущающих воздействиях, которые могут появиться при стыковке с транспортными аппаратами. Определены требования к параметрам системы, обеспечивающие стабильное движение станции в малой окрестности выбранного положения равновесия.

Исследовано влияния массы троса на устойчивость положений равновесия.

- 1. Белецкий В.В. Динамика космических тросовых систем [Текст]/ В. В. Белецкий, Е. М. Левин. М.;Наука, 1990. 329 с.
- 2. Коровин В.В. Статика Лунного космического лифта постоянного сечения. [Текст]/ 2017 Международный научный журнал «Инновационная наука» №03-1/2017 ISSN 2410-6070.
- 3. Первушин А.И. Мифология космического лифта (Эссе из цикла "Космическая экспансия: от фантастики к реальности") Полдень. XXI век [Текст]/ 2009, № 53 (май). С. 161-170.

УДК 531.36

# ВЛИЯНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОДЪЁМНИКА НА ДИНАМИКУ ОРБИТАЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ЛИФТА

#### © Еникеева А.А.

e-mail: arina.enikeeva@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Исследуется влияние движения подъёмника на динамику орбитального космического лифта. Актуальность работы обусловлена необходимостью создания экономичного и экологически чистого способа выведения грузов на околоземные орбиты [1-2]. Орбитальный космический лифт - механическая система, предназначенная для доставки грузов на орбиту Земли, состоящая из верхней станции противовеса и нижнего стыковочного модуля, соединенных между собой протяженным тросом [1-3]. По тросу передвигается подъёмник с полезной нагрузкой. В отличие от традиционного космического лифта, нижний конец троса не закреплен на поверхности Земли, а находится на низких околоземных орбитах. Такое решение позволяет избежать проблем воздействия атмосферных явлений на лифт и дает возможность перемещать лифт относительно поверхности Земли.

В работе рассматривается плоское движение орбитального комического лифта. Космический лифт рассматривается как механическая система, состоящая из двух материальных точек, соединенных между собой упругим невесомым стержнем [4-7]. По тросу перемещается подъёмник, моделируемый как материальная точка. Движение подъёмника определяется кинематическим законом. В работе сделано допущение, что центр масс системы в начальный момент времени расположен на геостационарной орбите. Построена математическая модель рассматриваемой системы, записаны уравнения движения. С их помощью проведена серия численных экспериментов с целью изучения влияния движения подъёмника на динамику орбитального космического лифта. Результаты показывают, что движение подъёмника вызывает колебания троса. После остановки подъёмника лифт продолжает колебаться около стационарного положения равновесия. В развитии работы предполагается поиск способов демпфирования колебаний, вызванных движением подъёмника.

- 1. Aslanov V.S., Dynamics of the tethered satellite system [Текст]/ V.S. Aslanov, A.S. Ledkov // Cambridge: Woodhead Publishing Limited. 2012. p. 331.
- 2. Поляков Г.Г. Привязные спутники, космические лифты и кольца [Текст]/Г.Г. Поляков // Изд-во Астраханского педагогического университета, 1999 с. 579.
- 3. Pearson J., The orbital tower: a spacecraft launcher using the Earth's rotational energy [Tekct]/ J. Pearson // Acta Astronautica. 1975. Vol. 2. p.785-799.
- 4. Williams P. Dynamic multibody modeling for tethered space elevators [Tekct]/ P. Williams //Acta Astronautica. 2009. №65, P. 399-422.
- 5. Пикалов Р.С. Исследование влияния движения подъемника на динамику неэкваториального космического лифта [Текст] / Р.С. Пикалов // Труды МАИ. 2015. № 79, С. 1-16.
- 6. Ледков А.С. Исследование влияния движения подъемника на динамику космического лифта [Текст] / А.С. Ледков, Р.С. Пикалов // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. 2014. № 5, С. 206-215.
- 7. Ледков А.С. Моделирование движения космического лифта при подъёме груза на орбиту [Текст] / А.С. Ледков, Р.С. Пикалов // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского университета. 2016. № 1 (8), С. 5-15/

УДК 629.7.021

# КОНСТРУКЦИЯ ЗОНДА ШКОЛЬНОГО ЧЕМПИОНАТА CANSAT

# © Ивлев С.Д., Селезнёва Л.А., Ищанов А.В., Черняев А.Г., Кумарин А.А

e-mail: serejaivlev@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

CanSat — формат чемпионатов между инженерными командами по созданию атмосферного зонда, способного выполнять различные задачи. Разработка несущей конструкции является одной из самых важных задач. Для снижения временных затрат команд на создание собственной, уникальной конструкции в рамках данной работы разработана конструкция, отвечающая требованиям многофункциональности и универсальности. Конструкция аппарата ограничена следующими параметрами:

- 1. Масса не более 350 г;
- 2. Высота не более 200 мм;
- 3. Диаметр основания не более 66 мм.

При разработке были выдвинуты следующие требования:

- 1. Максимальное снижение массы конструкции без ущерба прочности;
- 2. Возможность изготовления из доступных материалов без необходимости применения сложного оборудования;
  - 3. Модульность конструкции и взаимозаменяемость компонентов;
  - 4. Сохранение допустимых габаритов и массы согласно указанным параметрам.

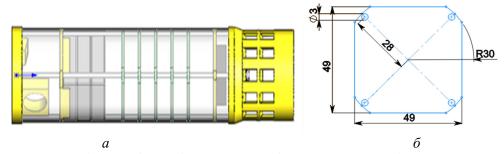
Для выполнения приведенных выше требований при проектировании были широко внедрены технологии компьютерного моделирования и трехмерной печати.

Разработанная конструкция дает участникам широкие возможности по доработке и модернизации исходя из поставленной перед зондом задачи. Каждый электронный модуль имеет стандартные узлы стыковки, и может быть заменен на аналогичный или видоизменённый в кратчайшие сроки.

Для сохранения допустимых габаритов конструкция аппарата выполнена с плотной компоновкой, размеры зонда могут изменяться исходя из конкретной задачи аппарата и необходимого объёма отсеков.

Были выполнены проверки на прочность, массу, габариты, в результате которых было установлено, что зонд полностью удовлетворяет поставленным требованиям.

В результате работы над проектом поставленные задачи выполнены в полном объёме, представлен макет изделия и документация по изготовлению и сборке (рис.).



 $Puc.\ Kонструкция\ зонда:\ a-общий\ вид\ конструкции;\ b-типоразмер\ стандартизированной\ платы$ 

#### Библиографический список

1. Воздушно-инженерная школа [Электронный ресурс]. URL: http://roscansat.com/uchastnikam/polozhenie (дата обращения: 10.04.2019).

УДК 629.78

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТИРОВОЧНОГО РАСЧЁТА НА ПРОЧНОСТЬ БАКОВ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ ПО РАЗЛИЧНЫМ МЕТОДИКАМ

### © Кедало А.В., Куренков В.И.

e-mail: anna.kedalo@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

При проектировании топливных баков ракет-носителей ставится задача подбора конструктивных параметров, обеспечивающих прочность в различных условиях эксплуатации. При этом масса конструкции должна быть минимальной.

В настоящее время существует несколько методик выбора параметров конструкции баковых отсеков. Некоторые из них приведены в [1-6]. Появление нескольких методик объясняется исторически тем обстоятельством, что каждое конструкторское бюро разрабатывало свои методики, которые были по некоторым причинам недоступны для взаимного обсуждения.

В этой связи появляется задача о выборе предпочтительного метода расчёта баковых отсеков, который приводил бы к минимальной массе. В данной работе результативность различных методик оценивается с помощью построения спроектированных отсеков в системе твёрдотельного моделирования и проведения прочностных расчётов с помощью приложений к этим системам.

Цель исследования: сравнение и выбор методик проектирования топливных баков ракет-носителей.

#### Залачи:

- 1. Анализ различных этапов эксплуатации ракет-носителей и выбор определяющего расчётного случая.
  - 2. Разработка конструктивной схемы бака.
  - 3. Расчёт конструктивных параметров бака по различным методикам.
  - 3. Разработка конструкции бака в системе твердотельного моделирования.
- 4. Использование модуля Simulation для расчётов на прочность конструкции бака.
- 5. Сравнение результатов расчётов по различным методам и рекомендации по использованию методик проектирования.

В качестве расчётного случая принимается момент прохождения максимального скоростного напора со случайным порывом ветра. Были определены осевая сжимающая сила и изгибающий момент по методике [1], а именно, изгибающий момент 729 кНм, приведённая сжимающая сила 1840 кН.

Для анализа была выбрана конструктивная схема цилиндрического бака диаметром 3 м с днищами в форме сегментов сферических поверхностей радиусом 3 м. Длина цилиндрической части бака была принята равной 6 м. Материал бака АМГ-6, максимальное значение эксплуатационного внутреннего давления 0,313 МПА, коэффициент безопасности был взят равным 1,35.

Расчёт конструктивных параметров бака проводился по методикам В. И. Леонова [2], О. А. Горячева [3], А. М. Синюкова [4], Н.И. Паничкина [5] и Л. И. Балабуха [6]. Для расчётов использовался программный пакет для математических расчетов Mathcad.

Результаты расчётов приведены в таблице.

Автор методики (или книги)	Толщина обечайки, мм	Толщина верхнего днища, мм	Толщина нижнего днища, мм	Площадь шпангоута верх. днища, мм <sup>2</sup>	Площадь шпангоута ниж. днища, мм <sup>2</sup>	Масса констр. бака, кг	
Леонов В. И.	3	2	2,5	1790	2100	609,5	
Горячев О.А.	3,5	2,5	3,5	3750	5250	873,5	
Синюков А.М.	2	1,8	2	2140	2580	483,9	
Паничкин Н.И.	2	1,8	2	2140	2580	483,9	
Балабух Л.И.	3	1,8	1,8	2140	2580	630,2	

Таблица. Результаты проектировочного расчёта

Анализируя данные таблицы, приходим к выводу, что наименьшая масса бака получилась при использовании методик, представленных в работах [4] и [5]. Минимальные значения сечений площадей стыковых шпангоутов получаются по методике [2].

Совпадение результатов расчёта по методикам А.М. Синюкова и Н.И. Паничкина объясняется тем, что, по-видимому, Н.И. Паничкин в своём учебном пособии позаимствовал методику расчёта А.М. Синюкова.

Для проверки адекватности моделей была разработана твёрдотельная модель бака в системе SolidWorks с помощью Simulation, в которой проводились расчёты на прочность, которые количественно совпадают с результатами, полученными по [4] и [5].

#### Заключение

Проведён анализ различных методик выбора конструктивных параметров топливных баков ракет-носителей. Было показано, что лучший результат по массе получается при использовании методик, представленных в работах [4] и [5].

- 1. Куренков, В.И. Конструкция и проектирование изделий ракетно-космической техники. Часть 2. Основы проектирования ракет-носителей: учеб. пособие [Текст]: / В. И. Куренков. Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королёва, 2011. 458 с.
- 2. Леонов, В.И. Расчет баков летательных аппаратов на прочность и устойчивость: уч. пособие [Текст]: / В. И. Леонов. Куйбышев: Куйбышевский авиационный ин-т, 1990. 74 с.
- 3. Горячев, О. А. Проектирование топливных отсеков летательных аппаратов: учебное пособие по курсовому проектированию [Текст]: / О.А. Горячев. Куйбышев, 1986. 41 с.
- 4. Синюков, А. М. Конструкция управляемых баллистических ракет [Текст] / А. М. Синюков [и др.]. Москва: Воениздат, 1969. 444 с.
- 5. Паничкин, Н.И. Конструкция и проектирование космических летательных аппаратов: учебник для средних специальных учебных заведений [Текст]: / Н. И. Паничкин, Ю. В. Слепушкин, В.П. Шинкин [и др.]. Москва: Машиностроение, 1986. 344 с.
- 6. Балабух, Л. И. Строительная механика ракет: учебник для машиностроительных спец. Вузов [Текст] / Л. И. Балабух, Н. А. Алфутов, В. И. Усюкин. М: Высшая школа, 1984. 391 с.

УДК 004.5

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДА ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОТОТИПИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

© Лиорек Ю.В., Билалова Е.В., Сагдатуллин А.М.

e-mail: saturn-s5@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, Лениногорский филиал (ЛФ КНИТУ-КАИ), г. Лениногорск, Российская Федерация

Актуальным для областей инженерии и машиностроения, механики и ракетно-космического проектирования является поиск и разработка новых подходов к созданию современных конструкций изделий и моделирования их кинематических соединений. Так как эти факторы непосредственно влияют на рентабельность производства и изготовления изделий ракетно-космической техники, их надежность и производительность труда [1-3].

Основной задачей работы является исследование подхода твердотельного моделирования при прототипировании изделий ракетно-космической техники. В процессе изготовления изделий особенно актуальным является правильная постановка работ по оптимизации конструкции конечного изделия (рис. 1). Применение методов твердотельного моделирования на этапах создания 3D моделей (рис. 2) позволяет разработать заданную конструкцию детали исходя из критериев веса, технологичности и алгоритма ее обработки [4].

Ступени и поверхности прототипа разрабатываемых деталей будут выполнены из пластика на CNC-машине 3D-принтере. Диаметральные размеры и конструкция выполнена таким образом, что печать и обработка будут производиться по нисходящей направляющей, что представляет элемент технологичности изготавливаемых изделий.

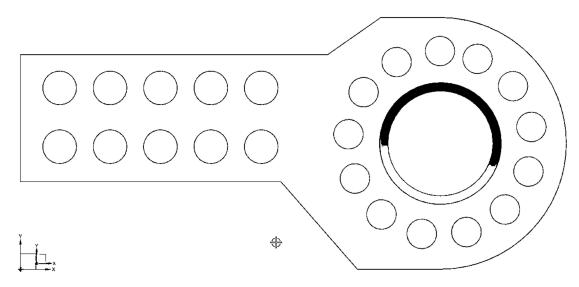


Рис. 1. Схема проектируемого устройства

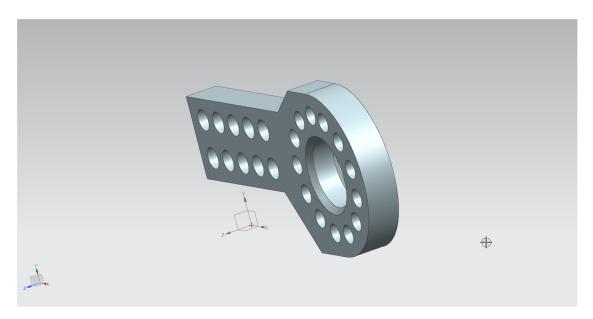


Рис. 2. 3D-модель разработанной конструкции изделия

Реализация и методы. Реализация данной конструкции осуществлялась в пакете твердотельного моделирования, также осуществлялась разработка схемы и алгоритма выполнения данной детали. Конструкция построена по принципу единства баз, при которой технологические базы в процессе печати 3D принтером остаются неизменными. Данный выбор позволяет избежать погрешностей изготовления и исключить многократные остановы печати и работы CNC-принтера.

Выводы. В результате применения методов твердотельного моделирования реализована 3D модель детали для робототехнической системы ракетно-космической области, разработан алгоритм выполнения данной детали. Согласно полученным экспериментальным данным моделирования на полученной 3D модели отмечено, что подход может быть использован в промышленности при изготовлении прототипов с последующей эксплуатацией из PLA.

- 1. Sagdatullin A.M. New principles and mechanisms development of scientific-educational systems in the conditions of integration of science, education, manufacturing and business / A.M. Sagdatullin Kazan: Publishing House of Kazan University, 2018. 116 p.
- 2. Sagdatullin A.M. Development of a practice-oriented and system-integrative approach to learning programming in high-level languages assisting to improve the quality of educational processes / A.M. Sagdatullin. Kazan: Publishing House of Kazan University, 2018. 256 p.
- 3. Сагдатуллин А.М. Идентификация процесса транспорта нефти первой ступени сепарации на основе дискретного преобразования Лапласа и разработки линейной авторегрессионной модели // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2018. № 4. С. 146–156.
- 4. Сагдатуллин А.М. Особенности функционирования и разработки информационной системы реального времени для управления технологическим процессом нефтеподготовки // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2018. № 4. С. 157–165.

УДК 531.3

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАТЕРНИНОВ В РЕШЕНИИ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДИНАМИКИ

© Лустина Ю.Е, Авраменко А.А.

e-mail: lustina.yuliya@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В работе рассчитана нормировка выбранного для расчётов кватерниона и составлена матрица поворота. Проведена оценка полученного результата после подстановки исходных значений. Поставлена цель получить аналогичную матрицу с помощью матрицы повторов через углы Эйлера. Для этого необходим переход от кватерниона к углам Эйлера. Рассмотрены два способа перехода:

- «прямой расчёт», который не дал необходимого результата из-за получения вырожденного случая;
- скорректированный способ, заключавшийся в определении положения полученных углов в выбранной системе координат, а затем проверки на вырожденные случаи, которые могут получиться в ходе вычислений.

Далее составлена общая матрица поворотов через полученные углы Эйлера (в радианах). На последнем этапе сравниваются две матрицы, полученные различными способами. Как и в поставленной ранее задаче, матрицы получились одинаковые, что свидетельствует о правильности выбранного решения.

УДК 520.73

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЖИДКОСТНОГО ТРЕНИЯ НАСОСОВ ЖРД

# © Неватус И.С., Зуев А.А.

e-mail: nevatusis@gmail.com

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация

Одной из основных тенденций развития авиационно-космической техники является повышение качества проектирования, основанного на использовании современных расчетных методик и математических моделей, более корректно отражающих процессы, происходящие как в отдельных агрегатах, так и всего летательного аппарата (ЛА) в целом.

В состав любого ЛА входит энергоустановка, от надежности которой зависит как работоспособность ЛА, так и выполнение им поставленных задач. Большинство энергоустановок имеют в своем составе турбонасосный агрегат (ТНА).

Большинство отказов в двигательных установках (ДУ) происходят из-за ТНА, поэтому в авиационно-космической технике к насосным агрегатам (НА) предъявляются высокие требования по обеспечению высоких энергетических характеристик, высокой надежности и максимальному сроку безотказной работы при минимальной стоимости и высокой технологичности агрегата.

Достижение высоких энергетических характеристик НА во многом определяется совершенством преобразования энергии в проточной части.

Большая часть существующих методик расчета проточных частей ТНА жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) носит критериально-эмпирический характер и была получена для граничных условий узлов и агрегатов подачи ЖРД имеющих частоту вращения порядка 20 000 – 40 000 оборотов в минуту. Современные ТНА ЖРД имеют сравнительно большую частоту вращения и достигают порядка 120 000 оборотов в минуту. Данный факт не учитывает степень турбулизации профиля скорости потока в пространственно-пограничном слое элементов проточных частей агрегатов подачи и требует дополнительных исследований и уточнения используемых зависимостей, в связи с изменениями граничных условий.

Существующие многочисленные методики расчета трехмерного течения жидкости в боковых полостях вспомогательных трактов НА имеют, по крайней мере, три существенные особенности, снижающие их достоверность в широком диапазоне изменения геометрических и режимных параметров. Во-первых, обобщенные эмпирические зависимости расчета часто имеют узкую область ориентированную конкретную Во-вторых, задачу. достаточно аналитические решения учитывают не все факторы, влияющие на течения вязкой жидкости, что вносит свою существенную долю погрешности расчета. В-третьих, реальные боковые полости вращения насосных агрегатов имеют сложную форму, состоящих из конических и криволинейных поверхностей вращения с переменной величиной нормального зазора. Поэтому, применение для них методов расчета гидродинамических параметров зависимостей торцевой и осевой полости является недостаточно обоснованным.

При проектировании проточных частей ТНА необходимо определять баланс мощностей, который складывается из мощности механических потерь, мощности

дискового трения, мощности на утечки, гидравлических потерь рабочего колеса и полезной мощности насоса.

При определении мощности дискового трения (в связи с увеличением оборотов НА) необходимо уточнить расчетные зависимости для определения коэффициента дискового трения.

Учитывая, что касательное напряжение трения дисковых потерь определяется как

$$\tau = C_{mp,\mathcal{I}} \rho \frac{U^2}{2},\tag{1}$$

определим выражение для коэффициента трения для стенки и диска рабочего колеса

$$C_{mp} = \frac{\tau R^2}{\rho \operatorname{Re}^2 v^2}.$$
 (2)

В зависимости от степени турбулизации коэффициент трения для стенки в окружном направлении

$$C_{mp\alpha}^{cm} = \frac{0,02722}{A \operatorname{Re}_{g}^{\frac{1}{5}}},$$
 (3)

коэффициента трения для диска в окружном направлении

$$C_{mp\alpha}^{\mathcal{I}} = \frac{0.048515}{B \operatorname{Re}_{\mathcal{I}-n}^{\frac{1}{5}}},$$
 (4)

где A и B переменные, зависящие от m — степени профиля распределения скорости потока в пограничном слое. Определена зависимость m в зависимости от критерия Рейнольдса вращательного течения. При  $Re=6,662\cdot10^6$  показатель степени m=6, для  $Re=1,067\cdot10^7$  m=6,5, для  $Re=1,892\cdot10^7$  m=7, для  $Re=1,947\cdot10^8$  m=8, для  $Re=3,632\cdot10^8$  m=9 и для  $Re=6,032\cdot10^8$  m=10.

Для того чтобы определить дисковые потери на трение, необходимо учесть потери на трение со стороны диска и со стороны стенки. Таким образом коэффициент потерь дискового трения представляет следующую зависимость:

$$C_M = C_{mp\alpha}^{cm} + C_{mp\alpha}^{\mathcal{I}}. ag{5}$$

Определение аналитической зависимости угловой скорости ядра потока  $\omega_{_{\! R}}$  от угловой скорости диска  $\omega_{_{\! R}}$  представляет сложную задачу. В первом приближении, для определения коэффициента дискового трения, для практически важных случаев можно принять  $\omega_{_{\! R}}=0,5\omega_{_{\! R}}$ , тогда

$$C_{M} = \frac{1}{\left(0.5 \operatorname{Re}_{A}\right)^{\frac{1}{5}}} \left(\frac{0.02722}{A} + \frac{0.048515}{B}\right).$$
 (6)

В настоящее время существует необходимость создания более совершенных методов расчета и проектирования, которые позволят создавать эффективные проточные части. Эта задача требует для своего решения знания физической картины течения жидкости во всех элементах проточной части.

#### Библиографический список

1. Дмитренко А.И. Развитие конструкции ТНА для водородных ЖРД безгенераторной схемы, разработанных в КБХА / А.И. Дмитренко // Вестник СГАУ им. ак. С.П. Королёва. -2010. -№ 4 (24). - C. 38-48.

УДК 621.651-181.4-629.786

# ТОЛЩИНА ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АФИНОПОДОБНОЙ МОДЕЛИ

# © Неватус И.С., Зуев А.А.

e-mail: nevatusis@gmail.com

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация

При критерии Прандтля  $\Pr < 1$  толщина динамического пограничного слоя больше толщины температурного пограничного слоя [1]. Тепловой поток может покинуть пристеночную область только путем теплопроводности или турбулентного переноса [2].

Предположим, что температурный пограничный слой имеет конечную толщину  $\delta_t$ . Данное допущение является идеализацией процессов, характерной для интегрального метода.

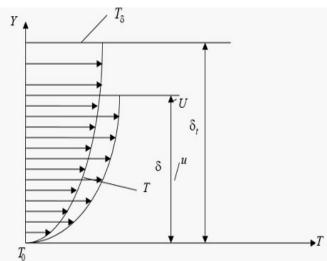


Рис. Профили распределения динамического и температурного пограничных слоев

Будем использовать двухслойную модель распространения профиля скорости с ламинарным подслоем и турбулентным профилем в основной части. Потому что профиль распределения скорости в динамическом пограничном слое должен иметь производную на стенке, т. е. удовлетворять условию, требуемому дифференциальным уравнениям движения пограничного слоя.

Рассмотрим толщину потери энергии температурного пограничного слоя

$$\delta_{t\phi}^{**} = \int_{0}^{\delta_{t}} \frac{u}{U} \left( 1 - \frac{T - T_{0}}{T_{\delta} - T_{0}} \right) dy.$$
 (1)

Профили распределения динамического и температурного пограничных слоев показаны на рисунке. Рассматривая уравнение для толщины потери энергии (1), видим, что необходимо разбить границы интегрирования на два характерных участка:

- участок от 0 до толщины динамического пограничного слоя  $\delta$  ;

– участок от толщины динамического пограничного слоя  $\delta$  до толщины температурного пограничного слоя  $\delta$ , .

Тогда выражение для толщины потери энергии (1) преобразуется:

$$\delta_{t\phi}^{**} = \int_{0}^{\delta} \frac{u}{U} \left( 1 - \frac{T - T_0}{T_{\delta} - T_0} \right) dy + \int_{0}^{\delta} \frac{u}{U} \left( 1 - \frac{T - T_0}{T_{\delta} - T_0} \right) dy.$$
 (2)

Учитывая профили аппроксимации температурного и динамического пограничных слоев, запишем выражение для толщины потери энергии:

$$\delta_{t\phi}^{**} = \int_{0}^{\delta} \left(\frac{y}{\delta}\right)^{\frac{1}{m}} \left(1 - \left(\frac{y}{\delta_{t}}\right)^{\frac{1}{m}}\right) dy + \int_{\delta}^{\delta_{t}} \left(\frac{y}{\delta}\right)^{\frac{1}{m}} \left(1 - \left(\frac{y}{\delta_{t}}\right)^{\frac{1}{m}}\right) dy. \tag{3}$$

Введем замену переменных:

$$A = \int_{0}^{\delta} \left(\frac{y}{\delta}\right)^{\frac{1}{m}} \left(1 - \left(\frac{y}{\delta_{t}}\right)^{\frac{1}{m}}\right) dy, \qquad B = \int_{\delta}^{\delta_{t}} \left(\frac{y}{\delta}\right)^{\frac{1}{m}} \left(1 - \left(\frac{y}{\delta_{t}}\right)^{\frac{1}{m}}\right) dy.$$

Рассмотрим каждый член уравнения для толщины потерь энергии отдельно.

В первом члене введем замену через отношение толщины температурного и динамического пограничных слоев в произвольных сечениях  $r=\frac{\delta_t}{\delta}$  , тогда

$$A = \int_{0}^{\delta} \left(\frac{y}{\delta}\right)^{\frac{1}{m}} \cdot \left(1 - \left(\frac{y}{r \cdot \delta}\right)^{\frac{1}{m}}\right) dy = \frac{m \cdot \delta \cdot \left(m \cdot r^{\frac{1}{m}} + 2 \cdot r^{\frac{1}{m}} - m - 1\right)}{\frac{1}{r^{\frac{1}{m}}} \cdot (m+1) \cdot (m+2)}$$
(4)

Рассмотрим второй член уравнения для толщины потери энергии (3) в границах интегрирования от толщины динамического пограничного слоя  $\delta$  до толщины температурного пограничного слоя  $\delta_t$ . Отметим, что изменения эпюры скорости вдоль оси Y не происходит и скорость равна скорости потока в ядре течения. В этом случае распределение эпюры скорости во втором члене уравнения (3) запишется как

$$\frac{u}{U} = \left(\frac{y}{\delta}\right)^{\frac{1}{m}} = 1.$$

Тогда

$$B = \int_{\delta}^{\delta_t} \left( 1 - \left( \frac{y}{\delta_t} \right)^{\frac{1}{m}} \right) dy = -\frac{\delta \cdot \delta_t^{\frac{1}{m}} - \delta_t \cdot \delta_t^{\frac{1}{m}} - \delta \cdot \delta^{\frac{1}{m}} \cdot m + \delta m \delta_t^{\frac{1}{m}}}{\delta_t^{\frac{1}{m}} \left( m + 1 \right)}$$
 (5)

С учетом выражения (5) толщина потерь энергии температурного пограничного слоя определится как

$$\delta_{t\phi}^{**} = A + B = \frac{m \cdot \delta \cdot \left(m \cdot r^{\frac{1}{m}} + 2 \cdot r^{\frac{1}{m}} - m - 1\right)}{r^{\frac{1}{m}} \cdot (m+1)(m+2)} - \frac{\delta \cdot \delta_t^{\frac{1}{m}} - \delta_t \cdot \delta_t^{\frac{1}{m}} - \delta \cdot \delta^{\frac{1}{m}} \cdot m + \delta m \delta_t^{\frac{1}{m}}}{\delta_t^{\frac{1}{m}} (m+1)}. \tag{6}$$

Полученное выражение для определения толщины потери энергии температурного пограничного слоя при Pr<1, необходимо для решения интегрального соотношения уравнения энергии.

- 1. Дрейцер Г.А., Кутырин И.Н., Балашов В.В., Макарова А.В. Экспериментальное исследование теплообмена в авиационной технике. М.: МАИ, 1988.-80 с.
- 2. Локай В.И., Бодунов М.Н., Щукин А.В. Теплопередача в охлаждаемых деталях газотурбинных двигателей. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1993. 288 с.: ил.

УДК 629.78

# ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО БАЛЛОНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

© Переведенцев В.С., Чернякин С.А.

e-mail: PSPECE@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва г. Самара, Российская Федерация

Композиционные материалы широко применяются в качестве конструкционных в аэрокосмической отрасли в силу их уникальных удельных прочностных и жесткостных характеристик. Применение в баллонах высокого давление таких материалов существенно может снизить массу конструкции. Задача проектирования в этом случае состоит в подборе оптимальных параметров углов намотки с учётом технологических особенностей.

В большинстве случаев баллоны высокого давления состоят из металлического лейнера и композитной оболочки, получаемой намоткой филаментов на поверхность лейнера. Последний предназначен в первую очередь в качестве формообразующей оправки и сосуда, предотвращающего попадание химически активных веществ на поверхность композиционного материала. Поэтому и процесс намотки и углы будут продиктованы в первую очередь поверхностью лейнера. В работе рассмотрению подлежит цилиндрический баллон объёмом 7 л, лейнер которого выполнен из нержавеющей стали.

Стоит заметить, что поскольку баллон воспринимает достаточно высокое значение внутреннего давления, то в определённый момент материал лейнера может испытывать существенные пластические деформации. В этом случае, при проектировании и расчётах на прочность следует учитывать реальное напряжённо-деформированное состояние конструкции. При этом в виду особенностей работы может потребоваться доработка или переработка самой геометрии конструкции. Поэтому в работе рассматриваются задачи как оптимизации и подбора углов укладки композитной оболочки, так и выработка рекомендаций по улучшению геометрии. Анализ прочности лейнера при этом выполняется исходя из величины эквивалентных напряжений по Мизесу, в то время как прочность композитной оболочки проверяется по критерию максимальных напряжений.

В качестве основных форм днищ для сосудов давления обычно применяют сферическую и изотензоидальную форму. При этом сферическая форма является более оптимальной с точки зрения распределения напряжений в металлических конструкциях, поскольку в данном случае меридиональные и окружные напряжения равны между собой. С другой стороны для сосудов с металлическим лейнером, полностью покрытым композиционным материалом изотензоидная форма будет наиболее предпочтительной в силу равенства напряжений в плоскости в двух главных направлениях.

Для создания композитной оболочки полностью покрывающую всю поверхность баллона могут быть использованы различные схемы намотки: геодезическая, полярная, радиальная, комбинированная и продольно-поперечную. Классическим видом намотки является геодезическая, при котором укладка на поверхность оправки производится по геодезическим линиям с некоторым расчётным углом укладки. Такая траектория намотки позволяет получать равнопрочные

конструкции. Кроме того, следует отметить, что в соответствии с [1], при геодезической намотке при движении от полюса к экватору баллона будет происходить непрерывное изменение толщины. При геодезической намотке будет непрерывно меняться и угол ориентации волокон. В свою очередь, для достижения необходимого угла укладки на экваторе баллона необходимо процесс намотки начинать с определённого радиуса на днище. Это приводит нас к тому факту, что сам процесс намотки для достижения заданной прочности композитной оболочки и полного покрытия материалом всей поверхности лейнера должен осуществляться по зонам. То есть должна выполняться так называемая зональная намотка.

#### Библиографический список

1. Schürmann, Helmut. Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden. Berlin: Springer, 2007. 672 c.

УДК 531.36

# ВЛИЯНИЕ ВЕТРОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА ДИНАМИКУ КОСМИЧЕСКОГО ЛИФТА

#### © Пикалов Р.С.

e-mail: pickalovrs@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В работе исследуется влияние ветровых возмущений на динамику космического лифта - механической системы, предназначенной для доставки грузов на орбиту Земли. Основные элементы лифта включают в себя: протяженный трос, противовес и подъемник, перемещающийся по тросу. Различным аспектам создания и функционирования систем лифта посвящено большое количество работ, но вопрос влияния атмосферы Земли на динамику космического лифта остается малоизученным [1-6].

Для этих целей построена математическая модель механической системы состоящей из материальных точек соединенных между собой невесомыми вязкоупругими цилиндрами [6, 7]. На конце троса расположен противовес, моделируемый как материальная точка. В модели учтено, что площадь поперечного сечения троса, а соответственно и масса каждого сегмента, будет зависеть от высоты. Площадь поперечного сечения троса выбирается так, чтобы напряжение в каждом сечении было постоянно и не превышало разрывного напряжения [5, 6]. Соответственно масса ј-ой точки троса будет равна массе соответствующего ей ј-ого сегмента троса. В модели учитывается влияние ветровых возмущений атмосферы Земли на нижние сегменты троса. Для этого сила аэродинамического давления вычисляется по следующему алгоритму: для ј-ой точки троса, сила вычисляется для ј и ј+1 полусегментов троса, которые данная точка соединяет между собой. Полусегменты рассматриваются как цилиндры, соответственно вычисляется суммарная сила аэродинамического давления, действующая на данный цилиндр, соответствующий полусегменту троса.

С помощью полученной математической модели проведена серия численных экспериментов с целью изучения влияния ветровых возмущений на колебания космического лифта. Получена зависимость площади поперечного сечения равномерно нагруженного космического лифта от высоты, учитывающая наличие ветровых возмущений.

#### Благодарность

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследование (Проект № 18-31-20058).

- 1. Aslanov V.S., Dynamics of the tethered satellite system [Текст]/ V.S. Aslanov, A.S. Ledkov // Cambridge: Woodhead Publishing Limited. 2012. p. 331.
- 2. Поляков Г.Г. Привязные спутники, космические лифты и кольца [Текст]/Г.Г. Поляков // Изд-во Астраханского педагогического университета, 1999 с. 579.

- 3. Пикалов Р.С. Исследование влияния движения подъемника на динамику неэкваториального космического лифта [Текст] / Р.С. Пикалов // Труды МАИ. 2015. № 79, С. 1-16.
- 4. Ледков А.С. Исследование влияния движения подъемника на динамику космического лифта [Текст] / А.С. Ледков, Р.С. Пикалов // Наука и образование: электронное научнотехническое издание. 2014. № 5, С. 206-215.
- 5.Pearson J., The orbital tower: a spacecraft launcher using the Earth's rotational energy [Tekct]/ J. Pearson // Acta Astronautica. 1975. Vol. 2. p.785-799.
- 6. Williams P. Dynamic multibody modeling for tethered space elevators [Tekct]/ P. Williams //Acta Astronautica. 2009. №65, P. 399-422.
- 7. Ледков А.С. Моделирование движения космического лифта при подъёме груза на орбиту [Текст] / А.С. Ледков, Р.С. Пикалов // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского университета. 2016. № 1 (8), С. 5-15.

УДК 621.45.01

# РАЗРАБОТКА СХЕМЫ СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖРД РБ

© Соколов Д.А., Баленков Д.С., Толстопятов М.И.

e-mail: dimka.sokolov.1997@mail.ru

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация

Основной целью работы является разработка принципиальной схемы стенда испытаний бустерных электронасосов, а также анализ приборов и средств измерения данных и определения рабочих характеристик насосов.

Бустерный насос является вспомогательным устройством, и его главная функция - повышение давления рабочего тела перед входом в основной насос турбонасосного агрегата. Весьма перспективной является возможность использования маломощных электродвигателей в качестве приводов бустерных насосов разгонных блоков с тягой до 30кH, например маршевый двигатель 14Д30 разгонного блока «Бриз-М» с тягой 20 кH [2].

С целью определения рабочих характеристик испытываемых электронасосов необходимо разработать принципиальную схему стенда, который включает в себя: испытываемый насос, пневмогидравлическую систему, средства измерения. Принципиальная схема стенда приведена на рисунке.

В качестве привода испытываемого насоса используется электрический двигатель с постоянной или регулируемой частотой вращения. Для испытаний бустерных насосов планируется в основном применять асинхронные бесколлекторные двигатели, обеспечивающие более экономичный энергетический режим, а также работу в погружном состоянии в жидкой среде.

Рабочей жидкостью для испытаний является чистая холодная вода, качество которой должно соответствовать требованиям, предусмотренным в отраслевой нормативно-технической документации [1].

Гидравлическая система испытательного стенда выполняется в виде замкнутого контура по схеме: расходная емкость — всасывающий трубопровод — испытываемый насос — напорный трубопровод — расходная емкость.

Расходная емкость служит тепловым аккумулятором, компенсатором температурного расширения жидкости и гасителем пульсаций потока.

Перед входом в насос устанавливается сетчатый фильтр для очистки воды от механических примесей.

Для исключения влияния стендовых трубопроводов на гидравлические характеристики электронасоса, на входе и выходе должны создаваться прямолинейные участки трубопровода. Стендовые магистрали и соединения должны быть герметичны на всех режимах работы.

В качестве регулирующих и запорных органов пневмогидравлической системы используются вентили. Регулирующие органы, используемые как дроссельные устройства, предназначены для изменения гидравлического сопротивления системы при получении рабочей характеристики [1].

При определении рабочей характеристики электронасоса измеряют и определяют следующие параметры: объемный расход рабочей жидкости, давление на входе, на выходе из насоса, скорость вращения шнека насоса, температуру воды,

вольт-амперную характеристику электродвигателя. Коэффициент полезного действия (КПД) шнека и КПД электродвигателя при проведении испытаний не определяется, т.к. определяется КПД электронасосного агрегата в целом.

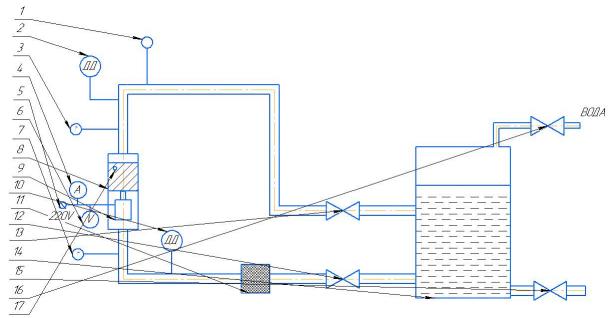


Рис. Принципиальная схема стенда для испытаний бустерных насосов: 1 - датчик расхода; 2, 10 - датчик давления; 3, 7 - датчик температуры; 4 - амперметр; 5 - источник питания; 6 - вольтметр; 8 - шнек; 9 - электродвигатель; 11 — фильтр; 12, 13, 15, 16 - вентиль; 14 - расходная емкость; 17 - датчик оборотов

При проектировании стенда испытаний планируется использование цифровых датчиков измерения давления, температуры, объемного расхода, напряжения и силы тока. Измерение скорости вращения шнека насоса осуществляется бесконтактным цифровым тахометром (фотодатчиком). Использование цифровых датчиков обусловлено малой погрешностью результатов, простотой использования.

Мощность насоса определяется аналитическим методом, за счет обработки экспериментальных данных, полученных в результате испытаний.

Спроектированная схема стенда обеспечит измерение рабочих характеристик электронасосного агрегата, что необходимо для дальнейшего анализа перспектив использования электродвигателей в качестве привода бустерного насоса.

- 1. Назаров В. П., Назарова Л. П., Краев М. В. Технология сборки и испытаний насосов жидкостных ракетных двигателей: учеб. пособие / под общ. ред. проф. М. В. Краева ; Сиб. аэрокосмич. акад. Красноярск, 1993. 102 с.
- 2. Разгонные блоки типа «Бриз» [Электронный ресурс] //Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос». URL: https://www.roscosmos.ru/450/ (дата обращения: 01.02.2019).

УДК 621.45.01

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКРИТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПОЛОГОЙ СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

# © Старкова А.А., Чернякин С.А.

e-mail: starkowa@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Исследуется закритическое поведение тонкостенной пологой сферической оболочки с заданной геометрией методом длины дуги [1]. Определена зависимость сосредоточенной осевой силы от прогиба в центре оболочки. Методом конечных элементов [2] построено численное решение задачи о закритическом состоянии оболочки при учете нелинейного поведения материала.

При рассмотрении данного случая большое значение имеет геометрия оболочки. Когда отношение величины выпуклости оболочки к ее длине H/L (рис. 1) — велико, критическая нагрузка  $P_{\rm kp}^0$ , найденная на базе линеаризованного подхода, обычно оказывается в несколько раз больше верхней критической нагрузки  $P_{\rm kp}^{\rm B}$ , определяемой из нелинейного анализа. Для нахождения нижней критической нагрузки  $P_{\rm kp}^{\rm H}$  необходимо исследовать закритическое поведение.

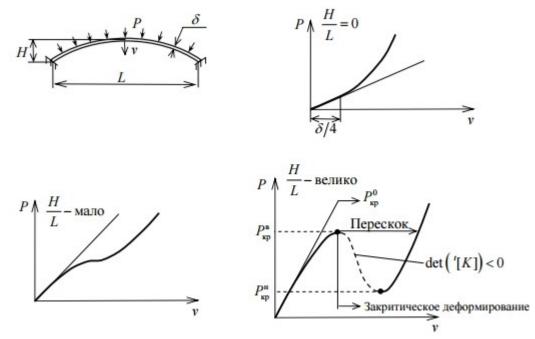


Рис. 1. Различные виды деформирования тонкой оболочки

Здесь возникает ряд вычислительных проблем, связанных с сингулярностью матрицы тангенциальной жесткости в предельных точках. Для перехода через предельные точки необходимо воспользоваться специальными приемами. Рассмотрим типичную для оболочек кривую равновесных состояний (рис. 2). Как правило, она является не однозначной по нагрузке и однозначной по перемещению, т.е. одной и той же нагрузке может соответствовать несколько равновесных конфигураций, а одному и тому же перемещению — только одно состояние равновесия. Это обстоятельство указывает на необходимость в таких ситуациях смены управляющего параметра, когда

вместо приращений нагрузки задаются приращения перемещений и вычисляются соответствующие реакции, характеризующие внешнюю нагрузку. Однако такой подход применим лишь в случае действия сосредоточенной нагрузки.

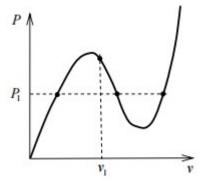


Рис. 2. Типичная для оболочек кривая равновесных состояний

Одним из универсальных приемов перехода через предельные точки является метод длины дуги (arc-length method), который в настоящее время чаще других используется в МКЭ-пакетах для исследования закритического деформирования конструкций. Он является, по сути дела, методом автоматического выбора шага по нагрузке на основе перемещений. Здесь в процессе выполнения итераций нагрузка и перемещения изменяются одновременно. В данном методе вводятся дополнительные уравнения связей, чтобы ограничить длину дуги кривой равновесных состояний (в пространстве нагрузка перемещение) некоторым предписанным значением, как показано на рисунке 3. На первом шаге длина дуги определяется исходя из полной нагрузки и заданного числа шагов (или подшагов в программе ANSYS). На каждом последующем шаге новая длина дуги вычисляется на основе длины дуги предыдущего шага и поведения решения (т.е. в зависимости от степени нелинейности).

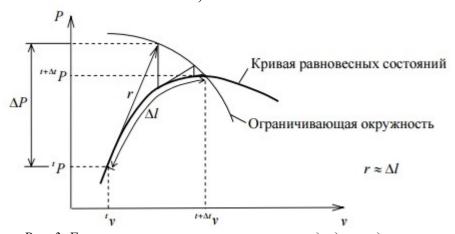


Рис. 3. Геометрическая интерпретация метода длины дуги

Результаты работы имеют прикладное значение для разработки методов расчета конструктивных элементов сферической структуры, расчета сферических оболочек малой жесткости (специальных элементов энергоустановок аэрокосмической техники).

- 1. Скворцов Ю.В. Компьютерное моделирование. [Текст]/ Ю.В. Скворцов Самара,2013.- 108 с.
- 2. Григоренко Я.М. Решение нелинейных задач теории оболочек на ЭВМ. [Текст]/ Я.М. Григоренко, А.П. Мукоед Киев: Вища школа, 1983. 286 с.

УДК 531

# ВЛИЯНИЕ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ НА ДВИЖЕНИЕ МАЯТНИКА ФУКО

# © Тараканова У.И, Авраменко А.А.

e-mail: tarakanovaul@bk.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Маятник Фуко - частный случай тросовых систем. Тросовые системы имеют широкое применение в строительстве, транспортных средствах (буксировка судов, летательных аппаратов), космонавтике. Так как силы взаимодействия одинаковы, то первым шагом для исследования тросовых систем будет изучение маятника Фуко.

Маятник Фуко - математическая модель, плоскость колебаний которого неизменна. От угловой скорости вращения Земли зависят размеры «лепестков», которые описываются грузом. Данный маятник используется для экспериментальной демонстрации суточного вращения Земли.

Французский физик и астроном Леон Фуко впервые осуществил свой эксперимент в 2 часа ночи 8 января 1851 года в погребе своего дома в Париже. Первая публичная демонстрация была осуществлена в марте 1851 года в парижском Пантеоне: под его куполом он подвесил металлический шар массой 28 кг с закреплённым на нём остриём на стальной проволоке длиной 67 м. Крепление маятника позволяло ему свободно колебаться во всех направлениях, под точкой крепления было сделано круговое ограждение диаметром 6 м, по краю ограждения была насыпана песчаная дорожка таким образом, чтобы маятник в своём движении мог при её пересечении прочерчивать на песке отметки. Чтобы избежать бокового толчка при пуске маятника, его отвели в сторону и привязали верёвкой, после чего верёвку пережгли [1].

С целью определения сил сопротивления потребуется применение третьего закона Ньютона. Такая величина, как сила сопротивления, будет численно равна силе, которую потребуется приложить с целью равномерного движения предмета по горизонтальной ровной поверхности. В условиях движения тела на высоте, на него влияет сила трения воздуха, зависимая от скорости перемещения предмета [2]. Различают два закона сил сопротивлений: квадратичный и линейный. При первом движение предмета происходит при больших скоростях ( 240-250 м/с), при втором же при малых.

В ходе работы были определены зависимости перемещений координат по времени и траектория для маятника, совершающего движение в плоскости. Расчет велся в программе Wolfram Mathematica На основе полученных результатов сделан вывод, что квадратичный закон можно представлять через линейный, что значительно облегчает решение задач динамики.

- 1. Маятник Фуко [Электронный источник]//Режим доступа: https://eadaily.com/ru/news/2018/01/08/etot-den-v-istorii-1851-god-dokazan-fakt-sutochnogo-vrashcheniya-zemli.
- 2. Силы сопротивления [Электронный источник]//Режим доступа: https://spravochnick.ru/fizika/ponyatie\_sily\_v\_fizike/sily\_soprotivleniya.

УДК 629.7

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБОРА ДВИГАТЕЛЕЙ НА СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПОТРЕБНОЙ СКОРОСТИ РАКЕТ, ЗАПУСКАЕМЫХ СПОСОБОМ ВОЗДУШНОГО СТАРТА

© Уперчук Р.А., Сачук Д.В., Старинова О.Л.

e-mail: uperchuk.roman@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Идея воздушного старта ракеты-носителя (РН) с использованием самолётаносителя (СН) привлекает внимание разработчиков ракетно-космической техники последние 30-40 лет. Разработка космических транспортных систем с использованием воздушного старта проводится в США, России, Украине, Израиле, Китае и других странах [1].

В данной работе проводится установление зависимости между выбором ракетного двигателя и составляющими потребной скорости для выведения полезной нагрузки на низкую круговую орбиту с высотой  $h=180~\kappa M$ . Запуск РН проводится с экватора, с высоты 12 км. Масса топлива составляет 0,95 полной массы ракеты; РН является одноступенчатой; начальный угол наклона траектории РН  $\phi=55^{\circ}$  и изменяется по постоянному закону до 90°. СН имеет крейсерскую скорость 0,9 M. В расчёте потребной скорости учитывается, что РН при отстыковке от СН приобретает инерционную надбавку скорости от СН, составляющую  $V_{uH}=kV_{CH}$ , где k=0,9;  $V_{CH}$  – крейсерская скорость СН [2].

Вычисление интеграла силы тяги проводилось через замену его на формулу Циолковского [2]. В связи со значительным понижением плотности воздуха и максимальной скорости ветра в стратосфере коэффициент сопротивления РН принят за константу. Ускорение свободного падения на интервале низких высот принято за константу. Вычисление интегралов аэродинамического сопротивления, гравитационной силы и потерь, возникающих на срезе сопла, проводилось путём замены переменной времени на относительную массу.

Выборка составлена из 10 двигателей отечественного и зарубежного производства. Результаты вычислений оформлены при помощи Microsoft Excel и представлены на рисунке.

		Параметры двигателя						Результаты							
		I (M/c)	ds (m)	R1 (кH)	dm (кг/с)	RO (ĸH)	т0 (кг)	Vid*10^3	n	ω*10^-5	Va*10^-4 (км/с)	Vg (ĸм/c)	Vr (ĸm/c)	ΣV (κм/c)	Vпотр (км/c)
1	КБ Химовтоматики РД-0109	3170	1,10	49,5	15,603	54,5	2420	9,496	2,296	34,62	5,593	419,299	154,498	573,7976	10069,5554
2	КБ Химовтоматики РД-0124	3522	2,4	260,37	83,56	294,3	9000	10,55	2,949	9,308	4,837	362,649	171,039	533,6885	11083,4463
3	КБ Химовтоматики РД-0110	3195	2,4	264,7	82,84	297,7	8170	9,571	3,714	10,25	3,484	261,192	135,703	396,8953	9967,65316
4	КБ Химовтоматики РД-0210	3200	1,47	575,02	179,694	588,6	11310	9,586	5,305	7,407	2,443	183,163	25,789	208,9522	9794,71005
5	Rockedyne H-1	2796	1,08	912	326,18	991	20000	8,376	50,51	41,89	0,2242	16,809	7,224	24,03302	8399,79083
6	Aerojet LR87-AJ-5	2894	1,14	956	330,339	1054	17660	8,67	6,084	4,744	1,927	144,442	7,833	152,2752	8822,033
7	КБ Химовтоматики РД-0120	4462	2,42	1920	430,3	1962	69000	13,37	2,899	1,214	6,235	467,439	29,237	496,6766	13866,4344
8	НПО Энергомаш РД-191	3309	2,1	1923	581,142	2086	46315	9,913	4,591	1,809	2,919	218,852	15,357	234,2093	10146,9671
9	Rockedyne RS-68	4022	2,438	2892	719,045	3316	134940	12,05	2,505	0,6208	6,503	487,544	15,826	503,3707	12553,1285
10	Rockedyne F-1	2943	3,76	6770	2303	7770	182300	8,816	4,289	0,4595	2,779	208,339	11,907	220,2463	9036,00409

Рис. Результаты расчётов

Результаты вычислений показали, что зависимость идеальной скорости от тяги двигателя наиболее точно описывается аппроксимационной кривой  $V_{\omega}(P) = -2 \cdot 10^4 P^2 + 1,6P + 8915$  где P — сила тяги,  $\kappa H$  [3]. Аэродинамические и гравитационные потери изменяются неоднозначно, уменьшаясь и увеличиваясь. При расчётах с учётом реальных условий аэродинамическими потерями скорости можно пренебречь ввиду их малости. Потери характеристической скорости на срезе сопла двигателя описываются аппроксимационной степенной функцией  $V_R(P) = 24203P^{-0.66}$ .

Графики зависимостей массы РН и суммарных потерь от тяги двигателя представлены на рис. 2. Данную зависимость можно представить в виде аппроксимирующей кусочной функции

$$V_{\Sigma}(P) = \begin{cases} -2 \cdot 10^{-5} P^2 - 0.6184 P + 639.43 & (0 \le P \le 1000, \kappa H) \\ 3 \cdot 10^{-9} P^3 - 7 \cdot 10^{-5} P^2 + 0.3942 P - 183.59 & (1000 \le P \le 7000, \kappa H) \end{cases}.$$

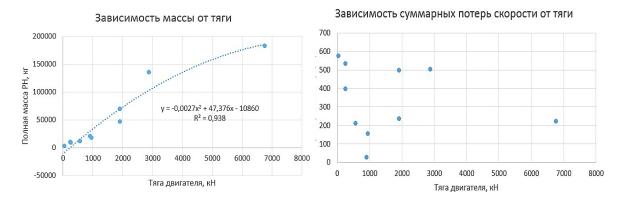


Рис. 2. Результаты обработки данных

Формулы, полученные в результате статистической обработки данных, могут быть использованы при проектировочных расчётах двигателей РН в первом приближении. Точность может быть повышена путём более детального расчёта массово-габаритных характеристик РН.

По результатам проведённого исследования получено, что наиболее выгодным в поставленной задаче является использование ракетного двигателя Rockedyne H-1, который обеспечивает наименьшую потребную скорость PH.

- 1. Сихарулидзе, Ю.Г. Баллистика летательных аппаратов [Электронный ресурс] /Ю.Г. Сихарулидзе. 2-е изд. (эл.). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 407 с.
- 2. Куренков, В.В. Основы автоматизированного проектирования [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие /В.И. Куренков, А.А. Панков, Самара: Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королёва (нац. исслед. ун-т), 2012. 236с.
- 3. Самарский, А.А. Численные методы [Текст]: учеб. пособие для вузов /Самарский А.А., Гулин А.В. М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. лит., 1989. 432 с.

УДК 531.36 + 629.782

# УПРАВЛЕНИЕ СВЯЗКОЙ БУКСИР-КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР НА ЭТАПЕ БУКСИРОВКИ

#### © Файзуллин Л.Ф.

e-mail: lenarfay@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Исследование и освоение космического пространства — одно из самых перспективных направлений научной деятельности. В 21 веке развитие этой отрасли идёт стремительными темпами. Вместе с тем, активное освоение космического пространства создает разного рода проблемы, одной из которых является засорение околоземного пространства космическим мусором. Под космическим мусором подразумеваются непригодные для дальнейшей эксплуатации, неуправляемые искусственные объекты, находящиеся на орбите Земли. Размеры таких объектов могут колебаться от нескольких миллиметров до нескольких метров в диаметре. Существует множество способов увода космического мусора [1, 2]. В данной работе рассмотрен способ увода мусора посредством буксировки на гибком тросе. Необходимо отметить, что при захвате такого космического объекта при помощи гибкой сцепки могут возникать проблемы различного характера: всевозможные колебания мусора, порождаемые гибкостью используемой связи, высокие угловые скорости вращения захватываемого объекта, разрыв связи.

В данной работе рассмотрен способ решения задачи буксировки объекта космического мусора на гибкой связи. Для этих целей построена математическая модель системы, состоящей из буксира (A) и буксируемого объекта космического мусора (B). Буксир считается материальной точкой, мусор — твердым телом. В работе рассматриваются колебания длины троса 1, а также колебания угла  $\phi$ . Система находиться в бессиловом поле. Силы, посредством которых осуществляется управление, представлены силами тяги двигателей буксира  $F_1$ ,  $F_2$  и  $F_3$  (см. рис.).

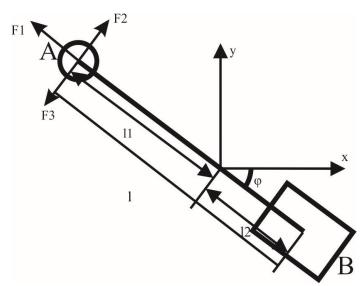


Рис. Схема системы

С помощью разработанной математической модели была проведена серия вычислительных экспериментов с целью исследования движение связки буксир-космический мусор на этапе буксировки объекта и получен закон оптимального управления системой.

- 1. Асланов, В. С. Выбор параметров системы увода космического мусора с упругими элементами посредством тросовой буксировки [Текст]/ В.С. Асланов, В. В Юдинцев // Труды МАИ. 2018. №1, С. 7-17.
- 2. Пикалов, Р. С. Обзор и выбор средств увода крупногабаритного космического мусора [Текст]/ Р. С. Пикалов, В. В Юдинцев // Труды МАИ. 2018. №100.

### Секция 2

Перспективные материалы и технологии изготовления изделий ракетно-космической техники

UDC 621.57

### PROCESSUS DE SÉPARATION DES GAZ LÉGERS SUR LES TAMIS MOLÉCULAIRES DE CARBON

© Chtcherbakov V.V., Mercoulova L.P.

e-mail: shcherbakov.bacs@mail.ru

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

Les tamis moléculaires de carbone sont des matériaux pour l'industrie du gaz. Ils sont composés d'atomes de carbone qui sont combinés en mailles de différentes dimension. Ces mailles donnent l'effet du tamis moléculaire. Cet effet produit la séparation des mélanges de gaz[1]. Beaucoup de tamis moléculaires de carbone sont de la production étrangère. Ils sont très chère.

Le travail consiste à évaluer les matériaux nationaux, à les tester et à les moderniser. Pour ce but, on a analysé beaucoup de matériaux et on a fait la conclusion, que la plu part des adsorbants ne peuvent pas aider à résoudre ce problème. Mais après un grand travail de recherches, on a décidé d'utiliser les tamis moléculaires de carbone de la production SARL "Sorbants de Kuzbass"[2].

Pour les expériences, on a fabriqué une colonne de micro-amorçage chromatographique remplie des tamis moléculaires de carbone. On a utilisé la méthode de l'expérience la chromatographie en phase gazeuse. Les expériences ont été faites sur le chromatographe DANI MASTER GC avec un détecteur de conductivité thermique fabriqué par SRL STF "BACS".

L'expérience, a montré que sur les tamis moléculaires en carbone fabriqués par SARL "Sorbants de Kuzbass", l'hélium et l'hydrogène ont une faible séparation en comparant avec les adsorbants etrangers. L'air est élué par un pic, la zone de sortie de monoxyde de carbone est très floue et ne peut pas être détectée, et le dioxyde de carbone ne sort pas de la surface de l'adsorbant.

Les problèmes de détection du monoxyde de carbone et du dioxyde de carbone sont liés à la présence des centres alcalins actifs. Les résultats de l'étude des tamis moléculaires de carbone ont permis de conclure, que ces matièriaux passent bien pour notre travail. Mais ils ont quelque inconvénients: la fragilité et l'impossibilité d'analyse de gaz acide.

Le pas suivant a été moderniser les tamis moléculaires de carbone pour éviter ces inconvénients. On a essayé plusieurs methodes par les modifier. La modification par acides a été la plus réussie. En utilisant des acides forts, l'adsorbant a été detruit. L'utilisation d'acides moyens a conduit à la destruction du matériaux. Après avoir utilisé des acides faibles avec le refroidissement des tamis moléculaires de carbone, un nouveau matériau a été formé. Le rendement pratique était 58% de mass.

Après la modification, l'effet de tamis moléculaire a été testé sur la séparation de l'hélium et de l'hydrogène. Le résultat de leur éluation est resté le même qu'avant la modification, par conséquent, ont peut parler de nouveau matériau est les tamis moléculaires de carbone. L'air a été représenté par un pic, comme avant la modification. Pour le present il est possible de détecter le monoxyde de carbone et le dioxyde de carbone.

En conclusion on peut dire que les centres alcalins ont été supprimés. Donc, on a trouvé la méthode de la modification, après quoi le matériau est devenu plus dure. On a ouvert la possibilité d'analyse des gaz légers sur les tamis moléculaires de carbone de la production de la société "Sorbants de Kuzbass".

#### References

- 1. J. Alcaniz-Monge, J.P. Marco-Lozar, M.A. Lillo-Ródenas CO2 separation by carbon molecular sieve monoliths prepared from nitrated coal tar pitch // Fuel. Energy Abstracts. 2011. V. 92. P.915-919.
  - 2. А.В. Бервено, В.П. Бервено // Ползуновский вестник. №3. 2009. С. 189-192.

УДК 629.78.05

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ СТРУКТУРЫ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА ПО ЗАДАННЫМ ПАРАМЕТРАМ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОБТЯЖКОЙ (РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ)

### © В.О. Агафонова, Ф.В. Гречников

e-mail: estsolidvi@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Разработан вариант теории пластичности, в основные уравнения которого впервые введены такие параметры строения материалов, как упругие константы кристаллической решетки и ориентационные факторы текстуры. Эти уравнения, также, как и классические, позволяют решать прямую задачу, т.е. определять напряженно-деформированное состояние, усилие и предельную степень деформации в процессе обработки давлением, но уже с учетом сформированной в заготовке кристаллографии структуры [1,2].

Однако имеется возможность решения обратной задачи, т.е. полученные уравнения позволяют по заданным параметрам процесса формообразования обтяжкой листового материала 1163 определить расчетным путем оптимальную кристаллографическую ориентацию структуры материала, а в конечном итоге создать расчетную модель для состава компонент текстуры идеального листового материала типа 1163. Такой листовой материал практически адаптирован для процесса формообразования обтяжкой.

В результате будут учитываться не только механические и деформационные свойства листового материала, но и их направленность, что повысит эффективность использования данного листового материала. Однако для этого необходимо создать условия симметричной обтяжки, которые предусматривают, прежде всего, соответствие текстурных осей симметрии свойств листовой заготовки и линий кривизн, пересекающихся в полюсе поверхности обтяжного пуансона, а также местоположение вертикальной плоскости симметрии обтяжного пресса, которая пройдет через данный полюс поверхности обтяжного пуансона и середину центрального зажима листовой заготовки обтяжного пресса [3,4].

Вполне вероятно, что увеличится предельный коэффициент обтяжки, уменьшится разнотолщинность стенки детали обшивки, ее чрезмерное утонение и вероятность локализованных разрывов, что не допустимо при изготовлении изделий авиационной техники. Поэтому использование лабораторного обтяжного оборудования с программным управлением обеспечит «чистое» формообразование без избыточного деформирования при выполнении технологических проб для оценки степени формообразования новых анизотропных листовых материалов, их устойчивости и предельного формоизменения при условии реализации симметричной обтяжки.

- 1. Гречников Ф.В. Деформирование анизотропных материалов / Ф.В. Гречников М.: Машиностроение, 1998. 448 с.
- 2. Гречников Ф.В. Проектирование оптимальной кристаллографии структуры конструкционных материалов [Текст] / Ф.В. Гречников, В.Ю. Арышенский, Я.А. Ерисов // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. Т. 20. №4 . С.5-12.
- 3. Михеев, В.А. Изометрические условия при формообразовании обтяжкой оболочки двойной кривизны минимальной разнотолщинности. [Текст] / В.А. Михеев, С.Г. Дементьев, В.П. Самохвалов, Д.В. Савин, С.В. Сурудин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. №6-1. С. 161-166.
- 4. Михеев В.А., Сурудин С.В. Основы расчета процесса формообразования обтяжкой тонких оболочек двойной кривизны // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. Т. 19. №1 (3). С. 555-562.

УДК 621.771.02

## ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ НА ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ВЫБОР ПРОХОДОВ ПРОКАТКИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА НА ПРИМЕРЕ АЛЮМИНИЙ-ЛИТИЕВОГО СПЛАВА (1420)

© Агафонова Д.В., Михеев В.А.

e-mail: Dafna\_Agafonova@mail.ru

Самарский национально-исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

На сегодняшний день, как и во всей истории развития самолетостроения, крайне актуальной остаётся проблема снижения веса самолёта и увеличение полезной нагрузки для повышения рентабельности. Настоящую революцию в этой области провели алюминий-литиевые сплавы[2].

Сплавы системы Al–Li-Mg достаточно широко применяются в аэрокосмической технике и имеют широкие перспективы для развития их использования в гражданской и военной авиации, но они относятся к стареющим системам и отличаются сложностью фазовых и структурных превращений в процессе прокатки листового материала и термообработки. Кроме того, нет окончательно сформированных физических представлений об особенностях их строения в связи с возможным формированием квазикристаллического порядка и периодического преобразования структуры. Вместе с тем, для сплавов этой системы характерна повышенная чувствительность механических свойств к комплексу микроструктурных параметров, включающих размеры, морфологию, кристаллическую ориентацию[1].

Научное исследование базируется на положениях теории температурного анализа процессов деформирования лёгких металлов и сплавов, которые всегда сопровождаются тепловыми эффектами. Они позволяли изучать физико-химические процессы, протекающие в материале по выделяющемуся или поглощенному теплу, регистрируемому на диаграммах.

Предлагается метод комплексного анализа, образованный совмещением двух принципиально различных способов измерений: дифференциальный термический анализ ДТА и изотемпературное дискретное сканирование ИДС. Комплексный метод позволяет рассматривать процессы превращений вещества в материале по стадиям относительно оси температур, с определением их по данным изменения объема образца, и его можно применять при разработке состава веществ материала с параллельным исследованием динамики свойств и определением условий эксплуатации материала в различных кластерных композициях. В комплексном методе анализа все способы имеют общие принципы, если их рассматривать взаимосвязано относительно температуры. Изотемпературное дискретное сканирование ИДС служит для построения распределений плотности и температур в объёме образца. Дифференциальный термический анализ ДТА предназначен для исследования тонких тепловых эффектов, сопровождающих химические реакции при программном воздействии температуры. Исследование проводится помощью термоаналитического компьютерным управлением.

Прибор последовательно обрабатывает данные ДТА и ИДС образца, контролируя температуру когерентного совмещения веществ в момент образования структурно–кластерных единиц в межкристаллитных, межфазовых и антифазовых границах. Уменьшение их толщины до наноразмерного уровня регистрируется прибором. Приборное устройство можно применять при разработке состава веществ

нового конструкционного материала с параллельным исследованием динамики теплофизических свойств и определением условий эксплуатации материала.

Для исследования были выбраны и предварительно вырезаны образцы шириной 30 мм и длиной 50 мм в количестве 28 штук толщиной 1,8 мм для последующей холодной прокатки на лабораторном прокатном стане КВАРТО К220–75/300. Также предварительно вырезаны образцы толщиной 4,8 мм, и подготовлены образцы из горячекатаного листа сплава системы Al - Mg - Li толщиной 7,3 мм.

Процесс прокатки образцов из сплава 1420 толщиной 1,8 мм методом ИДС показывает явную периодичность зависимости усилия прокатки и микротвердости образцов от их температуры ИДС, которые хорошо согласуются с периодичностью относительно стационарных температур ( $T_{\pi}$ ). Некоторые значения стационарных температур попали в температурный ряд индивидуального нагрева каждого образца по режиму метода ИДС, например: 171,5; 514,5 °C.

Процесс прокатки образцов из сплава 1420 толщиной 4,8 мм позволил установить явную периодичность зависимости усилия прокатки образцов от их температуры ИДС, которые хорошо согласуются с периодичностью относительно ряда стационарных температур ( $T_{\pi}$ ). Некоторые значения стационарных температур также попали в температурный ряд индивидуального нагрева каждого образца по режиму метода ИДС, например: для образцов толщиной 1,8 мм: 171,5; 514,5°C; для образцов толщиной 4,8 мм: 514,5; 857,5 °C.

В результате при прокатке образцов горячекатаной заготовки сплава системы A1 - Mg - Li толщиной 7,3 мм были получены образцы толщиной 0,5 мм с предварительным  $525^{0}$ С ИДС нагревом и временной выдержке 15 минут и с двумя промежуточными  $525^{0}$ С ИДС нагревами и временной выдержке 15 минут и 30 минут.

- 1. Фридляндер, И.Н. Создание, исследование и применение алюминиевых сплавов: Избранные труды к 100-летию со дня рождения / И.Н. Фридляндер; Под общей ред. Академика РАН Е.Н. Каблова; сост. В.В. Антипов, О.г. Сенаторова, А.П. Петрова. ФГУП ВИАМ. –М.: Наука, 2013. -291 с.
- 2. Фридляндер, И.Н. Алюминиевые сплавы. Промышленные деформируемые, спеченные и литейные алюминиевые сплавы: Справочное руководство [Текст] / И.Н. Фридляндер. М.: Металлургия, 1972. 552 с.

УДК 629.78

### ПРИМЕНЕНИЕ PAM-STAMP 2G ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ГОФРИРОВАННЫХ ОБОЛОЧЕК

### © Батурин А.П., Петров И.Н., Ерисов Я.А.

e-mail:alexey.baturin89@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В данной работе приведены результаты моделирования процесса формообразования поперечно-гофрированных оболочек (сильфонов). Для моделирования процесса использовалась программа PAM-Stamp 2G [1].

Формообразование гофров моделировалось из трубной заготовки (Ø80 x 0,85 мм, коррозионностойкая сталь 12X18H10T) групповым и последовательным методами.

При групповом методе под давлением эластичной среды труба деформируется по форме матрицы. При этом формируется заданное количество гофров (рис. 1a).

При последовательном методе формообразование гофров производится поочередно, один за другим (рис. 1б).

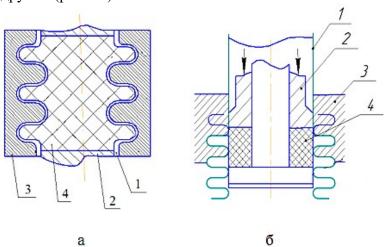


Рис. 1. Схема группового (а) и последовательного (б) формообразования поперечно-гофрированных оболочек: 1 – заготовка; 2 – пуансон; 3 – матрица; 4 – эластичная среда

Для построения сетки конечных элементов выбрали оболочечные элементы. Коэффициент трения между заготовкой и матрицей принимали равным 0,12; между эластичной средой и инструментом -0,45 [2].

Для описания поведения эластичной среды, изготовленной из полиуретана СКУ-7Л, использовалась модель Муни-Ривлина, однозначно характеризующая значение плотности энергии объёмной деформации полиуретана.

Первым моделировался групповой процесс. С целью сокращения времени расчетов, моделировалась 1/8 часть трубы в плане, поделенная пополам. Результаты расчета показали, что при групповом формообразовании гофров происходит разрушение заготовки, вследствие недопустимого утонения материала в вершине гофра (более 20%). Таким образом, групповое формообразование поперечных гофров в данном случае не возможно.

В последовательном процессе, при образовании второго и последующих гофров, необходимо фиксировать уже отформованные гофры дополнительным объемом

эластичной среды, для того, чтобы избежать перемещения металла в область формообразуемого гофра и искажения размеров предыдущего. Для получения первого гофра использовалась эластичная среда высотой 67 мм, последующие гофры формировались при помощи блока высотой 134 мм. При моделировании было выявлено, что эластичная среда имеет избыточную высоту, приводящую к интенсивному осевому смещению заготовки в очаг деформации и как следствие, к образованию складки (рис. 2а).

На следующем этапе также моделировали формообразование второго гофра, но уже без фиксации эластичной средой отформованного (высота эластичной среды 67 мм). При такой схеме процесса, осевое смещение верхней части трубной заготовки в очаг деформации идет менее интенсивно и не приводит к образованию складки. Установлено, что размеры предыдущего гофра изменяются незначительно и находятся в допуске. Однако, было установлено, что гофры недоформовываются (рис. 2б) по причине нехватки объема эластичной среды. Для устранения данного дефекта была увеличена высота эластичной среды на 1 мм. Что позволило получить гофры с заданной точностью.

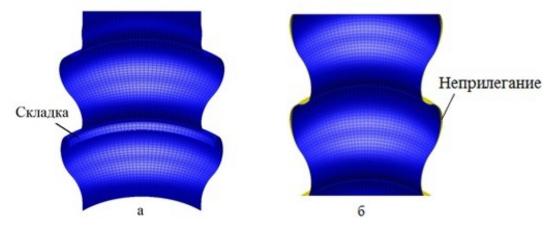


Рис. 2. Возможные дефекты при последовательном формообразовании: а – складка; б – неприлегание

Кроме того, при моделировании было выявлено, что после формообразования шестого гофра, оставшейся длины трубной заготовки не хватает на формовку последнего седьмого гофра. После увеличения длины заготовки с 422 мм до 460 мм было получено изделие требуемой длины.

Так же были определены энергосиловые параметры процесса. Потребное усилие для сжатия эластичной среды и формообразования одного гофра, составляет 400кH.

Таким образом, компьютерное моделирование позволило уточнить размеры заготовки и эластичной среды для формообразования поперечных гофров. При этом наблюдаемые значения утонения, интенсивности напряжений и деформаций не выходят за пределы допустимого.

- 1. Ерисов, Я. А. Применение программного комплекса PAM-STAMP 2G в моделировании процессов штамповки элементов летательных аппаратов [Текст]: учебное пособие для вузов/Я. А. Ерисов: СГАУ, 2012.-77с.
- 2. Комаров А. Д. Методические указания по проектированию технологической оснастки для штамповки деталей из листовых материалов эластичной средой: технологические рекомендации. –издательство стандартов Москва— 1978. 68с.

УДК 621.762.2 + 536.46

## СВС КЕРАМИЧЕСКИХ НИТРИДНО-КАРБИДНЫХ НАНОПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ SI₃N₄-TIC И ALN-SIC С ПРИМЕНЕНИЕМ АЗИДА НАТРИЯ И ГАЛОИДНЫХ СОЛЕЙ

### © Белова Г.С., Титова Ю.В.

e-mail: galya.belova.94@mail.ru

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация

Порошки нитридно-карбидных композиций  $Si_3N_4$ -TiC и AlN-SiC могут быть использованы для спекания соответствующих композиционных керамических наноструктурных материалов с лучшими свойствами, меньшей хрупкостью, хорошей обрабатываемостью, меньшими температурами при спекании по сравнению с однофазными керамическими материалами из нитридов или карбидов.

В настоящее время ведутся исследования по возможности создания технологии производства нанокомпозиционных керамических материалов разными способами получения. Технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с применением неорганических азидов (СВС-Аз) для получения керамических нитридно-карбидных нанопорошков является энергосберегающей, обладает высокой экономической эффективностью: затраты на производство целевых нитридов низки, а их чистота значительно выше, чем при использовании известных традиционных технологий [1].

Таким образом, разработка нового метода получения нанопорошковых нитридно-карбидных композиций  $Si_3N_4$ -TiC и AlN-SiC является актуальной задачей при разработке новых конструкционных материалов.

Целью данной работы является исследование возможности получения нитриднокарбидных нанопорошковых композиций Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-TiC и AlN-SiC по технологии CBC-A<sub>3</sub> с использованием в качестве прекурсоров азотируемых элементов их галоидных солей.

Для получения нанопорошковых нитридно-карбидных композиций AIN-SiC и  $Si_3N_4$ -TiC были выбраны следующие химические уравнения:

$$\begin{array}{lll} Si + 4Al + NaN_3 + NH_4Cl + C = SiC + 4AlN + NaCl + 2H_2; & (1) \\ 10Si + 4Al + NaN_3 + NH_4Cl + 10C = 10SiC + 4AlN + NaCl + 2H_2; & (2) \\ Si + 20Al + 6NaN_3 + (NH_4)_2SiF_6 + 2C = 2SiC + 20AlN + 6NaF + 4H_2; & (3) \\ 18Si + 20Al + 6NaN_3 + (NH_4)_2SiF_6 + 19C = 19SiC + 20AlN + 6NaF + 4H_2; & (4) \\ 15Si + 6NaN_3 + (NH_4)_2TiF_6 + C = 5Si_3N_4 + TiC + 6NaF + 4H_2; & (5) \\ 15Si + 6NaN_3 + (NH_4)_2TiF_6 + 10C + 9Ti = 5Si_3N_4 + 10TiC + 6NaF + 4H_2; & (6) \\ 8Si + 4NaN_3 + Na_2SiF_6 + C + Ti = 3Si_3N_4 + TiC + 6NaF; & (7) \end{array}$$

(8)

Исследование возможности синтеза композиций  $Si_3N_4$ -TiC и AlN-SiC по азидной технологии CBC проводилось при следующих технологических параметрах: диаметр образца — 30 мм (высота образца всегда соответствовала 1,5 диаметра); давление азота, закачиваемого в реактор, составляло 2 и 4 МПа; относительная плотность исходных шихт — 0,35-0,42 (насыпная); размер частиц исходных компонентов — менее 40 мкм. Технологический процесс получения порошков по азидной технологии CBC в условиях

 $8Si + 4NaN_3 + Na_2SiF_6 + 10C + 10Ti = 3Si_3N_4 + 10TiC + 6NaF.$ 

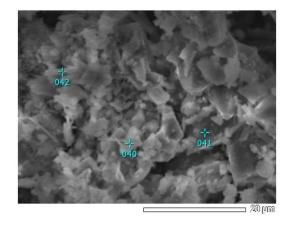
лабораторного реактора СВС-Аз объемом 4,5 л подробно описан в работе [2]. Некоторые параметры экспериментального исследования представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы, давление в реакторе в каждой реакции возрастает, что свидетельствует о прохождении химической экзотермической реакции. Значение кислотно-щелочного баланса во всех реакциях составило 9-10 PH, что соответствует щелочной среде, следовательно, весь натрий связан в побочном продукте NaF и NaCl, который легко растворяется в воде. Далее синтезированные порошки измельчали, просеивали и проводили операцию промывки, которая заключалась в разбавлении порошков дистиллированной водой в соотношении 1:10 при комнатной температуре, взмучивании полученной суспензии, последующей фильтрации на вакуум-воронке. Далее промытый порошок просушивался в вакуум-сушильном шкафу до постоянного веса.

№	Macca	Macca	Давление азота,	Максимальный	PH
реакции	исходной	сгоревшего	закачиваемого	скачок давления	
	смеси, г	образца, г	в реактор, МПа	в реакторе после	
				инициирования	
				реакции, МПа	
1	26,63	15,69	2	2,27	10
2	27,09	17,24	4	4,52	10
3	27,51	16,54	2	2,03	10
4	28,44	14,57	4	5,62	10
5	28,52	14,18	4	5,93	10
6	28,47	19,20	4	5,45	10
7	29,09	19,01	4	5,43	9
8	27,73	22,54	4	5,23	10
9	29,08	22,50	4	5,53	10
10	29,05	28,79	4	5,02	10
11	30,18	30,46	4	4,35	9
12	31,32	29,71	4	5,41	9

Таблица. Параметры экспериментальных исследований

На рисунке представлены результаты энергодисперсионного анализа образца, синтезированного из смеси  $(18Si + 20Al + 6NaN_3 + (NH_4)_2SiF_6 + 19C)$ ».



Номер	I	Массовая доля, %		
маркера	N	C	Al	Si
041	1,23	21,27	47,09	11,18
042	24,34	-	61.69	6,64
043	17,23	-	56,86	13,76

Рис. Результаты элементного анализа образца, синтезированного из смеси « $18Si+20Al+6NaN_3+(NH_4)_2SiF_6+19C$ »

Таким образом, показана возможность использования технологии CBC-A3 для получения нанопорошковых нитридно-карбидных композиций  $Si_3N_4$ -TiC и AlN-SiC.

- 1. Амосов, А.П. Азидная технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза микро- и нанопорошков нитридов [Текст]: монография / А.П. Амосов, Г.В. Бичуров. М.: Машиностроение-1, 2007.-526 с.
- 2. Бичуров, Г.В. Азидная технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза микро- и нанопорошков нитридных композиций [Текст]. / Г.В. Бичуров, Л.А. Шиганова, Ю.В. Титова. М: Машиностроение, 2012. 519c.

УДК 681.2

## ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ И ДЕФОРМИРУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ В ЛИСТОШТАМПОВОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ С СИЛОПРИВОДОМ ИЗ МАТЕРИАЛА С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

### © Бикбаев Р.М., Алехина В.К., Глущенков В.А.

e-mail: BikbaevRM@ya.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Материалы с памятью формы нашли применение в медицине, в космосе и разного рода исполнительных механизмах, но, как правило, одноразового действия. Феноменальные свойства сплавов, обладающих эффектом памяти формы, можно использовать в качестве многоразовых силовых элементов технологического оборудования, оснастки, инструментов и приспособлений.

Одна из главных задач современного производства — энергосбережение и создание более современных методов преобразования энергии для рабочего их использования в технологии машиностроения. В рамках решения данной задачи, предлагается использовать тепловую энергию структурных мартенситно-аустенитных превращений в металле для создания необходимых усилий и перемещений. Это превращение используются в, так называемых металлах с «памятью формы». Именно в них, при направленной перестройке кристаллической решётки и возникают необходимые, в созданном на их основе силоприводе, напряжения и деформации [1-3].

Из всех сплавов с «памятью формы» наибольшее распространение получил сплав Ті и Ni (никелид титана). Созданные на его основе стержневые силоприводы, как правило, одноразовые, применяются в качестве отделяющих, регулирующих, закрепляющих, перемещающих элементов [4-5]. Предлагается использовать силоприводы из материала с памятью формы как многоцикловые элементы в различного рода деформирующих устройствах (прессах; приборах твердости и др.) (рис. 1).

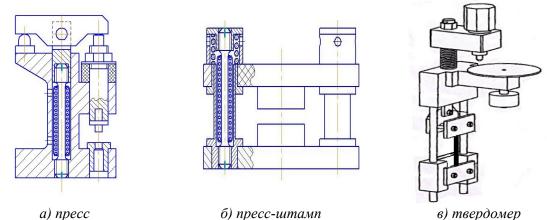


Рис. 1. Примеры деформирующих устройств со стержневым силоприводом из материала с памятью формы

Предложена новая конструкция многозвенного силопривода, состоящего из нескольких термически тонких силовых элементов [6].

Идея такого технического решения в суммировании усилий, развиваемых каждым силовым элементом. Проведенные эксперименты подтвердили факт суммирования усилий, создаваемых каждой проволокой, в единую силовую характеристику силопривода.

Используя полученные по результатам испытания параметры силопривода, был спроектирован, изготовлен и опробован в работе лабораторный образец пресса, предназначенный для вырубки-пробивки деталей из тонколистового материала. Внешний вид такого пресса показан на рис. 2.



Рис. 2. Пресс с многозвенным силоприводом

Пресс состоит из двух блоков: силового и блока, обеспечивающего процессы нагрева до 100°С и охлаждения до 20°С с элементами их автоматизации.

- 1. Хусаинов, М.А. Механическое поведение сплавов с памятью формы и их использование в технике / В.А. Андреев, А.Б. Афанасьев // Вестник Новгородского государственного университета.— 2005. No30. С. 1–11.
- 2. Пушин, В.Г. Сплавы никелида титана с памятью формы. Ч. І. Структура, фазовые превращения и свойства// С.Д. Прокошкин, Р.З. Валиев. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 440 с.
- 3. Корнилов, И.И. Никелид титана и другие сплавы с эффектом «памяти» / И.И. Корнилов, О.К. Белоусов, Е.В. Качур. М.: Наука, 1977. С. 161.
- 4. Тихонов, А.С. Применение эффекта памяти формы в современном машиностроении / А.С. Тихонов. Москва: Машиностроение, 1981. 76 с.
- 5. Глущенков, В.А. Пресс с силоприводом из сплава с памятью формы / В.А. Глущенков, Е.С. Феоктистов. Кузнечное штамповочное производство.— 1966.— S4.— С. 21–22.
- 6. Алехина, В.К. Многозвенные силоприводы из материала с памятью формы и их характеристики / В.К. Алехина, В.А. Глущенков // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. Т. 19. No 1 (3). С. 483–488.

УДК 621.762

### **АРМИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ЛИГАТУРАМИ CU-(ALN+5%NA<sub>3</sub>ALF<sub>6</sub>)**

### © Волонова А.Е., Тихонова А.Ю., Кузина А.А.

e-mail: volonova00@bk.ru, anna.klyarner.1916@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В изделиях современной техники широко используются алюминий и его сплавы, обладающие низким удельным весом, высокими пластическими свойствами, технологичностью и коррозионной стойкостью. Поэтому такие материалы до сих пор остаются наиболее перспективными в качестве матриц дискретно армированных композитов [1].

Подбором состава, изменением соотношения компонентов и вариаций методов изготовления можно достичь направленного изменения механических и других характеристик при создании композиционных материалов. Ввод в алюминиевые сплавы высокопрочных дисперсных частиц обеспечивает увеличение удельной прочности и жесткости, а также высокую демпфирующую способность и износостойкость при сохранении высоких электро- и теплопроводности и малого удельного веса. Так, например, применение композитов на алюминиевой основе, армированных частицами карбида кремния, позволяет уменьшить массу деталей и элементов конструкций на 15...50%, в 1,5...2 раза повысить их жесткость и усталостные характеристики, обеспечивая при этом увеличение конструкционной надежности [2-4].

Таким образом, целью данной работы было исследование возможности ввода смеси нанопорошков армирующей фазы (AlN+5%Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>) в составе лигатуры в алюминиевый расплав A7 и AK12.

В качестве материала — носителя лигатуры был выбран порошок электролитической меди, используемой в качестве легирующего компонента для алюминиевых сплавов. А в качестве дисперсного модифицирующего порошка использовалась композиция порошков нитрида алюминия (AlN) и гексафторалюмината натрия (Na<sub>3</sub>AlF  $_6$ ) - 5%, полученных по азидной технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, с размерами частиц до 100 нм [5]. Криолит Na<sub>3</sub>AlF  $_6$  является типичным флюсом для рафинирования и модифицирования расплавов алюминиевых сплавов и может способствовать введению керамических микро- и нанопорошков в расплав алюминия [6].

Ввод армирующей фазы (AlN+5%Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>) в алюминиевый расплав проводился в печи типа GRAFICARBO в стальном тигле объемом до 0,2 кг. Температура расплава изменялась от 850 до  $1050^{\circ}$ С. Равномерное распределение дисперсной фазы (AlN+5%Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>) в алюминиевом расплаве обеспечивалось с помощью перемешивания. Перемешивание расплавов в процессе плавки проводилось вручную при помощи стального прутка диаметром 10 мм. Необходимое число оборотов мешалки составило 30...60. В ходе проведения экспериментов было установлено, что оптимальная температура ввода порошковой лигатуры  $Cu-2,5\%(AlN+5\%Na_3AlF_6)-900^{\circ}$ С. Изменение температуры расплава от  $850^{\circ}$ С до  $1050^{\circ}$ С при вводе порошковой лигатуры  $Cu-5\%(AlN+5\%Na_3AlF_6)$  существенного влияния на растворимость этой лигатуры не оказало. В полученных образцах с материалом — основой AK12 твердость

изменялась по шкале HB в пределах от 55 до 65 МПа. В литых образцах с материалом – основой A7 твердость изменялась в пределах от 25 до 28 МПа.

Таким образом, максимальная растворимость дисперсной фазы  $(AlN+5\%Na_3AlF_6)$  наблюдается при вводе в алюминиевые сплавы AK12 и A7 порошковых лигатур  $Cu-2,5\%(AlN+5\%Na_3AlF_6)$ .

- 1. Кузина А.А., Титова Ю.В. Получение нанопорошковых псевдолигатур CU-ALN для модифицирования алюминиевых сплавов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2017. №4(56). С. 166 174.
- 2. Чернышова Т.А., Кобелева Л.И., Болотова Л.К. Дискретно армированные композиционные материалы с матрицами из алюминиевых сплавов и их трибологические свойства // Металлы. 2001. №6. С. 85 98.
- 3. Михеев Р.С., Чернышова Т.А. Дискретно-армированные композиционные материалы системы Al-TiC (обзор) // Заготовительные производства в машиностроении. 2008. №11. С. 44 53.
- 4. Курганова Ю.А., Фетисов Г.П., Гаврилов Г.Н. Композиционные материалы в авиации и их прогнозирование // Технология металлов. 2015. №1. С. 22 25.
- 5. Самораспростряняющийся высокотемпературный синтез наноструктурированного порошка нитрида алюминия с использованием фторида алюминия и азида натрия / Г.В. Бичуров, Д.А. Майдан, Л.А. Кондратьева, Ю.В. Титова // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2012. №3. С. 25 29.
- 6. Кузина А.А. Получение нанопорошковых псевдолигатур Cu-(SiC+Si $_3$ N $_4$ ) для модифицирования и армирования алюминиевых сплавов // Изв. вузов. Цвет. металлургия. 2016. №5. С. 78 84.

УДК 55.13.17

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРЕПЕЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ 3D ПЕЧАТИ ПОЛИМЕРОМ С АРМИРОВАННЫМ ВОЛОКНОМ

© Воронов В.А., Семенов А.Н.

e-mail: voronov vladislav@icloud.com, fat@rsatu.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Современный авиационный газотурбинный двигатель (ГТД) это сложнейшая система взаимосвязанных элементов конструкции, влияющих друг на друга. При создании конкурентоспособного ГТД к важнейшим характеристикам двигателя, в первую очередь, относится его экономичность и удельный вес. В настоящее время активно развиваются аддитивные технологии (АТ), позволяющие изготавливать сложные изделия, которые до настоящего времени было невозможно получить традиционным методом. Исследование по уменьшению массогабаритных характеристик крепежных элементов ГТД на основе АТ является актуальной задачей.

Аддитивные технологии предполагают изготовление физического объекта методом послойного нанесения материала, а не за счет удаления материала из массы заготовки. К достоинствам АТ относится возможность быстрого цикла изготовления, так как все стадии реализации проекта от идеи до материализации находятся в «дружественной» среде, в единой технологической цепи, в которой каждая технологическая операция также выполняется в цифровой CAD/CAM/CAE- системе [1]. В промышленности лидирующую позицию занимает печать из металла, что связанно с высокими прочностными характеристиками, остальные технологии, в том числе и технология печати полимером на данный момент годится только для получения прототипов.

Решить данную проблему можно путем использования высокотемпературных полимеров, армированным волокном, что позволит получить совершенно новый подход к изготовлению авиационных деталей. На рисунке представлены детали, проработанные под 3D печать полимером с непрерывно армированным волокном.







Рис. Крепежные элементы, которые можно изготовить 3D печатью

Для реализации этой технологии необходим 3D принтер с технологией послойного наложения нитевидных полимеров, где будет использоваться высокотемпературный экструдер (до 500 C), который позволит использовать такие

материалы как Ultem, PEEK. Армирование в 3D печати позволит повысить прочностные характеристики изделия в разы, так как углеволокно обладает высокими прочностными свойствами.

Прочность при растяжении поперек волокон у конструкционного углепластика составляет порядка 50 МПа, модуль упругости — 10 ГПа, но при растяжении вдоль направления армирования около 2500 МПа, что на порядок больше, чем у хаотически армированного композита, в разы больше чем у дюраля, титана и любой закаленной мартенситной стали. Модуль упругости при растяжении вдоль направления армирования 150 ГПа. Детали, полученные новой технологией, могут быть успешно использованы, взамен деталей, полученных традиционным способом.

### Библиографический список

1. М.А. Зеленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров. М: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. - 220 с.

УДК 621.791.725

### ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕР ГИБРИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

© Гараев Р.Р., Курынцев С.В.

treeteey@yandex.ru, kuryntsev16@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н.Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

Необходимость использования лёгких конструкций в автомобильной и авиационной индустрии постоянно растёт. Использование многосоставных материалов может уменьшить вес изделия благодаря увеличению функциональной плотности, усталостных характеристик, жёсткости или прочности. Эти цели могут быть достигнуты использованием гибридных соединений металла с пластиком. Пластмассы могут быть использованы из-за лёгкого веса, высокой коррозионной стойкости и отличной деформируемости, им можно придать разную форму и увеличить жёсткость с помощью армирования. Металлы обычно используются для получения высокой прочности или определённых физических свойств, таких как высокая тепловая или электрическая проводимости. И всё же способ соединения играет решающую роль в применении таких материалов. Использование дополнительных материалов, таких как клеи, может повлиять на старение материала и время отверждения. Соединительные элементы, такие как заклепки и винты, являются концентраторами напряжений. Прямое соединение позволяет избежать этих недостатков и создать прочное взаимодействие между металлом и термопластиком. При прямом соединении термопластику нужно сообщить достаточную энергию, чтобы расплавить его. В расплавленном состоянии термопластик смачивает металл и проникает в его поверхность [1].

В работе [2] был предложен метод лазерной обработки, при которой луч лазера фокусируется на поверхности металла, и тепловая энергия проходит через металл к зоне соединения. Этот способ обработки позволяет применять в данной операции армированные волокном пластики и непрозрачные полимеры и уменьшает термическую нагрузку на полимерный компонент. Также возможна сварка, при которой луч лазера проходит через полимер на границу соединения. Недостатком данного способа является то, что полимер испытывает высокую термическую нагрузку и может быть использован только прозрачный полимер для данной длины волны излучения.

Перед соединением компонентов в металле необходимо создать бороздки лазером, в которые будет проникать расплавленный полимер. Так повышается сдвиговая прочность соединения.

Использование лазера хорошо тем, что можно менять форму и размеры луча в зависимости от требований опыта, можно управлять характером движения лазерного луча, его траекторией, интенсивностью.

Одним из факторов, влияющих на качество соединения, является скорость перемещения луча лазера. При малых скоростях происходит термическая деградация полимера, а при высоких скоростях не происходит достаточного оплавления полимера и соответственно смачивания поверхности металла [2].

При термическом разложении полимера его продукты в виде газа и/или паров могут привести к появлению пузырей, образующихся в зоне соединения и уменьшающих прочность соединения. Размер пузырьков значительно уменьшается от

крупных до небольших за счёт увеличения скорости перемещения лазера. При меньшей тепловой нагрузке на полимер уменьшается скорость разложения и соответственно размеры и количество пузырьков [1].

При низкой скорости соединения пузырьки расположены глубже в полимере относительно пограничного слоя между полимером и металлом из-за более высокой текучести пластика под действием приложенного тепла. При более высоких скоростях соединения глубина расположения уменьшается за счёт ограниченной текучести пластика [1].

Еще одним дефектом может являться область соединения, в которой не произошло смачивание металла полимером. Это случается из-за того, что к полимеру было подведено недостаточное количество теплоты, чтобы его расплавить. В таком месте будет находится дефект соединения и прочность этой области соединения будет мала.

Для исследования дефектов, описанных выше, группой немецких ученых [1] был предложен метод исследования структуры соединений металл-полимер гибридов, основанный на оптической когерентной спектроскопии [1]. Данным методом могут быть исследованы дефекты в реальном времени непосредственно во время самой операции соединения.

- 1. R. Schmitt; G. Mallmann; P. Ackermann; J. Bergmann; M. Stambke; K. Schricker; 3D weld seam characterization based on optical coherence tomography for laser-based thermal joining of thermoplastics to metals. International Conference on Lasers in Manufacturing (LIM), 2015.
- 2. K. Schricker, M. Stambke, J. Bergmann Adjustment and Impact of the Thermoplastic Microstructure of the Melting Layer in Laser-based Joining of Polymers to Metals. International Conference on Lasers in Manufacturing (LIM), 2015.

УДК 678.7-1

## СВОЙСТВА НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО И УГЛЕРОДНЫХ СТРУКТУР РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

### © Гафиятуллина С.И., Магсумова А.Ф.

e-mail: ms.syumbelya@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

С развитием современной промышленности, особенно авиационной и ракетнокосмической, необходимо создание новых материалов с заданными свойствами или изменение свойств уже имеющихся материалов. К числу перспективных материалов относятся полимерные композиционные материалы (ПКМ), благодаря уникальным конструкционные свойствам которых получают изделия прочностными характеристиками, не уступающими аналогу из металла, обладающими И улучшенными весовыми качествами. В последнее время во многих работах приводятся описания изучения свойств эпоксидной смолы, успешно применяющейся в качестве связующего в ПКМ [1-3], и углеродных структур, что объясняется приданием материалу необходимых физико-механических и эксплуатационных характеристик при добавлении последних.

Целью данной работы было исследование термомеханических и энергетических свойств эпоксидной смолы, наполненной углеродными структурами различной природы, а именно микродисперсным шунгитом, кристаллическим графитом марки ГЛ-1 и техническим углеродом марок П234, П514, К354 и Т900. Концентрация вводимых структур составляла 1, 3 и 5 % масс. В качестве смолы была выбрана эпоксидная смола марки ЭД-22, в качестве отвердителя — полиэтиленполиамин (ПЭПА).

Термомеханические свойства полимеров, а именно температура стеклования  $T_c$  и модуль упругости E, определялись методом динамического механического анализа при помощи прибора ДМА Q800 («Netzsch») согласно следующим режимам: нагрев осуществлялся до 150°C со скоростью нагрева 5 °C/мин при частоте 1  $\Gamma$ ц. Выяснилось, что у всех углеродсодержащих образцов наблюдается снижение модуля упругости по сравнению с исходным образцом. При введении кристаллического графита наблюдалось увеличение температуры стеклования  $T_c$  полимера, что даёт возможность использовать данный модифицированный материал в более широком температурном диапазоне.

При изучении энергетических характеристик наполненных образцов, а именно её свободной поверхностной энергии (СПЭ) и её составляющих, оценивали методом сидячей капли с использованием значений краевых углов смачивания тестовых жидкостей на приборе EasyDrop standard («KRÜSS»). Методом расчета СПЭ и её составляющих выбран двухжидкостный метод Оуэнса-Вендта-Рабеля-Кьельбле. Результаты были следующими: образцы, наполненные шунгитом и графитом, обладают меньшим значением СПЭ, в то время как остальным наполненным полимерам

свойственно большее значение СПЭ по сравнению с ненаполненным эпоксидным образцом. Также необходимо отметить, что для образца с графитом значение дисперсионной составляющей  $\gamma^d$  было преобладающим: при концентрации 3%масс.  $\gamma^d$  составляет около 70% от общей СПЭ полимера.

- 1. Сайфутдинова М.В., Лыга Р.И., Михальчук В.М. Композиционные материалы аминного отвержения на основе эпоксидной смолы и терморасширенного графита // Успехи в химии и химической технологии. 2017. №11(192). С. 102-104.
- 2. Binh M.T., Tizazu M. Hydrophobic esterification of cellulose nanocrystals for epoxy reinforcement // Polymer. 2018. Vol. 155. P 64-74.
- 3. Seong H.K., Young-J. H., Mira P., Byung-G. M., Kyong Y.R., Soo-Jin P. Effect of hydrophilic graphite flake on thermal conductivity and fracture toughness of basalt fibers/epoxy composites // Composites Part B. 2018. Vol. 153. P. 9-16.

УДК 629.78

### ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ЭФФЕКТИВНУЮ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ

© Даниленко Е.Г., Чесноков Е.Я., Телегин С.В.

e-mail: evg.danilenko@mail.ru

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация

На современном этапе развития космической техники установлено, что для существующих космических аппаратов наиболее опасным является функциональное поражение бортовой радиоэлектронной аппаратуры ионизирующим и вторичным электромагнитным излучением.

Воздействие подобных излучений приводит к структурным изменениям материалов, возникновению ионизации, разогреву, появлению наведенной радиоактивности и другим явлениям, нарушающим физические и химические процессы в технических устройствах [1-2]. Наиболее чувствительными к ионизирующим излучениям являются полупроводниковые и оптические материалы, затем полимерные и самой высокой стойкостью обладают металлы. Результатом таких воздействий могут быть обратимые и необратимые изменения параметров элементной базы, приводящие к полной или частичной потере работоспособности аппаратуры.

Пассивные защитные экраны должны поглощать и отражать, большую часть, высокоэнергетических частиц, иметь малую накопительную дозу, обладать химической и радиационной стойкостью и отсутствием газовыделения. В результате активации некоторых видов молекулярного движения вся поглощенная энергия выделяется в виде тепла в тонком слое и при низкой теплопроводности материала экрана он может нагреться до температур плавления.

Поэтому изучение явления теплопередачи является очень важным при изготовлении композиционных материалов защитных экранов.

Мы рассматриваем в качестве радиационно-защитных экранов многослойные пластины, которые представляют конкуренцию однослойным, изготовленным из одних и тех же сложных композиционных материалов.

Передача тепла через конструкционные и теплоизоляционные материалы обусловлена теплопроводностью, как правило, без внутренних источников тепловыделения, поэтому рассматриваем процесс передачи тепла через тела плоской формы при стационарном режиме [3].

Изготовленный образец экран состоит из трех слоев, но в основном мы рассматриваем первый слой, поскольку он представляет собой диэлектрик, а подобные материалы содержат малое количество свободных электронов. Этот слой служит для поглощения частиц с низкой энергией и ее понижения с целью предотвращения возникновения тормозного излучения при взаимодействии с материалом второго слоя, имеющим большую плотность.

Исследованию подвергались образцы в виде тонких пластин из эпоксидной смолы марки ЭД-20 с наполнителем из сажи, графита и алюминиевой пудры.

Для проведения исследования была выбрана методика согласно ГОСТ 7076–99 [4].

Термо-ЭДС хромель-алюмелевых термопар (TXA) регистрировалась милливольтметром M2020. Главное преимущество этих термопар перед другими

видами термопреобразователей — достаточно широкий диапазон измеряемых температур — от 73 до  $+1645~\rm{K}.$ 

Для оценки точности эксперимента был выбран образец, изготовленный из чистой эпоксидной смолы размером  $70\times70\times0,5$  мм. Значения эффективной теплопроводности получилось равным  $0,19\pm0,02$  Вт/(м·К). Справочные данные эффективного коэффициента теплопроводности эпоксидной смолы 0,13-0,21 Вт/(м·К) [5]. Как видно, рассчитанные значения находятся в интервале значений справочника.

Для исследования были отобраны образцы с одинаковой толщиной. Содержание наполнителя определялось в весовых процентах. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица. Численные значения эффективной теплопроводности с разными наполнителями

Наполнитель,	λ, B <sub>T</sub> /(м·K)				
вес.%	Сажа	Графит	Алюминий		
2%	$0,19\pm0,03$	0,25±0,03	$0,26\pm0,03$		
5%	$0,17\pm0,02$	$0,29\pm0,02$	$0,32\pm0,03$		

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что введение графита и алюминиевой пудры позволяет значительно увеличить значения эффективной теплопроводности испытуемых образцов. Значения теплопроводности с сажей неоднозначны и чтобы определить причину такого поведения необходимо рентгеноструктурное исследование как используемой сажи, так и графита.

- 1. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений: Справочник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Электроатомиздат, 1995. 496 с.
- 2. Беспалов В.И. Лекции по радиационной защите: учебное пособие. 4-е изд., расшир. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 508 с.
- 3. Чудновский А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов / Л.И.Орлова. Изд-во физико-математической литературы, М., 1962. 454 с.
- 4. ГОСТ 7076-99. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. Введен 20 мая 1999. М.: Издательство стандартов, 1999. 13 с.
- 5. Теплопроводность пластиков и пласмасс, плотность пластмассы физические свойства полимеров. [Электронный ресурс]. URL: http://thermalinfo.ru/svojstva-materialov/plastmassa-i-plastik/teploprovodnost-plastikov-i-plastmass-fizicheskie-svojstva-polimerov (дата обращения: 25.05.2018).
- 6. Справочные материалы для решения задач по курсу «Тепломассообмен» / В.В. Бухмиров, Д. В. Ракутина, Ю. С. Солнышкова; Иванов. гос. энергетич. ун-т им. В. И. Ленина. Иваново, 2009. 102 с.

УДК 004.932, 681.518, 620.18

### ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОЙ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ НЕОДНОРОДНЫХ СТРУКТУР МАТЕРИАЛОВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ

© Грибова Е.С., Паламарь И.Н.

e-mail: vs@rsatu.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Одна из задач материаловедения — это количественное описание сложных, на первый взгляд хаотичных, структур. Это могут быть изображения зерен, пор, точечных дефектов, структуры различных материалов. Для различения похожих изображений и выявления скрытых процессов в структурах вводятся наборы количественных характеристик структур материалов. Но самая важная задача — это установление связи между реальными свойствами материала и его количественными характеристиками, количественное описание структур.

Один из вариантов решения этой задачи – использование теории фракталов. Фрактал (лат. fractus – дроблёный, сломанный, разбитый) – математическое множество, обладающее свойством самоподобия. Самоподобный объект – это объект, в точности или приближённо совпадающий с частью себя самого (то есть целое имеет ту же форму, что и одна или более частей). Многие объекты реального мира (береговые естественный ландшафт, растения и деревья) обладают свойством статистического самоподобия. Проще говоря, если мы рассмотрим небольшой фрагмент регулярной фигуры в очень крупном масштабе, то он будет похож на фрагмент прямой. Для фрактала увеличение масштаба не ведёт к упрощению структуры, то есть на всех шкалах мы увидим одинаково сложную картину. Б.Б. Мандельброт открыл общую закономерность природных объектов, проявляющуюся в самоподобии их строения, что помогает описывать внешне неупорядоченные структуры [1]. В основном фракталы делят на геометрические, алгебраические и стохастические. При определенных условиях стохастические фракталы могут называться мультифракталы. Это значит, что мультифрактал содержит в себе несколько различных типов фракталов.

Структура материалов, образованная элементами различной формы, является неоднородной. Для решения задачи количественного анализа микроструктур материалов, имеющих случайную природу, необходимо использовать параметры мультифракталов, описывающих совокупность разнородных структур.

Для оценки параметров фракталов применяются расчеты размерности Минковского для сегментированных и бинаризованных изображений и визуальное отображение плотностей цвета на изображении. Изображение разбивается на квадратные кластеры, после чего в каждом из них рассчитывается плотность изображения. Каждый кластер окрашивается соответственно его плотности, после чего, становятся визуально различимы различные структуры. Области, которые имеют фрактальную природу, целиком окрашиваются в один цвет. Разнородные включения в структуру будут иметь цвет, отличный от окружающей области.

Существующие программы [2] чаще всего работают только с бинарными изображениями или с текстом в качестве входной информации (например, зависимость уровня сигнала от времени). Перед нами стоит задача совершенно другого рода – анализ изображений, которые далеки от двухмерных графиков. Это могут быть изображения микро- и макроструктур материалов, ландшафтов, рельефов, тканей

растительного и животного происхождения, минералов и т. п. Это значит, что способы расчета показателей сигналов в нашем случае малоприменимы (или неприменимы совсем) в том виде, в котором они работают в известных программных продуктах (Fractan, Multifrac). Кроме того, изображения бывают: бинарные – состоящие только из двух цветов (необязательно черный и белый), сегментированными – это упрощенное (цветное или черно-белое) изображение, серыми (содержащие промежуточные оттенки по ахроматической оси) и цветными, что дополнительно усложняет задачу анализа. В изображении могут быть оптические, геометрические, цветовые искажения.

Для конкретной предметной области существуют свои особенности в описании свойств структурных объектов по изображению и необходимый инструментарий. Программа, которая позволяет описывать сложные неоднородные структуры, должна служить инструментом для специалиста предметной области. Для успешной работы в предметной области, необходимо провести множество тестов с различными изображениями, чтобы как можно точнее связать словесное описание изображенных материалов с полученными количественными характеристиками.

Программа, разработанная на данный момент, может рассчитать размерность Минковского для сегментированных и бинаризованных изображений, параметр Хёрста [3] (параметр характеризует степень изрезанности исследуемого графика). В программе имеется возможность корректировки изображения: бинаризация с выбранным порогом (для любого типа изображений), сегментация (основанная на гистограмме изображения), обесцвечивание изображения. Для удобства работы в программе присутствуют функции: визуального выделения цветовой области для работы, настройка размера кластеров, визуальное отображение плотностей цвета в кластерах, запись результатов в файл (изображений и полученных графиков), формирование отчета о процессе анализа структуры.

Интересное практическое применение имеет анализ строения среза костей (или рентгенограммы) [4]. Губчатая кость — это одна из структур, которая не поддается моделированию с помощью простых форм, кость имеет сложную структуру ячеек и ветвлений. В данном примере стоит задача соотнести прочность костной ткани и плотность, поскольку существует множество вариантов прочности ткани при одинаковой плотности. Главная идея анализа костной ткани не содержание минеральных веществ в структуре, а их расположение в пространстве, что и определяет прочность кости. Фрактальная размерность участков кости может быть связана с прочностью.

По мере исследования параметризации структур будет ясно, какие еще методы следует использовать в работе. Возможно, будет необходимо применить распознавание отдельных элементов изображения.

- 1. Божокин С. В., Паршин Д. А. Фракталы и мультифракталы. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 128с.
- 2. Виноградова А. А., Трутненко С. В. Сравнительные особенности программ мультифрактального анализа. изв. вузов. приборостроение, 2011. T. 54. № 7.
- 3. Короленко П. В., Маганова М. С., Меснякин А. В. Новационные методы анализа стохастических процессов и структур в оптике. Фрактальные и мультифрактальные методы, вейвлет-преобразования. Учебное пособие. М.: Московский Государственный университет им. М. В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына, 2004. 82с.
- 4. Фрактальный анализ костей [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые, граф. дан. Режим доступа: http://m-rush.ru/theory/item/284-fraktalnyj-analiz-kostej.html (дата обращения 06.06.17).

УДК 544

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕНЗОИМПУЛЬСНОЙ РЕГУЛЯЦИИ НА ПРОЦЕСС АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАСТИН ИЗ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА СПЛАВА АМГ6 ТОЛЩИНОЙ 4 ММ

© Демидова М.М., Алваренга Р. де, Михеев В.А.

e-mail: DemidovaMM97@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Исследования тензоимпульсной регуляции на процесс аргонодуговой сварки технологических пластин из листового материала сплава АМг6 (основной материал днищ, обечаек и баков ракетно-космической техники, получаемых сваркой) направлены на решение проблемы выравнивания значений микротвёрдости сварного шва и свариваемых технологических пластин.

В работе использовались технологические пластины из листового материала сплава АМг6 толщиной 4 мм, длиной 140 мм и шириной 120 мм. Сварка технологических пластин производилась встык при подключении генератора импульсов тока, обеспечивающего тензоимпульсное воздействие на формирующийся сварной шов и без тензоимпульсного воздействия. Были подобраны частота работы генератора импульсов тока и величина тока сварочного инвертора.

Технологические пластины №1 и №3 (130A) были сварены без воздействия тензоимпульсной регуляции. Технологические пластины №2, 4 и 5 были сварены с воздействием тензоимпульсной регуляции: №2 (130A и 182к $\Gamma$ ц), №4 (130A и 258к $\Gamma$ ц) и №5 (120A и 258 к $\Gamma$ ц).

Из сваренных технологических пластин были подготовлены образцы длиной 80 мм, шириной 10 мм, в середине которых находился сварной шов. Предварительно поверхность по толщине образцов была подготовлена под микрошлиф (отполирована и протравлена по рецептуре).

Использовался прибор ПМТ-3, который измерял микротвёрдость за счет вдавливания индентора. Индентором служила алмазная пирамидка с квадратным основанием правильной четырёхугольной формы с углом при вершине между противоположными гранями, равными 136° с двумя видами нагрузки. Выбран шаг установки индентора по середине толщины образца при движении слева направо.

Предварительно была выбрана нагрузка, равная 200 г, определяющая уровень микротвёрдости зоны сварки без контроля попадания индентора в отдельные интерметаллиды сплава и возможные поры, оставленные при вылете некоторых интерметаллидов с поверхности шлифа в результате механической обработки. Предварительно были сделаны «уколы» на приборе ПМТ-3, а замеры диагонали и расчёт микротвёрдости выполнялись с помощью программы, установленной на растровом электронном микроскопе.

Результаты замеров показали, что имеется разброс микротвёрдости HV в диапазоне 76-88 ед. при нагрузке 200 г. Затем была выбрана нагрузка, равная 20 г, но уже с контролем возможности попадания индентора в отдельные интерметаллиды сплава и возможные поры в диапазоне 37-52 ед. при нагрузке 20 гр (для образцов №3 и №4).

Анализ графиков микротвёрдости показал, что имеется разброс HV в диапазоне 80-84 ед. при нагрузке 200 г, №4 при нагрузке 200 г и в диапазоне 47-48 ед. при нагрузке 20 г, №5 в диапазоне 78-80 ед. при нагрузке 200 г.

Попарное сравнение графиков микротвёрдости технологических образцов, сваренных без воздействия и с воздействием тензоимпульсной регуляции, показывает практическое выравнивание микротвёрдости зоны матрицы свариваемых пластин, переходной зоны и зоны сварного шва, что указывает на отсутствие остаточных напряжений сваренных технологических пластин с воздействием тензоимпульсной регуляции. Эффект сопровождался явным увеличением скорости процесса аргонодуговой сварки примерно в 2 раза (впечатления сварщика), что, по нашему мнению, связано с аномальным теплопереносом, выравнивающим микротвёрдость алюминиевой матрицы, переходной зоны и сварного шва.

- 1. Гречников, Ф.В. Формирование структуры материалов изделий газотурбостроения в неравновесных физико-химических процессах. [Текст] / Ф.В. Гречников, В.И. Зарембо, А.А. Колесников, В.А. Михеев, С.В. Сурудин, О.С. Киселева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Пятая Международная научно-техническая конференция «Современные технологии в газотурбостроении, посвященной 95-летию НАН Украины, 2013, Харьков-Алушта, С. 30-33.
- 2. Колесников А.А. Фоновая акустическая регуляция физико-химических процессов в конденсированных системах: Дисс. докт. хим. наук / СПбГТИ(ТУ). СПб, 2009. 375 с.
- 3. Колесников А.А., Зарембо В.И. Метод и эффекты фоновой акустической резонансной регуляции самоорганизации динамических наноструктур в металлургических и химических технологиях // Труды Всеросс. науч.-практ. конф. "Инженерные системы 2008". Москва, 7–11 апр. 2008 г. М.: РУДН, 2008. С.288–303.

УДК 621.822.831

### ВЛИЯНИЕ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ СТАЛИ 20X2H4A АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

#### © Дмитриева М.О., Мельников А.А.

e-mail: mdmitr1ewa@yandex.ru, melnickov.alex@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

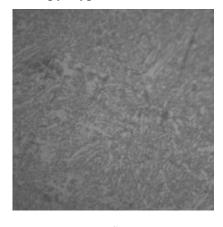
Конструкционная сталь 20X2H4A нашла широкое применение в отраслях машиностроения и аэрокосмической промышленности для изготовления деталей, работающих в условиях поверхностного износа [1,2].

Исследование влияния химико-термической обработки (XTO) на структуру стали 20X2H4A проводилось на заготовках для производства деталей крупногабаритных подшипников. Для оценки воздействия XTO на структуру стали исследовались образцы заготовок до и после термообработки [3,4].

Типовой режим термообработки данной стали включает в себя несколько этапов: газовую цементацию, закалку и низкий отпуск. Газовая цементация проводится при температуре 940°C, науглероживающей средой служит природный газ. Продолжительность цементации различных деталей в зависимости от толщины занимает в среднем 80-88 часов. После цементации глубина упрочнённого слоя составляет 2,5-3,0 мм, твёрдость рабочей поверхности 59-66 HRc, сердцевины 32 HRc. Затем детали подвергаются закалке при температуре 800-810°C с охлаждением в масле и отпуску при температуре 150-170°C продолжительностью 20-24 часа, охлаждение на воздухе [5].

С целью определения микроструктуры опытных образцов были проведены металлографические и электронно-микроскопические исследования с использованием микроскопов «МЕТАМ ЛВ-31» и TESCAN «Vega SB». Подготовка поверхности производилась на автоматическом шлифовально-полировальном станке REMET «LS250A». Микрорентгеноспектральный анализ проводился с использованием приставки INCAx-act.

Металлографический анализ показал, что структура стали 20Х2Н4А до ХТО представляет собой зернистый перлит (рис. 1а), что свидетельствует о проведённой предварительной термообработке заготовки — нормализации. После термообработки наблюдается структура мелкоигольчатый мартенсит отпуска (рис. 1б).



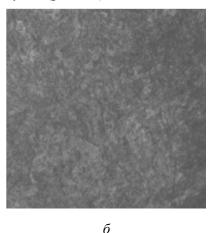
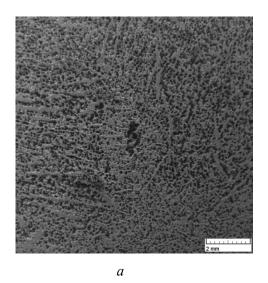


Рис. 1. Микроструктура стали 20X2H4A: a- до химико-термической обработки; <math>6- после химико-термической обработки

Анализ микроструктуры травлёных образцов, проведённый на растровом электронном микроскопе, указал на наличие зон ликвации, наибольшая концентрация которых наблюдается в центре и вблизи края заготовки (рис. 2а). На основании результатов микрорентгеноспектрального анализа зон ликвации установлено, что в порах до процедуры травления находились сульфиды. После термообработки наблюдается выравнивание структуры стали, что выражается в уменьшении размера тёмных зон — включений и равномерном их распределении вблизи поверхности, а также в центре заготовки (рис. 2б).



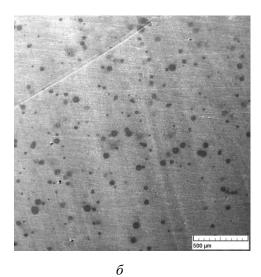


Рис. 2. Химическая неоднородность стали 20X2H4A: a-до химико-термической обработки; b- после химико-термической обработки

Таким образом, структура стали 20X2H4A авиационного назначения до химикотермической обработки представляет собой зернистый перлит, после термообработки мелкоигольчатый мартенсит отпуска. После проведения XTO наблюдается уменьшение химической неоднородности и более равномерное распределение сульфидов. Сульфиды обуславливают хрупкость, выступая концентратором напряжений, и могут вызвать преждевременное разрушение детали, предотвратить которое возможно рафинированием заготовки, а также предварительным применением высокотемпературного отжига.

- 1. Штремель М.А. Проблемы металлургического качества стали (неметаллические влючения) // МиТОМ. 1980. № 8. С. 2-6.
- 2. Покровская Н.Г., Петраков А.Ф., Шалькевич А.Б. Современные высокопрочные конструкционные стали для изделий авиационной техники // МиТОМ. 2002. № 12. С. 23-26.
- 3. Deng S., Hua L., Han X., Huang S. Analysis of surface crack growth under rolling contact fatigue in a linear contact // Tribology Transactions. 2015. V. 58. P. 432-443.
- 4. Мордасов Д.М., Фатеев Ю.Г., Зотов С.В. Исследование причин преждевременного разрушения подшипников буксового узла // Вестник ТГТУ. 2015. Т. 21, № 4. С. 686-695.
- 5. Huang Z., Li G. Failure analysis of roller cone bit bearing based on mechanics and microstructure // Journal of Failure Analysis and Prevention. 2018. P. 1-8.

УДК 678.7-1

### ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ

© Заббарова Э.И., Магсумова А.Ф.

e-mail: elvirazabbarova@list.ru, afmagsumova@kai.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н.Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) получают все большее применение в современной промышленности. Благодаря достигнутому высокому уровню механических характеристик при низкой плотности эти материалы используются как конструкционные во многих отраслях машиностроения [1]. Создание ПКМ с использованием дисперсных наполнителей, отвечающих необходимым требованиям и придающих специальные свойства будущему композитному изделию, является актуальным. Добавление дисперсных наполнителей позволяет решить такие задачи, как экономические (удешевление), а также оказывают влияние на технологические, механические и физические свойства. Одним из актуальных вопросов введения дисперсных частиц в состав полимеров является создание конструкций с низким температурным линейным расширением [2].

Цель работы — исследовать поведение эпоксидных полимеров, модифицированных дисперсными частицами, в условиях изменения температуры. Для проведения экспериментов были выбраны: низковязкая эпоксидная смола марки ЭД-22 и отвердитель полиэтиленполиамин (ПЭПА). В виде наполнителей были использованы частицы технического углерода марок Т900, П234, К354, П514, микродисперсный шунгит, карбонильное радиотехническое железо марки Р-10 и никелевый карбонильный порошок марки ПНК УТ-1. Наполнение дисперсными частицами происходило путем механического смешивания при комнатной температуре эпоксидного связующего и добавления отдельных порций порошка до достижения желаемой концентрации.

Для измерения коэффициентов линейного термического расширения (КЛТР) изучаемых образцов был использован термомеханический анализатор ТМА 402-F3 Нурегіоп. КЛТР полимерных образцов размером  $10 \times 10 \times 20$  мм определяли на вышеупомянутом оборудовании в температурном интервале от 24 до 70°С. Сущность метода заключается в следующем: полимерные материалы устанавливали между толкателем и подложкой, запускали программу измерения и затем в программе анализа получали кривые зависимости КЛТР от температуры. Объяснение расчета представлено в ГОСТе 32618.2-2014 [3].

На рисунке приведена гистограмма для исследуемых образцов, отражающая зависимость их КЛТР от масс% содержания дисперсного наполнителя.

По результатам эксперимента можно сделать вывод, что у большинства образцов с содержанием 30 масс% наполнителя (Т900, П514, П234, К324, ПНК УТ-1) в эпоксидном связующем наблюдалось снижение значения коэффициента линейного термического расширения по сравнению с образцом ЭД22+ПЭПА без наполнителя. Такая закономерность является хорошим показателем при использовании данных дисперсно-наполненных эпоксидных полимеров в широких температурных диапазонах. Остальные образцы, наполненные микродисперсным шунгитом и Р-10, превышают значение КЛТР немодифицированного ЭД22+ПЭПА.

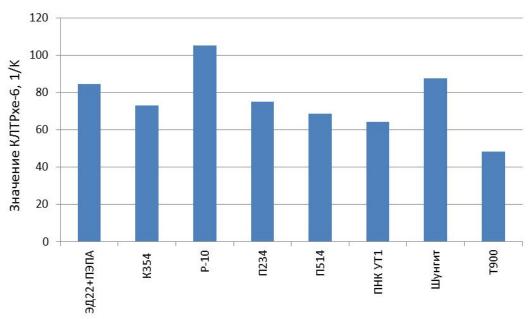


Рис. Зависимость значения КЛТР исследуемых образцов от вида используемых дисперсных наполнителей при 30 масс%, полученных методом ТМА

Полученные экспериментальные данные могут быть полезны при изучении полимерных композиционных материалов, наполненных различными дисперсными наполнителями, а также при разработке деталей промышленного и авиакосмического назначения.

- 1. Кондрашов С. В. Полимерные композиционные материалы конструкционного назначения с функциональными свойствами / С. В Кондрашов [и др.] // Авиационные материалы и технологии. -2017.-N28. С. 405-419.
- 2. Перфилов В. А. Влияние углеродистых добавок на свойства мелкозернистых фибробетонов / В. А. Перфилов, М. О. Зубова // Интернет-вестник ВолгГАСУ. -2015. Т. 37. № 1. С. 63-72.
- 3. ГОСТ 32618.2-2014. Пластмассы. Термомеханический анализ (ТМА). Часть 1. Общие принципы. М. Стандартинформ, 2014. С.5.

УДК 669.2.017:620.18

### ПОВЫШЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРЕДЕЛЬНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЛОИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЁТ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

© Зорин И.А., Хардин М.В.

e-mail: zorin\_20@mail.ru, profso@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Слоистый материал (СМ) - это материал, состоящий из двух или нескольких компонентов, которые отличаются по своей природе или химическому составу, где компоненты объединены в единую монолитную структуру с границей раздела между структурными составляющими (компонентами), оптимальное сочетание которых позволяет получить комплекс физико-химических и механических свойств, отличающихся от свойств компонентов[1]. Такие материалы находят применение в высокотехнологичных отраслях, таких как аэрокосмическое и авиационное производство.

СМ чаще всего классифицируют по назначению:

Коррозионно-стойкие композиции используют для производства деталей и оборудования для предприятий аэрокосмического, химического, нефтяного, сельскохозяйственного, транспортного, энергетического машиностроения; а также в судостроении, приборостроении, радиоэлектронике.

*Износостойкие композиции* применяют в сельскохозяйственном машиностроении, инструментальной промышленности (ножи, фрезы, лезвия).

- 1. Электротехнические композиции используют в качестве проводников и деталей контактных устройств радиоэлектронной аппаратуры.-
- 2. Антифрикционные композиции используют при производстве подшипников (втулки, упорные кольца, сферические опоры и др.
- 3. Термобиметаллы используют для изготовления чувствительных элементов тепловых приборов.
- 4. Металлиолимерные композиции, такие как СИАЛ (с использованием алюминия), а также стали, титана, позволяют существенно повысить удельные прочностные свойства материала, обеспечить снижение массы изделия, придать изделию новые, например,вибро-, теплоизоляционные свойства, повысить их технологичность [2].

К основным недостаткам и трудностям использования СМ относятся:

повышенная сложность производства; дефект деламинации (расслоения); анизотропия свойств;недостаточная прочность;дорогостоящее оборудование, и как следствие, высокая стоимость изделий. Вот почему создание новых СМ с технологией производства изделий из них,снижающих данные недостатки является важной и актуальной задачей. Создание новых СМ направлено на получение материалов, имеющих широкое разнообразие структур и свойств, позволяющих конструктору выбрать соответствующий требованиям изделия материал [3].

Одной из важных проблем является сложность изготовления изделий из СМ вследствие их невысокой пластичности. Эта особенность требует особых методов обработки материалов, каким, например, может выступить магнитно-импульсная штамповка (МИШ). Способ обработки материалов импульсным электромагнитным полем широко известен с начала 1970-х годов. В его основе лежит преобразование электрической энергии, накопленной в емкостном или индуктивном накопителе, в импульсное магнитное поле, выполняющее пластическую деформационную работу в

деформируемом изделии или ускоряющее твердое тело. В настоящее время МИШ широко применяется в промышленности и постоянно находит новые области использования, такие как формовании листового металла, включая резку, пробивку, гибку, отбортовку, а также сборочные операции.

На свойства материалов при обработке их давлением наиболее сильное влияние оказывают три основных фактора: температура, скорость деформации и вид напряжённого состояния. Большинство процессов обработки металлов давлением осуществляется в диапазоне скоростей  $10^{-1} - 10^{-3} c^{-1}$ . Обычно по мере увеличения скорости деформации сопротивление деформации повышается, а пластичность уменьшается. Характерным для протекания пластической деформации при высоких скоростях является выделения тепла. Известно, что значительная доля энергии, затрачиваемой на деформацию металлов, тратится на выделение тепла. Однако при деформировании с низкими скоростями (порядка 1), выделяемое тепло теряется в окружающую среду, и процесс деформации можно считать изотермическим, в то время как при высоких скоростях, когда деформация осуществляется за короткий промежуток времени, выделяемое тепло не успевает рассеиваться и повышает температуру обрабатываемого металла, что в конечном счёте приводит к изменению его свойств [4]. Таким образом, при определеных высокоскоростных воздействиях на материалы пластические свойства и предельные возможности деформирования материалов могут повышаться.

В совместных исследованиях Самарского университета и Технического (Германия) разрабатываются университета Клаусталь новые СМ, механических и технологических свойств которых недостаточен для изготовления из них большинства изделий. Данные сойства измерялись при традиционном статическом воздействии [5]. Однако проведенные эксперименты на динамическую отбортовку таких материалов, показали возрастание свойств предельных возможностей по сравнению со статическими воздействиями. В дальнейшем планируется разработать методики определения технологических свойств СМ при отбортовке, гибке и формовке; разработать и изготовить инструмент (индукторы и матрицы); провести исследования и анализ влияния скорости деформации на предельные возможности СМ. Это позволит подойти к созданию математичекой модели данного типа СМ, которая позволит учесть такие параметры, как количество и материалы слоев, характеристики связующего материала для обеспечения необходимых свойств СМ, необходимых для производства конкретных деталей и изделий.

- 1. Кобелев А.Г., Шаронов М.А. Материаловедение. Технология композиционных материалов / А.Г. Кобелев, М.А. Шаронов М.: Кнорус-2019-270 с.
- 2. Гречников Ф. В., Антипов В. В., Ерисов Я. А., Гречникова А. Ф. Повышение технологичности алюмостеклопластиков путем формирования в листах из сплава В95 эффективной кристаллографической текстуры // Изв. вузов. Цветная металлургия. 2014. № 6. С. 38—43.
- 3. Harhash M., Sokolova O., Carradó A., Palkowski H. Mechanical Properties and Forming Behaviour of Laminated Steel/Polymer Sandwich Systems With Local Inlays. Part 1 // CompositeStructures. 2014. V. 118. P. 112—120.
- 4. Микляев П.Г., Дуденков В.М. Сопротивление деформации и пластичность алюминиевых сплавов / П.Г. Микляев, В.М. Дуденков М.: Металлургия-1979-182с.
- 5. Носова Е.А., Луконина Н.В., Храмова М.И.u ∂p. Штампуемость трех и пятислойных алюминий-полимерных композитов// Конструкции из композиционных материалов. 2016. № 3. С. 30-37.

УДК 678.7-1

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ДИСПЕРСНОСТЬ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО НАПОЛНИТЕЛЯ В СОСТАВЕ ЭПОКСИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО

### © Камалов А.Н., Магсумова А.Ф.

e-mail: kamalov an@mail.ru, afmagsumova@kai.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева — КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

На сегодняшний день активно развивающейся областью в материаловедении является модификация и исследование свойств полимерных композиционных материалов (ПКМ), успешно применяющихся также в изделиях конструкционного назначения. Широко используемым связующим в КМ является эпоксидная смола, что объяснется её простотой формования, хорошей адгезией, отверждаемостью с малой усадкой, высокой термостойкостью, прочностью и т.д. [1-2]. Однако из-за хрупкости и относительно слабых механических свойств отверждённой эпоксидной смолы, ограничивающих область её применения, уже несколько десятилетий исследователями предпринимаются различные способы увеличения ее жёсткости. Одним из таких методов является модификация материала дисперсными частицами органической и неорганической природы. В последнее время особое внимание многих исследователей уделяется дисперсным наполнителям на основе углеродных структур, оказывающих положительное воздействие на физико-механические свойства получаемых ПКМ.

Считается, что одним ИЗ ключевых факторов при модифицированных ПКМ является однородное распределение вводимых дисперсных частиц в объеме эпоксидного связующего, достигающееся обычно на этапе смешивания компонентов. Эффективным способом достижения однородного распределения частиц в смоле, а также удовлетворительной дисперсности самих частиц, считается ультразвуковая (УЗ) обработка наполненной смолы.

Таким образом, целью исследования является изучение влияния УЗ обработки на структуру наполнителя, а также возможности достижения равномерного распределения наполнителя в композициях путём применения УЗ обработки. В качестве объектов исследования были выбраны высоковязкая эпоксидная смола DEN-438 и углеродосодержащий наполнитель П514. Для проведения исследования изготавливались образцы с 1%, 3% и 5% масс дисперсного наполнителя.

УЗ обработка образцов проводилась на УЗ-гомогенизаторе Sonics Vibra Cell – VCX750 при мощности 750 Вт, частоте 20 кГц и амплитуде 80 мкм. Образец был помещён в специальную емкость, в которую был погружен наконечник УЗ-гомогенизатора на глубину 1-2 см. Продолжительность УЗ обработки наполненных композиций составила 10 минут.

По изображениям, полученным с помощью микроскопа Olympus GX51, сравнивалось изменение дисперсности, форм и размеров наполнителя в составе эпоксидной смолы. Выяснилось, что дисперсность П514 в среднем увеличилась на 35%,

и улучшилось её распределение в композиции. Сравнение обработанных и необработанных ультразвуком образцов показало, что форма самих частиц в полимере не изменилась.

- 1. Tang, X., Yang, Y.G. and Xie, Y.Q. (2016), "The effect of waterborne epoxy resin emulsion on the physical properties of oil well cement", Sains Malaysiana, Vol. 45 No. 10, pp. 1543-1550.
- 2. Yuan, X.M., Zhu, B., Cai, X., Liu, J., Qiao, K. and Yu, J. (2017), "Improved interfacial adhesion in carbon fiber/epoxy composites through a waterborne epoxy resin sizing agent", Journal of Applied Polymer Science.

УДК 621.4

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ И МЕТОДОВ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ЗАДАННОЙ ТОЛЩИНОЙ

© Косолапова А.Ю., Демьяненко Е.Г., Попов И.П.

e-mail: nastas941104@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Процессы обработки металлов давлением (ОМД) находят широкое применение во многих отраслях промышленности: машиностроении, авиастроении, вагоностроении, судостроении и др. К примеру, автомобиль на 80-85 % состоит из деталей, полученных методами обработки металлов давлением [1].

Большое распространение деталей с различными заданными изменениями толщин и отсутствие научно-обоснованной технологии получения штампованных деталей с толщинами, согласованными с заданиями, делают проектирование технологических процессов листовой штамповки, обеспечивающих заданное изменение толщины заготовки, актуальной проблемой металлургического производства [1].

Одно из направлений развития современных технологий машиностроения — разработка методики проектирования технологических процессов листовой штамповки для деталей с заданными размерами по толщине, позволяющих достичь экономии металла, снизить трудоемкость штамповки и повысить эксплуатационные характеристики изделий.

Рассматриваются различные варианты технологий изготовления. Приводятся теоретический анализ напряженно-деформированного состояния и определяются «опасные» места очага деформации для каждого из вариантов технологий.

Изготовление конической детали, показанной на рисунке возможно с помощью следующих технологий: на давильно-раскатном станке, многопереходной вытяжкой, вытяжкой с последующим обжимом, сваркой из листа с последующей формовкой. Окончательная форма детали получается с помощью механической обработки во всех случаях.

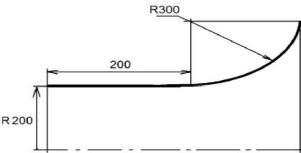


Рис. Типовая деталь конической формы

В соответствии с данными и зависимостями, приводимыми в технической литературе [2-4] осуществляется сравнение технологических процессов. Для наглядности сравнение приводится в виде таблицы. После формирования таблицы

приводятся зависимости, используемые для расчета числа переходов с указанием источников из которых они были взяты.

По итогам сравнения технологий видно, что предпочтительной является технология, основанная на вытяжке и последующем обжиме.

- 1. Шляпугин, А. Г. Курсовое проектирование по дисциплине «Теория и технология холодной штамповки» [Электронный ресурс] [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / И. П. Попов, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С. П. Королёва (нац. исслед. ун-т), А. Г. Шляпугин. Самара : Изд-во СГАУ, 2011. 63 с. : ил. Электрон. текстовые и граф. дан. (1 файл : 1,72 Мбайт). Режим доступа: https://rucont.ru/efd/230203
- 2. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке [Текст]: 6-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение, 1979. 520с., ил.
- 3. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка [Текст]: 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение, 1967.-504 с., ил.
- 4. Ковка и штамповка: Справочник в 4 т. Т.4 Листовая штамповка / под ред. А.Д. Матвеева М., Машиностроение 1985-1987. 544 с. ил.

УДК 669

# PRODUCTION DE MOULES D'INJECTION PLASTIQUES PAR LES METHODES DE LA FUSION LASER SELECTIVE DES POUDRES

© Крук П.Е., Меркулова Л.П., Смелов В.Г.

e-mail: hotya@list.ru, pdla\_smelov@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Les procédés de la fabrication additive sont de plus en plus présentes dans la vie sociale. Ils sont bien répendus. Les gens ont une impression erronée sur la simplicité de ces processus. On examine des difficultés rencontrées lors de l'utilisation de l'une des méthodes de fabrication additive, celle de la fusion laser sélective en utilisant l'exemple de la fabrication de moules d'injection plastique.

Le processus de la fabrication additive a parcouru un long chemin. Les premiers procédés utilisant ce principe sont apparus à la fin des années 1980. Il s'agit de la stéréolithographie (SL). Puis on apparait de nombreuses variétés de procédés de production additive. Tout procédé peut être classé en fonction de la nature des matériaux utilisés (plastique, alliage métallique, polymère ou composite) ou de la mise en œuvre des principes technologiques (la fabrication en couches (Additive Layer Manufacturing - ALM) et la fabrication par dépot direct (procédé Direct Metal Deposition - DMD). [1].

Le processus de la fusion laser sélective (SLM) concerne les processus de couche par couche et la création de pièces à partir de poudre métallique. Les technologies de fabrication additive, telles que SLM, offrent une liberté de la conception géométrique importante par rapport à des méthodes de production à la différence traditionnele. Cette liberté permet de créer des outils de moulage par injection avec les canaux de refroidissement qui optimisent le transfert de chaleur en utilisant les structures de réseau internes efficaces.[2]

Un des aspects des plus importants de la conception des moules à suivre est de fournir des systèmes de refroidissement appropriés et adéquats. Le système de refroidissement est un élément essentiel de la conception du moule, ce qui nécessite une attention particulière lors de la conception. La bonne conception des canaux de refroidissement réduit le temps de refroidissement. La période du temps de refroidissement prend environ (2/3) du temps du cycle de la production d'une pièce. Cela signifie que la conception des canaux de refroidissement infeuence beaucoup sur le temps du cycle de la production d'une pièce.[3] Malgré les capacités de la technologie SLM, il existe un certain nombre d'incertitudes de conception et de traitement associées à l'utilisation de SLM pour un outil de moulage par injection. L'efficacité de refroidissement en particulier dépend des caractéristiques du canal de refroidissement telles que la proximité de la cavité de moulage, la section, la longueur et la rugosité de la surface. Les auteurs [4] ont étudié les diverses variantes de la section transversale du canal de refroidissement et ont conclu que la section la plus optimale du canal de refroidissement est une section carrée. Ils ne tenaient pas compte de la complexité possible des arrondis et des transitions de ces canaux, ni même des capacités des technologies additives. Les auteurs [2] ont également estimé la rugosité de la surface sur les canaux de refroidissement, étant donné que la rugosité de la surface affecte la quantité de transfert de chaleur. Les résultats de l'étude ont montré que la partie supérieure du canal de refroidissement présente une rugosité supérieure à celle du canal inférieur. Ainsi, en raison de la répartition inégale de la rugosité sur la section du canal de refroidissement, il est impossible de déduire la dépendance analytique du coefficient du transfert de la chaleur sur la rugosité de surface du canal de refroidissement. Cette tâche peut etre resolu par méthodes numériques, comme par exemple, la méthode des éléments finis(FEM).

En conclusion on peut dire que les technologies additives offrent un grand nombre d'opportunités pour la production de moules d'injection plastiques, mais qu'elles posent également un certain nombre de tâches complexes qui n'ont pas encore été résolues.

#### References

- 1. Benjamin Vayre .Conception pour la fabrication additive, application à la technologie EBM [Текст] / Benjamin Vayre Français : Génie des procédés.Université de Grenoble, 2014.- р. 164
- 2. Maciej Mazur SLM additive manufacture of H13 tool steel with conformal cooling and structural lattices [Tekct] / Maciej Mazur, Martin Leary, Matthew McMillan, Joe Elambasseril Milan Brandt // Rapid Prototyping Journal 22(3).- 2016.- p. 504-51
- 3. Alias Bin Mohd The effect of injection mould surface finish on the ejection of plastics product [Τεκcτ]: A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements of edinburgh napier university, for the award of doctor of philosophy / Alias Bin Mohd; Edinburgh Napier University, 2014. p. 307
- 4. Md Saidin Wahab The Thermal Effect of Variate Cross-Sectional Profile on Conformal Cooling Channels in Plastic Injection Moulding [Tekct] / Md Saidin Wahab, Azli Amin Ahmad Raus, Irwan Amir, Aqeel Ahmed,Khairu Kamarudin // International Journal of Integrated Engineering: Special issue 2018: Mechanical Engineering, Vol. 10 No. 5 -2018, p. 156-160

УДК 678.2-1

# **ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

#### © Магсумова А.Ф., Ибатуллин И.М.

e-mail: ibatullinildar@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

С активным развитием электротехнического комплекса все больше возникает вопрос получения новых материалов с определенными диэлектрическими параметрами. По данному вопросу активно идут работы в частности по изменению диэлектрических свойств материала путем модификации его различными наполнителями. На сегодняшний день остаются актуальными исследования диэлектрических свойств материалов содержащих углеродные дисперсные наполнители [1, 2].

В качестве объектов исследования выбраны несколько видов сажи (П234, Т900, П514), шунгит, порошок никелевый карбонильный, железо карбонильное радиотехническое, за основу для наполнения использовали связующее на основе эпоксидиановой смолы ЭД-22.

Главной задачей работы является сравнительный анализ диэлектрических параметров углеродных, металлических наполнителей с целью разработки в дальнейшем перспективного материала электротехнического назначения.

Для исследования диэлектрических характеристик был использован векторный анализатор цепей E5071C с дополнительно установленным коаксиальным пробником.

Для определения весовой эффективности, была найдена плотность образцов путем гидростатического взвешивания.

При обработке экспериментальных данных были получены частотные зависимости диэлектрической проницаемости в зависимости от наполнителя и его концентрации. Также было показано, что образцы с содержанием сажи марки П514 имели аналогичные характеристики диэлектрической проницаемости, что и у образца наполненного радиотехническим железом, однако плотность углероднаполненного образца с железным порошком была выше более чем в два раза. Полученные результаты делают дальнейшее исследование в данном направлении обоснованным и имеют потенциальную перспективу для получения высокоэффективного материала электротехнического назначения.

- 1. Теруков, Е. И. Радиопоглощающие свойства полимерных композитовна основе шунгита и углеродного наноматериала «Таунит-М» / Е. И. Теруков, А. А. Бабаев, А. Г. Ткачев, Д.В. Жилина // Журнал технической физики. 2018, Т. 88, Вып. 7. С. 1075-1079.
- 2. Доценко О. А. Микроволновые характеристики композиционных радиоматериалов на основе полимера и углеродных структур / О.А. Доценко, В.И. Сусляев, В.Л. Кузнецов, И.Н. Мазов, О.А. Кочеткова // Доклады ТУСУРа, № 2 (24), часть 2, декабрь 2011 Наноэлектроника. Нанотехнология. Фотоника. Физическая и плазменная электроника С. 36-40.

УДК 669

# ДИСКРЕТНО-УПРОЧНЕННЫЙ АЛЮМОМАТРИЧНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ СПЛАВ AL-10%TIC

#### © Махонина Ю.В.

e-mail: cullenbella97@mail.ru

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация

Алюмоматричный композиционный материал (АМКМ) — это материал, в котором искусственно объединены высокопластичная матрица из алюминия и тугоплавкие высокопрочные наполнители. Применяется 2 способа получения: твердофазный и жидкофазный Наиболее перспективным является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) в расплаве — это технология, в ходе которой реакция между частицами реакционно-активных порошков протекает или в режиме послойного горения, или в режиме сгорания всего объема смеси порошков за счет тепла, выделяемого жидким матричным расплавов (СамГТУ, 1991 г.). Главными преимуществами СВС технологии являются: одностадийность, простота технологического исполнения, энергоемкость, а также малые временные затраты.

Алюминиевые сплавы характеризуются лёгкостью и ценовой доступностью, но зачастую некоторые механические характеристики ограничивают область их применение. Добавление карбида титана позволяет решить данную проблему. Из алюминиевых сплавов с добавлением TiC можно изготавливать подшипники, цилиндровые вкладыши и поршни.

Были проведены плавки системы «(Al-Cu-Mn)-TiC» и «(Al-Cu-Ni-TiC)» и проведены исследования на механические свойства отливок. Результаты исследований приведены в таблице.

Таблица. Механические свойства сплавов
Сплав системы (Al-5%Cu-2%Mn)-10%TiC

Сплав системы (Al-5%Cu-2%Mn)-10%ТіС						
	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{\scriptscriptstyle \mathcal{B}}$	δ	Ψ	HB	
	[МПа]	[МПа]	[%]	[%]		
Al-10%TiC	82	110	11,6	23,0	35,0	
(Al-5%Cu)-10%TiC	ı	196	8,0	11,0	63,9	
(Al-5%Cu-2%Mn)-10%TiC	97	188	8,6	13,3	96,0	
(Al-5%Cu-2%Mn)-10%TiC + 5%	114	213	6,6	7,3	97,0	
Na <sub>2</sub> TiF <sub>6</sub>						
Сплав системы (Al-5%Cu-4%Ni)-10%TiC						
Al (A7)	67	81	9,4	20,0	25,0	
Al-5%Cu	65	136	11,7	24,2	45,6	
Al-5%Cu-4%Ni	75,1	133,2	4,5	6,5	-	
(Al-5%Cu-4%Ni)-10%TiC	102	220	5,5	8,0	92,0	
(Al-5%Cu-4%Ni)-10%TiC + 5%	118	224	6,0	7,0	98,0	
Na <sub>2</sub> TiF <sub>6</sub>						

Микростурктуры образцов приведены на рисунке.

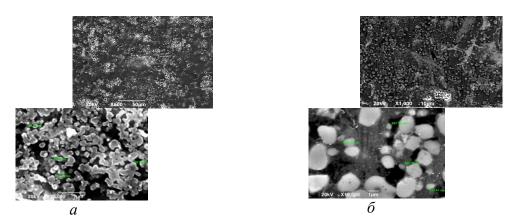


Рис. Микроструктура сплавов: a) Al-5%Cu-2%Mn-10%TiC + 5% Na<sub>2</sub>TiF<sub>6</sub>; б) Al-5%Cu-4%Ni-10%TiC + 5% Na<sub>2</sub>TiF<sub>6</sub>

В случае системы Al-Cu-Mn-TiC (рис. a) в присутствии соли размер частиц карбидной фазы достигает наноразмерных значений (89-91 нм). В случае системы Al-Cu-Mn-Ni (рис.  $\delta$ ) в присутствии соли наблюдается рост частиц карбидной фазы (158-205 нм), но более равномерное распределение частиц TiC в расплаве алюминия.

#### Библиографический список

1. Луц А.Р., Макаренко А.Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез алюминиевых сплавов // М.: Машиностроение. - 2008.-175 с.: ил.

УДК 67.02; 678.5-4

#### ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРИМЕРЕ СТРИНГЕРОВ

© Минаев О.А., Воронина С.Ю., Власов А.Ю., Пасечник К.А.

e-mail: mnvolg@yandex.ru, vlasov@sibsau.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск, Российская Федерация

В современных конструкциях аэрокосмической отрасли существует тенденция использования немонолитных структур в своем составе, таких как фермы и каркасы. В связи с этим, появляется необходимость получения изделий сложной формы - стрингеров (профилей и прутков), изготовленных из полимерных композиционных материалов (ПКМ).

Стрингеры являются элементом концентраторной солнечной батареи (СБ). Они представляют собой прутки, полученные из однонаправленного волокна препрега производства «Препрег-СКМ» (Россия). Образцы изделия изготовлены в Ресурсном центре коллективного пользования «Космические аппараты и системы» ФБГОУ ВО «СибГУ им. М.Ф. Решетнева» путем выкладки на оснастке «пуансон-матрица» и дальнейшего нагрева и полимеризации.



Рис. Стрингеры концентраторной СБ

В данной работе был использован метод контактного формования для получения стрингеров гофромодулей СБ (см. рис.). Этот метод напрямую зависит от опыта формовщика, так как только он контролирует ровную выкладку волокон. В случаях неровной выкладки, после этапа полимеризации, ряд таких профилей подвергались короблению из-за возникаемых внутренних напряжений между матрицей и волокном, что влияет на конечный размер изделия.

Таким образом, использование метода контактного формования не позволяет получить равномерно распределенные, выпрямленные волокна. Для получения ровного профиля из ПКМ необходимых размеров (в диапазоне допустимых значений) возможно применение метода пултрузии. Этот метод помимо растяжки волокна, позволяет реализовать серийное производство изделий из ПКМ. Однако, недостатком данного метода является неконтролируемый процесс полимеризации, при котором после усадки связующего возникнет коробление.

Для устранения вышеуказанных недостатков, существует альтернативный способ нагрева композиционных материалов с помощью СВЧ-излучения при производстве посредством пултрузионной линии [1, 2]. Таким образом, можно добиться нескольких резонансов вдоль вертикальной или горизонтальной осей, и каждый из случаев будет иметь свои преимущества. Например, при вертикальном возникновении дополнительных резонансов возможно реализовать более равномерный прогрев вдоль всей длины профиля. При горизонтальном расположении резонансов возможна реализация многопоточной линии производства изделий из ПКМ сложной конфигурации. Однако, данный метод требует дополнительного исследования распределения электромагнитного поля в присутствии нескольких заполнителей (в нашем случае профилей).

- 1. Калганова, С.Г. СВЧ-энергия в производстве композиционных материалов [Текст] / С.Г. Калганова, В.А. Лаврентьев, Ю.С. Архангельский, Е.Ю. Васинкина, А. П. Белоглазов // Решетневские чтения Красноярск: изд-во Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", т. 1, № 21, 2017. С.369-371.
- Тян, Н. Г. Способ СВЧ-нагрева композиционного материала при производстве посредством пултрузионной линии [Текст] / Н. Г. Тян, Е. А. Редькина // Материалы 11-ой международной молодёжной научно-техническая конференции «Современные проблемы радиотехники телекоммуникаций PT-2015», Севастополь: Федеральное изд-во государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2015 - С. 124.

УДК 621.763

# ПРИМЕНЕНИЯ НАНОПОРОШКА ALN+5%NA<sub>3</sub>ALF<sub>6</sub> МАРКИ СВС-АЗ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАХ-ФАЗЫ В СИСТЕМЕ TI–AL–N–C

© Минеханова А.Ф., Титова Ю.В., Майдан Д.А.

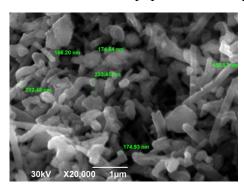
e-mail: minekhanovaaf@mail.ru

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация

Создание новых материалов и технологий их производства является одной из важных научных и прикладных задач физического материаловедения. При разработке таких материалов особый интерес представляют материалы нового класса – МАХфазы. MAX-фазы – химические соединения с единой формулой  $M_{n+1}AX_n$ , где M – это переходный металл, А – компонент подгруппы «А» таблицы Менделеева, а X – это углерод либо азот. Отличительная особенность этих материалов заключается в строении гексагональных кристаллических решёток, в которых слои атомов элементов М и А чередуются в определённой последовательности, а атомы углерода (или азота) располагаются в октаэдрических порах между атомами элемента М. Особенности строения их кристаллических решёток обусловливают уникальное сочетание в таких материалах свойств металла и керамики [1-3]. Для получения материалов на основе МАХ-фаз используют различные методы. Основным методом получения материалов на основе МАХ-фаз является спекание, которое требует больших затрат энергии и времени. Альтернативой спеканию является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС).

Цель настоящей работы заключалась в исследовании возможности использования относительно простой ресурсосберегающей технологии СВС для получения титаносодержащей МАХ-фазы в системе Ti–Al–N–C.

Работа была разделена на два этапа. На первом этапе с помощью технологии СВС с применением твердого азотирующего вещества — азида натрия (СВС-Аз) синтезировали нанопорошок состава (AlN+5%Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>) в виде нановолокон AlN диаметром 100-300 нм и длиной до 3 мкм с примесью 5 % криолита. Данный порошок был получен при горении смеси «20Al+(NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>+6NaN<sub>3</sub>» в атмосфере азота под давлением 4МПа. Синтез осуществлялся в реакторе СВС объемом 4,5 литра [4]. Результаты микроструктурного анализа продуктов горения, полученные с помощью растровом электронном микроскопе JSM-6390A фирмы «Jeol», представлены на рис. 1.



 $Puc.\ 1.\ Mикроструктура порошка AlN+5%Na_3AlF_6$  марки CBC-A3

На втором этапе для получения MAX-фазы системы «Ti–Al–N–C» синтезированный порошок  $AlN+5\%Na_3AlF_6$  вводили в шихту, традиционно используемую

для получения наиболее изученной MAX-фазы  $Ti_3AlC_2$ . Уравнение получения MAX-фазы системы «Ti-Al-C» состава  $Ti_3AlC_2$  выглядит следующим образом:

$$3Ti + Al + 2C = Ti3AlC2$$
 (1)

Было приведено 4 эксперимента: без замены углерода, с заменой  $10\,\%$  углерода на нанопорошок AlN+5%Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>; с заменой  $20\,\%$  углерода на нанопорошок AlN+5%Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>.

Исходные компоненты, взятые в нужном соотношении, смешивались вручную в фарфоровой ступке, прессовались в брикеты диаметром 20 мм до относительной плотности 0,4. На рисунке 2 видны пластины МАХ-фазы карбоалюминида титана со сферическими частицами карбида титана. Наряду с ними видны частицы более сложной формы, которые согласно ЭДС состоят из титана и алюминия. Учитывая представленные результаты, можно утверждать, что это — частицы алюминида титана  $Ti_3Al$ . Внутренние слои образца состоят преимущественно из алюминида титана и в меньшем количестве из карбида титана.

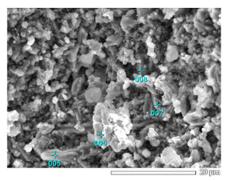


Рис. 2. Микроструктура продуктов горения смеси «3Ti+Al+2C» с заменой 30 % углерода на нанопорошок  $AlN+5\%Na_3AlF_6$ 

Таким образом, показано, что высокодисперсный порошок нитрида алюминия марки CBC-A3 был успешно использован для получения титаносодержащей MAX-фазы. В ходе экспериментов установлено, что с увеличением количества добавляемого порошка нитрида алюминия марки CBC-A3 снижается количество и размер пор в спеченном образце. Для определения оптимального количества вводимого нитрида алюминия вместо углерода в шихту, предназначенную для получения MAX-фазы  $Ti_3AlC_2$ , с целью получения MAX-фаз в системе  $Ti_Al_N$ —С необходимо продолжить исследования в этом направлении.

- 1. Сметкин А.А., Майорова Ю.К. Свойства материалов на основе МАХ-фаз // Вестник ПНИПУ, 2015. Т. 17, № 4. С. 120-138.
- 2. Радишевский В.Л., Лепакова О.К., Афанасьев Н.И. Синтез, структура и свойства МАХ-фаз  $Ti_3SiC_2$  и  $Nb_2AlC$  // Вестник Томского государственного университета. Химия, 2015. № 1. С. 33-38.
- 3. Колесников С.И. Определение оптимальных условий синтеза в тройной системе Ti-Al-N для получения продуктов, содержащих наибольшее количество MAX-фаз // Башкирский химический журнал, 2012.-T. 19.- № 4.-C. 162-165.
- 4. Амосов А.П., Бичуров Г.В. Азидная технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза микро- и нанопорошков нитридов. М.: Машиностроение-1, 2007. 526 с. ISBN 987-5-94275-344-3.

УДК 621.762

#### ПОЛУЧЕНИЕ ГИБРИДНОГО КОМПОЗИТА AL-BN-TIC НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКА НИТРИДА БОРА МАРКИ СВС-АЗ

© Остроухов Д.В., Титова Ю.В.

e-mail: 25ostroukhov.d@mail.ru, mvm@samgtu.ru

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация

Применение конструкционных материалов с высокой удельной прочностью в машиностроении и аэрокосмической индустрии позволит существенно снизить вес конструкций, что, в конечном итоге, обеспечит существенную экономию энергии [1, 2].

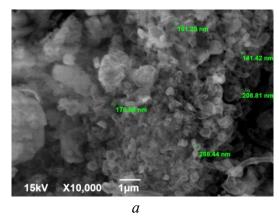
Одним из подходов к созданию лёгких высокопрочных алюмоматричных композиционных материалов является использование наноструктур BN в качестве упрочняющей добавки. BNнаноструктуры обладают набором уникальных характеристик, высокая химическая инертность, стойкость таких как высокотемпературному окислению, высокие значения модуля Юнга и механической прочности, что позволяет ИХ использовать ДЛЯ создания высокопрочных композиционных материалов [1].

Для получения нанопорошка нитрида бора нами предлагается использовать энергосберегающую технологию самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с применением неорганических азидов [3]. Уравнения реакции получения BN выглядят следующим образом:

$$8B + 3NaN_3 + KBF_4 = 9BN + 3NaF + KF;$$
 (1)

$$12B + 4NaN_3 + NH_4BF_4 = 13BN + 4NaF + 2H_2.$$
 (2)

Синтезированный из обеих шихт порошок BN представляет собой частицы сферической и равноосной форм диаметром 100-300 нм (рис.).



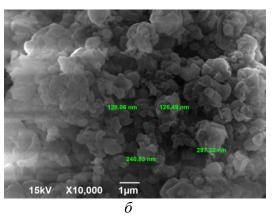


Рис. Результаты микроструктурного анализа порошка нитрида бора, полученного при горении шихт: a – шихта «8B+ $3NaN_3$ + $KBF_4$ »;  $\delta$  – шихта «12B+ $4NaN_3$ + $NH_4BF_4$ »

Для получения алюмоматричного композита, армированного наночастицами нитрида бора, была использована вспомогательная реакция СВС карбида титана Ti+C=TiC. Шихта (Ti+C) с добавлением различного содержания нанопорошка BN

вводилась в расплав алюминия A7. Был подготовлен состав, в котором массовая доля BN составила 25 %. Эта смесь была введена в расплав в виде прессованной таблетки диаметром 23 мм и относительной плотностью 0,4. Для инициирования процесса горения во все брикеты добавлялась галоидная соль Na2TiF6 в количестве 0,7 г. Содержание нитрида бора варьировалось в зависимости от очередности ввода прессованных таблеток в расплав. Сначала вводились два брикета состава (3 г BN + 7 г (Ti + C)), затем два брикета состава (3 г BN + 4,5 г (Ti + C)) и в конце в расплав были помещены три брикета состава (3 г BN + 3,6 г (Ti + C)). Таким образом, удалось обеспечить протекание процесса СВС карбида титана в расплаве алюминия. Полученный композит, расчётного состава A1-25%BN-20TiC имел хороший внешний вид, его поверхность была чистая, усадочная раковина отсутствовала, но излом был загрязнён включениями лигатуры. Микроструктура этого нанокомпозита — мелкозернистая равномерная плотная, без пор и трещин.

Показана возможность использования вспомогательной экзотермической реакции образования карбида титана в расплаве для ввода наночастиц ВN, полученных предварительно методом азидного СВС. Так удалось получить литые гибридные алюмоматричные нанокомпозиты расчётного состава Al-25%BN-20TiC.

- 1. Firestein K.L., Steinman A.E., Golovin I.S., and all. Fabrication, characterization, and mechanical properties of spark plasma sintered Al–BN nanoparticle composites // Materials Science & Engineering A, 2015. P. 104-112.
- 2. Луц.А.Р. Алюминиевые композиционные сплавы-сплавы будущего. [Текст]: учебное пособие/Луц.А.Р, Галочкинаи И. А.-Самара:СамГТУ,2013.-82 с.
- 3. Бичуров Г.В., Шиганова Л.А., Титова Ю.В. Азидная технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза микро- и нанопорошков нитридных композиций [Текст]: Монография. М.: Машиностроение, 2012. 519 с.

УДК 629.78

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОКОНЧАТЕЛЬНОГО ОТЖИГА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА СИСТЕМЫ AL-MG-SC

#### © Петров И.Н., Ерисов Я.А., Сурудин С.В., Батурин А.П.

e-mail: ilpetrof110895@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Повышение весовой эффективности конструкции перспективных образцов аэрокосмической техники на 10-15% за счет расширения номенклатуры полуфабрикатов и деталей из сплавов системы Al-Mg-Sc [1-3], требует надежных знаний технологии обработки материалов давлением, а также режимов термической обработки. В связи с этим для сплава типа B-1579 было исследовано влияние режимов окончательной термической обработки на комплекс механических и технологических свойств холоднокатаных листов.

В целом, не зависимо от температуры отжига образцы, прокатанные с большей степенью обжатия имеют более высокие прочностные характеристики. С ростом температуры отжига происходит уменьшение предела прочности и текучести, с увеличением относительного удлинения (рис. 1). При этом разупрочнение с ростом температуры отжига происходит более интенсивно для образцов, прокатанных с меньшим обжатием.

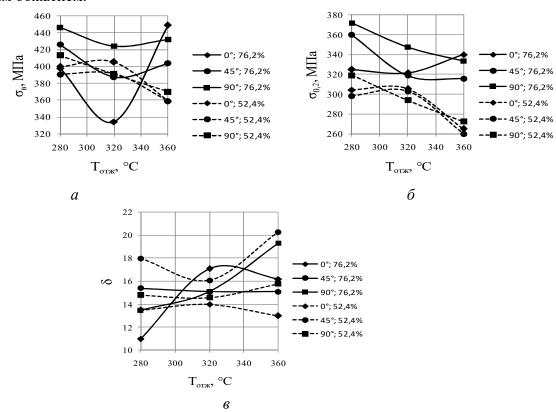


Рис. 1. Влияние температуры окончательного отжига на показатели механических: а – предел прочности; б – предел текучести; в – относительное удлинение

Результаты влияния температуры окончательного отжига на технологические характеристики хорошо согласуются с результатами механических испытаний.

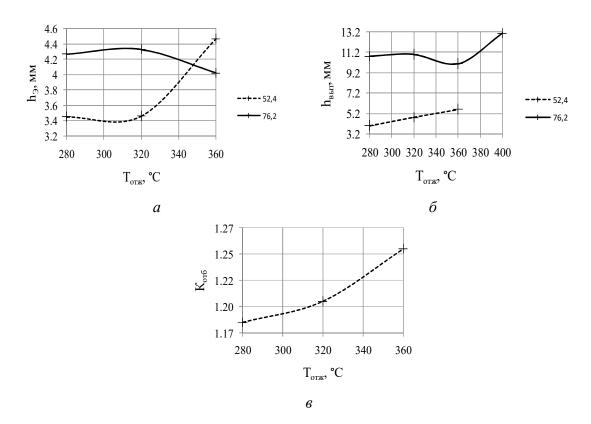


Рис. 2. Влияние температуры окончательного отжига на показатели технологических свойств: а – глубина лунки; б – глубина вытяжки; в – коэффициент отбортовки

Так с увеличением температуры отжига деформационные возможности материала увеличиваются, что сопровождается ростом глубины вытяжки, высоты стаканчика и коэффициента отбортовки (рис. 2). При этом, технологические свойства образцов, прокатанных с большей степенью деформации после отжига, выше, чем у образцов, прокатанных с меньшим обжатием, независимо от температуры отжига.

- 1. Rauh, R. Palm: Neue schweißbare Aluminiumlegierungen / R. Rauh, T. Pfannenmüller, B. Lenczowski, F. // Werkstoff-Kolloquium 11/97 bei DLR in Köln. -1997. P. 47-51.
- 2. Lenczowski, B. Lütjering: Neue schweißbare AlMgSc-Legierungen für die Verkehrstechnik / B. Lenczowski, R. Rauh, D. Wieser, G. Tempus, G. Fischer, J. Becker, K. Folkers, R. Braun, G. // München: Werkstoffwoche, 12-15 Oktober. 1998. P. 327-332.
- 3. Lenczowski, B. Al-Mg-Sc Alloys for Transportation Technology / B. Lenczowski, T. Hack, D. Wieser, G. Tempus, G. Fischer, J. Becker, K. Folkers, R. Braun // Charlottesville, Virginia: The 7th International Conference on Aluminium Alloys, April 9-14. 2000. P. 957- 963.

УДК 621.778.011

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛОЧЕНИЯ КРУГЛЫХ ПРОФИЛЕЙ ЧЕРЕЗ ВРАЩАЕМУЮ ВОЛОКУ

© Разживин В.А., Гусева А.В., Каргин В.Р.

e-mail: vasia.razzhivin@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Круглые профили (прутки, проволока и т.д.) изготавливаемые волочением, обладают высоким качеством с точки зрения геометрических размеров, чистоты поверхности и уровня механических свойств. Однако рост потребности в холоднотянутых изделиях обуславливает необходимость усовершенствования способов их производства.

Одним из перспективных путей усовершенствования волочения круглых профилей является интенсификация процесса за счет использования системы внешних сил: усилия, приложенного к протягиваемой заготовке, и крутящего момента на волоке в плоскости, перпендикулярной оси волочения. Это позволяет создавать из круглой заготовки при вращении волоки винтовой профиль, снижать усилия протягивания, устранять овальность и продольную кривизну, улучшать механические свойства изделий [1-6].

Проведено компьютерное моделирование процесса волочения круглого профиля через неподвижную и вращаемую волоки с помощью метода конечных элементов в специализированном программном комплексе DEFORM - 3D [7]. При комбинированном нагружении наблюдается полное проскальзывание (прокручивание) заготовки в рабочем канале волоки и отсутствие ее закручивания на протянутом участке изделия.

По характеру изменения усилий волочения в неподвижную и вращаемую волоки в зависимости от времени волочения (см. рис.) можно сделать вывод, что установившейся процесс деформации наблюдается при длине готового профиля не менее 150 мм. Усилие волочения через вращаемую волоку уменьшается в среднем на 32% по сравнению с волочением в неподвижную волоку.

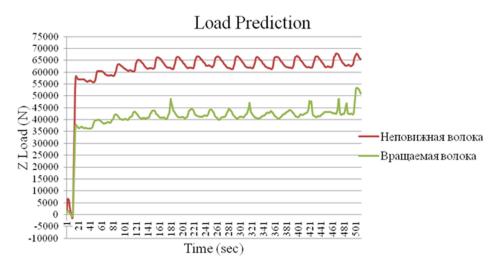


Рис. Графики изменения усилия без вращения и с вращением волоки

Результаты моделирования волочения круглых профилей показали, что приведение волоки во вращательное движение в плоскости, перпендикулярной оси волочения, изменяет картину напряженно – деформированного состояния, как в очаге деформации, так и на протянутом участке изделия. Это приводит к снижению усилия протягивания на 32%, величины касательных напряжений  $au_{ZR}$  на границе контакта заготовки с волокой на 58% и нормального давления при входе в очаг деформации на относительно волочения в неподвижную волоку. Отмечено полное 37% проскальзывание заготовки в рабочем канале волоки. При комбинированной схеме протянутом участке действуют напряжения волочения на дополнительные касательные напряжения, что повышает интенсивность напряжений на 29% в сравнении с обычным волочением.

- 1. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения М.: Металлургия, 1971.448 с.
- 2. Каргин В.Р. Процессы получения винтовых профилей и труб М.: Металлургия, 1994 96с.
- 3. Шевченко А.А., Сидоренко Г.А., Рогов М.В. Об особенностях процесса волочения с вращением контактных поверхностей инструмент-заготовка / Производство труб. М.: Металлургия 1971. Вып. 26. с. 108-114.
- 4. Kong L.X., Lin L., Hodgson P.D. Material properties under drawing and extrusion with cyclic torsion // Materials Science and Engineering. 2001. v.308.ISS 1-2. p. 209-215.
- 5. Харитонов В.А., Усанов М.Ю. Влияние кручения при волочении круглой проволоки в монолитной волоке / Моделирование и развитие процессов ОМД–Изд–во Магнитогорский государственный технический ун − т имени Г.И. Носова, 2015, №21 с.82-88.
- 6. Лошкарев О.Н., Маннабов Е.А. Анализ процесса волочения медной проволоки с использованием вращающейся волоки в среде DEFORM-3D // Научное исследование в области технических наук / Сборник научных трудов по итогам международной научнопрактической конференции. №2 Саратов, 2017. с. 23-27.
- 7. Общее руководство по работе с инженерными программным комплексом DEFORM / Таупек И.М., Кабулова Е.Г., Положенцев К.А. и др. Старый Оскол: ООО ИПК «Кириллица», 2015-217 с.

УДК 629.78

#### МЕТОДОЛОГИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФОРМОСТАБИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПКМ

#### © Рожков И.П., Титов М.А., Пасечник К.А., Власов А.Ю.

e-mail: rozhkovivan1993@gmail.com

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация

Данная работа посвящена анализу методов конструкторско-технологического проектирования формостабильных конструкций космического назначения. Объектом исследования выступает силовая спица трансформируемого рефлектора зонтичного типа.

Проектирование композитных конструкций представляет собой комплексный процесс, включающий выбор материалов, определение технологии производства, оптимизацию, схемы армирования материала и выбор компоновочных решений. Цели проекта варьируются в зависимости от применения. Конкретные требования к применению определяют одну или комбинацию из двух или более следующих целей проектирования [1]:

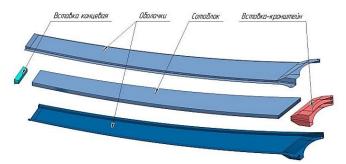
- 1. Обеспечение жесткости;
- 2. Обеспечение прочности;
- 3. Устойчивость к действию динамических нагрузок;
- 4. Устойчивость и долговечность под действием климатических факторов внешней среды;
  - 5. Стойкость к внешним механическим повреждениям.

Спица является элементом силовой конструкции антенны, поэтому к изделию предъявляются следующие требования: высокая стабильность размеров под воздействием факторов космического пространства, малые деформации от натяжения сотополотна и низкий вес. Удовлетворение данных требований соответствует целям проектирования 1 и 4. Для данного типа проектирования характерно использование материалов с низким КЛТР (Коэффициентом линейного термического расширения) и высоким удельным модулем упругости, применение трехслойных конструкций, выбор оптимальной ориентации волокон в силовых оболочках и модификация полимеров. Технология изготовления должна предполагать минимизацию короблений, вызванных внутренними напряжениями, использование формообразующей матрицы из материалов с КЛТР близкими к КЛТР изделия, контроль ориентации и натяжения армирующих волокон, равномерность температурного поля [2].

Спица силовая состоит из двух оболочек охватывающих сотоблок (рис. 1). Используется алюминиевый сотоблок толщиной 20 мм и плотностью 17 кг/м<sup>3</sup>. Оболочки приклены к сотоблоку при помощи пленочного клея и склеены между собой вдоль общих ребер (рис. 2). Оболочка состоит из двух слоев полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе углеродной ткани A-80 со схемой армирования (45°). Полки и ребра оболочек усилены ПКМ из однонаправленного препрега на основе углеродной ленты (Волокно TENAX IMS 65). Схема армирования оболочек изображена на рис. 3.

Проектирование и анализ конструкции проводились в 4 этапа:

- 1. Эскизное проектирование, включающее выбор конструктивно-компоновочной схемы, построение электронной модели и оценка массы.
  - 2. Выбор материала и прогнозирование физико-механических свойств ПКМ.
- 3. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции методом конечных элементов.
  - 4. Оптимизация конструкции по результатам конечно элементного моделирования.



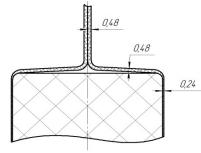


Рис. 1. Схема сборки спицы силовой

Рис. 2. Сечение спицы силовой

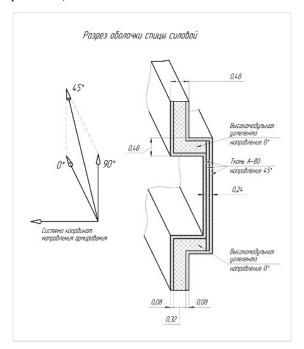


Рис. 3. Схема армирования оболочки спицы силовой

Результатом работы является конструкция силовой спицы из ПКМ массой 430 гр., длиной 1375 мм. Под действием сосредоточенной силы 19,6 Н действующей на конце спицы вдоль фокальной оси прогиб не превышает 0,8 мм, при условии консольного закрепления. Дальнейшая оптимизация конструкции возможна в применении принципов компенсации неравномерных температурных полей в процессе эксплуатации [3, 4].

- 1. Isaac M. Daniel, Ori Ishai, Engineering mechanics of composite materials, 2006. 463.
- 2. Власов А.Ю., Пасечник К.А., Обверткин И.В., Мартынов В.А. Разработка методики создания формостабильных рефлекторов зеркальных наземных антенн на основе полимерных композитных материалов // Решетневские чтения. 2015. №19.
- 3. Bo WANG, Zhou-yang LI, Huan-xiao LI, Zhuo XIE, Hui CHENG Rib Structure Optimization of Deployable Umbrella Reflector. International Conference on Computational, Modeling, Simulation and Mathematical Statistics 2018 (CMSMS 2018).
- 4. Li Dongying, Zhang Hua, Liu Hanwu. Dynamics Modeling and Numerical Simulation of Radial Stiffening Rib-Membrane Umbrella Antenna Structure [J]. Journal of Dynamics and Control, 2017, 15(2): 131-135.

УДК 621.762

#### АЗИДНЫЙ СВС НАНОПОРОШКОВ НИТРИДА БОРА ИЗ ОКСИДА БОРА И БОРНОЙ КИСЛОТЫ

© Сафаева Д.Р., Титова Ю.В., Майдан Д.А.

e-mail: safaevadiana@gmail.com

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация

Гексагональный нитрид бора (h-BN) имеет широкую область применения от металлургии до косметики. h-BN является изолятором и может применяться в качестве барьерного слоя при утечке заряда в электронном оборудовании. Светоизлучающие устройства на основе h-BN в дальней ультрафиолетовой зоне, могут быть использованы в компактной оптоэлектронике УФ-спектра. h-BN остается химически инертным при температурах выше 2000 К, не смачивается расплавленными металлами и галоидными флюсами. Благодаря этим свойствам порошок h-BN стал незаменимым компонентом в производстве различных огнеупорных покрытий и керамики. Поверхность h-BN очень ровная и гладкая. Благодаря последнему качеству порошок h-BN стал использоваться в качестве основы для косметики [1].

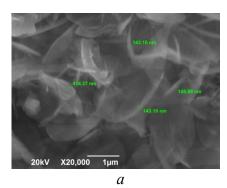
Высокая востребованность данного материала привела к возникновению множества способов его получения. Все их можно классифицировать следующим образом: синтез из простых веществ (СВС [2], плазмохимический синтез), восстановление-азотирование кислородных соединений бора и осаждение из газовой фазы.

*Целью* настоящей работы является исследование возможности получения и определение условий синтеза порошка нитрида бора методом СВС из систем «борная кислота — азид натрия», «борный ангидрид — азид натрия» с добавлением аморфного бора. Преимуществом данной технологии является простота технологического оформления относительно описанных выше технологий, высокая производительность, отсутствие затрат на электроэнергию, высокая степень чистоты получаемых продуктов.

Перед постановкой практического эксперимента рассчитывались адиабатические температуры горения предложенных систем, а также энтальпии образования продуктов реакции  $\langle nB+6NaN_3+B_2O_3\rangle$ ,  $\langle nB+6NaN_3+mH_3BO_3\rangle$ , чтобы оценить возможность получения порошка нитрида бора. Известно, что BN начинает образовываться при температуре 2000 °C [3], поэтому исходя из результатов расчета был сделан вывод о том, что при сжигании предложенных смесей возможно образование бора.

На рисунке представлены фотографии порошков, синтезированных из смесей  $\ll 16B + B_2O_3 + 6NaN_3 \gg u \ll 17B + H_3BO_3 + 6NaN_3 \gg u$ .

Из фотографий, представленных на рисунке, с учетом результатов рентгенофазового анализа, можно сделать вывод о том, что при горении смесей  $«16B+B_2O_3+6NaN_3»$ ,  $«17B+H_3BO_3+6NaN_3»$  образуются частицы пластинчатой и неправильной формы нитрида бора и оксида натрия. Размер частиц нитрида бора изменяется в интервале от 150 до 450 нм. Размер частиц ВN увеличивается с ростом содержания бора.



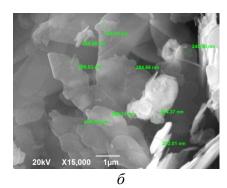


Рис. Морфология частиц порошков, синтезированных из различных смесей: a) « $16B+B_2O_3+6NaN_3$ ;  $\delta$ ) « $17B+H_3BO_3+6NaN_3$ »

Таким образом, установлено, что синтезированный нитрид бора имеет частицы пластинчатой и неправильной формы размером от 150 до 450 нм. Отметим, что в конечных продуктах наряду с целевым нитридом бора содержится оксид натрия. Добавление бора в исходную шихту увеличивает выход целевого продукта, но и размер частиц увеличивается и частицы становятся не наноразмерными, а микроразмерными.

- 1. Сержантова М.В. Теоретическое исследование влияния вакансий на электронную структуру монослоя гексагонального нитрида бора / М.В. Сержантова, А.А. Кузубов, А.С. Федоров, П.О. Краснов, Ф.Н. Томилин // ЖЭТФ. -2011. Т. 139. Вып. 4.- С. 764.
- 2. Амосов А.П., Бичуров Г.В. Азидная технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза микро- и нанопорошков нитридов. М.: Машиностроение-1, 2007. 526 с.
- 3. Косолапова Т.Я., Андреева Т.В., Бартницкая Т.С. Неметаллические тугоплавкие соединения. М.: Металлургия, 1985. 244 с.

УДК 620.172

#### ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРНА, ФАЗОВОГО СОСТАВА И ТЕКСТУРЫ НА УРОВЕНЬ СТРУКТУРНОЙ ЭНТРОПИИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

#### © Селиверстова Н.В., Носова Е.А.

e-mail: lukonina.natalya@inbox.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва, г. Самара, Росийская Федерация

При оптимизации процесса штамповки актуальным является установление закономерностей формирования однородной зеренной структуры. Однородность структуры листовых полуфабрикатов определяет их способность к операциям листовой штамповки. Характеристикой однородности структуры может служить уровень энтропии. Уровень энтропии влияет на повышение плотности, твёрдости, прочности, коррозионной стойкости материалов [1-2].

Однако структура, а, следовательно, и структурная (или конфигурационная) энтропия в процессе обработки сплавов, например, пластической деформации и термической обработки может изменяться [3-4].

Изменение структурной энтропии можно оценить с помощью измерения энергии, поглощённой или рассеянной материалом в процессе структурных изменений. Колбасниковым Н.Г. предложен подход для оценки изменения структурной энтропии на основании результатов стандартных испытаний на одноосное растяжение [5].

Предлагаемая работа представляет результаты обработки диаграмм растяжения алюминиевых сплавов АМг2 и АМг6, АД0 и Д16 после холодной пластической деформации и рекристализационного отжига. Показана связь между изменением зёренной структуры, фазового состава указанных сплавов и структурной энтропии. Подробно изложена методика расчёта структурной энтропии на основании диаграмм растяжения.

В качестве исходных заготовок применяли алюминиевые сплавы АМг2 и АМг6, АД0 и Д16 в виде листовых заготовок толщиной 1,5...2 мм. Отжиг образцов из сплава АМг2 и АМг6 после холодной прокатки со степенью обжатия 20% проводили при температурах 250, 350, 450°С в течение 30 минут. Отжиг образцов из сплава АД0 и Д16 после холодной прокатки со степенью обжатия 20% проводили при температурах 500 °С и 420°С соответственно в течение 3 - 33 минут. Продолжительность отжига рассчитывали по методике для условия статической рекристаллизации [5].

Для установления механических свойств и расчета структурной энтропии образцы подвергали испытаниям на одноосное растяжение по ГОСТ 1497.

Микроструктуру поверхности образцов вдоль направления проката после травления исследовали на оптическом микроскопе.

В результате были получены графики зависимости размера зерна в сплавах АМг2 и АМг6 от температуры отжига, изменения структурной энтропии при температурах отжига  $250~^{0}$ C,  $350~^{0}$ C,  $450~^{0}$ C, а также графики зависимости структурной энтропии образцов из сплавов АД0 и Д16 от продолжительности выдержки при отжиге.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что увеличение температуры отжига листовых образцов из сплавов AMr2 и AMr6 приводит к повышению размера зерна и изменению его однородности. Сплав AMr6 имеет более

мелкозернистую структуру, чем сплав АМг2. Различие в размере зерна возрастает с увеличением температуры отжига.

Также выявлено, что структурная энтропия у сплавов АМг2 и АМг6 снижается по мере увеличения температуры отжига. При этом начальный уровень конфигурационной энтропии, рассчитанный по химическому составу сплавов, имеет более высокие значения у более легированного сплава АМг6. Но выявлено, что изменение структурной энтропии выше у сплава АМг2. Также изменение структурной энтропии с ростом температуры отжига более выражено у сплава АМг2, чем у сплава АМг6. Отсюда следует, что в сплавах АМг2 и АМг6 увеличение размера зерна приводит к уменьшению структурной энтропии.

В сплавах АД0 и Д16 при увеличении продолжительности выдержки при отжиге образцов наблюдается увеличение структурной энтропии. Причем значения структурной энтропии образцов из сплава Д16 значительно больше значений структурной энтропии образцов из сплава АД0. Это связано с высоким содержанием легирующих элементов в составе сплава Д16, которые повышают неоднородность структуры, в том числе за счёт образования дисперсных фаз.

- 1. Qiu, X. Microstructure, hardness and corrosion resistance of Al2CoCrCuFeNiTix high-entropy alloy coatings prepared by rapid solidification [Text]/ X. Qiu. Journal of Alloys and Compounds, 735, 2018. 359-364 p.
- 2. Alanemea, K. K., Bodunrina, M. O., Oke, S. R. Processing, alloy composition and phase transition effect on the mechanical and corrosion properties of high entropy alloys: a review [Text]/ K. K. Alanemea, M. O. Bodunrina, S. R. Oke. Journal of Materials Research and Technology, 5(4), 2016. 384–393 p.
- 3. Moon, J., Bae, J. W., Jang, M. J., Baek, S. M., Yim, D., Lee, B. J., Kim, H. S. Effects of homogenization temperature on cracking during cold rolling of Al0.5CoCrFeMnNi high-entropy alloy [Text]/ J. Moon, J. W. Bae, M. J. Jang, S. M. Baek, D. Yim, B. J. Lee, H. S. Kim. Materials Chemistry and Physics, 210, 2018. 187-191 p.
- 4. Pohan, R.M., Gwalani, B., Lee, J., Alam, T., Hwang, J.Y., Ryu, H.J., Banerjee, R., Hyung Hong, S. Microstructures and mechanical properties of mechanically alloyed and spark plasma sintered Al0.3CoCrFeMnNi high entropy alloy [Text]/ R. M. Pohan, B. Gwalani, J. Lee, T. Alam, J.Y. Hwang, H. J. Ryu, R. Banerjee, S. Hyung Hong. Materials Chemistry and Physics 210, 2018. 62-70 p.
- 5. Колбасников, Н. Г. Теория обработки металлов давлением. Физические основы прочности и пластичности [Текст]/ Н. Г. Колбасников. Издательство Санкт-Петербургского политехнического университета, 2004. 307 с.
- 6. Nosova E., Grechnikov F., Lukonina N. Research of structural entropy of sheet aluminium alloys depending on annealing temperature [Text]/ E. Nosova, F. Grechnikov, N. Lukonina. MATEC Web of Conferences, 2018. Vol. 224.

УДК 621.002.3-419

#### ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ОТЖИГА НА ПРОЧНОСТЬ СЛОИСТЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

#### © Солоднева М.И., Носова Е.А.

e-mail: khramova.mari@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В работе исследовано влияние степени деформации и температуры отжига при холодной прокатке на прочность слоистых заготовок из алюминиевых сплавов. Исходными данными являлись листы алюминиевых сплавов Д16, АМц.

Необходимо установить зависимость между режимами термической обработки [1], механическими и технологическими характеристиками, структурными параметрами и уровнем остаточных напряжений, сформированных в процессе получения заготовок из алюминиевых сплавов. Знание зависимостей способствуют повышению точности изготовленных изделий, стабильности их свойств, формы и размеров в процессе хранения и эксплуатации готовых изделий.

В данной работе в качестве исходных материалов применяли алюминиевые сплавы [2,3] АМц и Д16 толщиной 5 мм. Была проведена многоцикловая холодная прокатка заготовок. После каждого цикла прокатки, проводился отжиг поверхности прокатываемых листов с целью уменьшения деформационного уплотнения при температуре 460 - 480 °C с последующей выдержкой в печи сопротивления в течение 1 часа. Степень обжатия, применяемая при прокатке для сварки листов должна быть не меньше 50% [4]. Такие значения степени деформации можно обеспечить при холодном деформировании низколегированных малопрочных материалов (АМц, АД, АМг) или при горячей деформации высокопрочных сплавов (Д16, АМг6, 1420, В95).

Во время проведения эксперимента лист из алюминиевого сплава Д16 не прошёл механическое испытание в форме многоцикловой прокатки и утратил все свои прочностные и структурные характеристики [5].

Листы из алюминиевого сплава АМц успешно прошли все механические испытания в ходе проведения эксперимента. Таким образом, были получены все необходимые данные для анализа испытуемого материала.

Было установлено, что с уменьшением толщины листа из алюминиевого сплава АМц в отожженном состоянии происходит увеличение его прочности. Касательно относительного удлинения была получена следующая закономерность: сначала происходило уменьшение пластических свойств образцов, однако, достигнув определенного значения толщины (в нашем случае - 0,6 мм), пластические свойства образца вновь начинали возрастать.

Также было установлено, что в случае нагартованных листов из алюминиевого сплава АМц имеет место прямо пропорциональная зависимость - по мере уменьшения толщины образцов уменьшается предел прочности, относительное удлинение, а также условный предел текучести.

- 1. ГОСТ 4784-74. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки [Текст] / Введ. 1974. М.: Изд-во стандартов, 1974. 32 с.
- 2. Колачев, Б. А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов [Текст]/ Б. А. Колачев, В. А. Ливанов, В. И. Елагин. –М.: Металлургия, 2005. 416 с.
- 3. Мондольфо, Л. Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов [Текст]/ Л. Ф. Мондольфо. М.: Металлургия, 1979. 640 с.
- 4. Burchitz, I. Highlights of designing with Hylite—a new material concept Materials Science and Design [Text]/ R.S. Boesenkool, Zwaag van der, M. Tassoul. M.: Aluminium, №26 2005. P. 271–279.
- 5. Колпашников, А. И. Прокатка листов из легких сплавов [Текст]/ А.И. Колпашников. М.: Металлургия, 1979. 264 с.

УДК 629.7.02

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

© Спирина М.О., Куркин Е.И.

e-mail: maryspirina@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Проектирование пространственных, высоконагруженных конструкций представляют собой сложный, итерационный процесс, основанной на высокоточном математическом моделировании. При проектировании изделия одним из основных этапов является выбор силовой схемы конструкции [1, 2, 3]. При выборе силовой схемы, удовлетворяющей заданным требованиями, может быть использован метод топологической оптимизации конструкции на основе модели тела переменной плотности, которое представляет собой пространство проектирования [4, 5, 6]. Применение топологической оптимизации при проектировании сложных, пространственных конструкций позволяет сократить массу спроектировать конструкцию удовлетворяющую граничным Уменьшение массы конструкции без ухудшения прочностных свойств возможно путем замены традиционного материала на композитные. Проектирование пространственнонагруженных конструкций из полимерных композиционных материалов успешно реализовано в авиационной технике [7, 8]. Целью данной работы является определение эффективности использования топологической оптимизации при проектирования сложных пространственно-нагруженных конструкций, на примере оценки различных вариантов конструкций кронштейна.

создании новой формы кронштейна первым этапом выполнялась топологическая оптимизация. Тело переменной плотности создавалось с учётом ограничений, накладываемых способом закрепления, и сил, действующих в заданными случаями нагружения. Результат топологической соответствии с оптимизации представляет собой геометрию, состоящую из элементов сетки (фасет). Полученную конструкцию невозможно изготовить традиционными способами, поэтому производилась её обработка и сглаживание. Выполнялся прочностной расчёт каждого варианта конструкции и его доработка в соответствии с результатами расчёта. Разработан вариант конструкции для изготовления методом инжекционного литья из композиционных материалов, армированными короткими высокопрочными волокнами. В конструкции учтены технологические ограничения, накладываемые методом изготовления. Во избежание технологического дефекта «непролива» толщины такого варианта конструкции подбирались с помощью параметрической оптимизации.

При оценки эффективности использования топологической оптимизации рассмотрено три варианта конструкции кронштейна: исходная конструкция; конструкция, полученная в результате топологической оптимизации без её последующей обработки; конструкция, подготовленная для изготовления методом литья под давлением из короткоармированного композиционного материала.

Оценка эффективности проектирования конструкции проводилась с помощью безразмерных критериев. Величину и протяженность действия внутренних усилий в конструкции оценена с помощью силового фактора G [4, 9]:  $G = \int_V \sigma_{ekv} dV$ , который

может быть приведен к безразмерному виду, путем нормирования на характерный линейный размер L и силу  $F: C_K = \frac{G}{F \cdot L}$  [10]. Безразмерный коэффициент  $C_K$  может служить критерием весового совершенства конструкции — чем меньше значение, тем эффективнее (более короткий путь и при меньших напряжениях) конструкция передает нагрузку [10]. Технологическое совершенство конструкции может быть оценено с помощью безразмерного коэффициента  $\varphi = \frac{V\sigma^{\text{lim}}}{G}$  [10].

Расчеты безразмерных критериев показали, что топологическая оптимизация конструкции позволила в 3,8 раза увеличить весовую эффективность конструкции. Использование конструкций из короткоармированных композитов позволяет сохранить высокую эффективность конструкции, но требует учёта технологических ограничений, приводящих к появлению мало нагруженного материала. Тем не менее, переход к технологии литья под давлением не более чем на 10% понизил технологическое совершенство конструкции и позволил улучшить общую эффективность изделия.

Представленный метод оценки весовой эффективности конструкций позволил в безразмерном виде количественно оценить результат топологически оптимальных конструкций и количественно оценить влияние технологических ограничений на эффективность выпускаемой продукции.

#### Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке  $P\Phi\Phi U$  в рамках научного проекта № 18-31-20071мол а вед.

- 1. Комаров В.А., Кузнецов А.С. Выбор облика летательного аппарата с использованием технологии многодисциплинарной оптимизации: электрон. учеб. пособие/ Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королёва (нац. исслед. ун-т). Электрон. текстовые и граф. дан. (7 Мбайт). Самара, 2012. 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
- 2. Головченко Я.О. Выбор рациональных конструктивно-силовых схем агрегатов самолета из композитов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии № 63,2014.-C.5-11
- 3. Редько А.А. Выбор в первом приближении конструктивно-силовой схемы крыла на этапе эскизного проектирования // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии № 62, 2013. С.13-20
- 4. Комаров В.А. Проектирование силовых схем авиационных конструкций / Актуальные проблемы авиационной науки и техники. М.: Машиностроение, 1984. С. 114–129.
- 5. Комаров В. А., Рациональное проектирование силовых авиационных конструкций: дисс, докт. техн.наук.— Московский авиац. ин-т— Москов, 1976.— 329 с.
- 6. Komarov V.A., Boldyrev A.V., Kuznetsov A.S., Lapteva M.Yu. Aircraft design using a variable density model // Aircraft Engineering and Aerospace Techology: An Int Journal, 84 (3) (2012), pp. 162-171.
- 7. 1st PEEK thermoplastic structural component in the A350 //: http://bloga350.blogspot.com/2015/10/1st-peek-thermoplastic-structural.html
- 8. Stepashkin A.A., Chukov D.I., Senatov F.S., Salimon A.I., Korsunsky A.M., Kaloshkin S.D. 3D-printed PEEK-Carbon Fiber (CF) composites: Structure and thermal properties // Composites Science and Technology. 2018
- 9. Комаров В.А. Весовой анализ авиационных конструкций: теоретические основы // Полет. 2000. C. 31-39.
- 10. Комаров В.А. Безразмерный критерий силового совершенства конструкций //Механика твердого тела, №4, 2018 C. 34 47.

УДК 629.7.02

#### ОЦЕНКА ЖЕСТКОСТИ АНИЗОТРОПНОГО КОРОТКОАРМИРОВАННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ГОМОГЕНЕЗАЦИИ

#### © Спирина М.О., Куркин Е.И.

e-mail: maryspirina@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Использование композиционных материалов в конструкциях современных летательных аппаратов, таких как Boeing 787, Airbus A350, MC-21 позволяет снизить массу конструкции более чем на 50%. Снижение веса конструкций аэрокосмического назначения возможно за счет использования композитов, армированных короткими волокнами, обеспечивающих изготовление сложных пространственно нагруженных конструкций методом инжекционного литья с минимальной механической доработкой. Так, применение Victrex PEEK 90HMF40 для изготовления узла навески двери на Airbus A350-900 позволило на 40% снизить вес и стоимость узла [1]. Применение таких материалов в конструкциях аэрокосмической техники требует применение методов математического моделирования характеристик высокоточного используемого материала. Одним ИЗ таких методов является создание многоуровневых математических моделей короткоармированного композиционного материала, которые позволяют учитывать анизотропию его свойств.

В рамках работы разработаны методики расчета характеристик короткоармированного композиционного материала, учитывающей микромеханические зависимости основе принципов Дж. Эшелби [2]. На основе отдельных характеристик связующего и волокна происходит гомогенизация композиционного материала — расчет тензора Эшелби и значений констант эффективных модулей упругости и матрицы жесткости однонаправленного композита [3, 4, 5]. Учет ориентации армирующих волокон, проводится на основе подхода, представленного в работах [6] и [7].

Реализация расчета характеристик короткоармированного композиционного материала выполнена в виде программ в системах Maple и MATLAB, позволяющих проводить оценку жесткости композита с учетом анизотропии его характеристик и направления прилагаемой нагрузки. Проведено сравнение полученных результатов с расчетами в системе Digimat, которое показало хорошую сходимость результатов.

#### Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке  $P\Phi\Phi U$  в рамках научного проекта № 18-31-20071мол а вед.

- 1. 1st PEEK thermoplastic structural component in the A350 //http://bloga350.blogspot.com/2015/10/1st-peek-thermoplastic-structural.html
- 2. Eshelby J.D. The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems // Proceedings of the Royal Society, 1957. P. 376–396.

### **Секция 2**. Перспективные материалы и технологии изготовления изделий ракетно-космической техники

- 3. Eshelby J.D. The elastic field outside an ellipsoidal inclusion// Proceedings of the Royal Society, 1959. P. 561–569.
- 4. Mori T., Tanaka K. Average stress in matrix and average elastic energy of materials with misfitting inclusions // Acta Metallurgica V. 21, Issue 5, 1973. P. 571-574.
- 5. Tandon G.P., Weng G.J. The effect of aspect ratio of inclusions on the elastic properties of unidirectionally aligned composites // Polymer composites. Vol. 5. №4. 1984. C. 327-333.
- 6. Advani S.G., Tucker C.L. A numerical simulation of short fiber orientation in compression molding // Polymer Composites, 1990, 11(3), 164-173. https://doi.org/10.1002/pc.750110305
- 7. Gusev A.A. Finite element estimates of viscoelastic stiffness of short glass fiber reinforced composites // Composite Structures V.171, 2017 P. 53-62.

УДК 669.715

# АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ УПРУГОГО ПРУЖИНЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ПРИ ФОРМООБРАЗОВАНИИ ОБТЯЖКОЙ ОБОЛОЧЕК ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ

#### © Тиабашвили А.Т., Михеев В.А.

e-mail: tiabashvili94@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

На сегодняшнее время процесс обтяжки находит широкое применение в производстве крупногабаритных обшивок летательных аппаратов (ЛА) одинарной и двойной кривизны. Обтяжка представляет собой процесс формоизменения листовой заготовки по обтяжному пуансону посредством приложения к ее краям растягивающих усилий с одновременным перемещением зажимных блоков обтяжного пресса. К обшивкам ЛА зачастую предъявляются повышенные требования, особенно по качеству внешней поверхности, по точности и форме обводов, получаемых в результате формообразующих операций [1]. Также высокие требования предъявляются и к прочности обшивок при действии нагрузок в определенных направлениях, аналогично изделиям из композиционного материала [2].

Формоизменение листовой заготовки при обтяжке происходит вследствие развития очага пластической деформации с утонением по толщине. Однако, после окончания процесса деформации и снятия нагрузки, остаточные упругие деформации приводят к тому, что форма поверхности оболочки отличается от формы поверхности обтяжного пуансона, в результате чего существенно понижается точность изготовления детали. Для анализа упругой разгрузки оболочки двойной кривизны необходимо ввести следующие допущения:

- 1. Остаточное напряженно-деформированное состояние элементов оболочки может быть определено в рамках линейной теории тонких упругих оболочек [3];
- 2. Оболочка двойной кривизны при разгрузке испытывает осесимметричный изгиб относительно центрального сечения [4];
- 3. Процесс деформации происходит в рамках моментного напряженного состояния.

Аналитический расчет пружинения листовых оболочек основан на гипотезах Кирхгофа-Лява. Предполагается, что слои, эквидистантные по отношению к срединному слою, не испытывают нормальных сил взаимодействия. В результате внутренние напряжения представляются в виде функций двух криволинейных параметрических координат  $\alpha$  и  $\beta$ , используя срединную поверхность элемента [5].

В результате решения системы уравнений равновесия и пластичности в рамках моментного напряженного состояние получено уравнение, которое определяет минимальную деформацию растяжения заготовки при обтяжке оболочки без пружинения. В данную формулу в качестве переменных входят геометрические параметры оболочки и механические свойства материала, а напряжения не учитываются.

Пружинение оказывает значительное влияние на точность получения обтяжкой готовых изделий, особенно при малых степенях деформации. При этом наименьшее изменение кривизны оболочки будет тогда, когда заготовка по всему сечению

деформируется равномерно и за пределом текучести. В этом случае изменение кривизны происходит только за счет упрочнения металла. Необходимое усилие растяжения в зависимости от последовательности приложения внешних нагрузок может быть установлено исходя из прочности материала в конце процесса обтяжки.

- 1. Барвинок, В.А., Сборочные, монтажные и испытательные процессы в производстве летательных аппаратов: Учебник для студентов высших технических заведений [Текст] В.А. Барвинок, В.И. Богданович, П.А. Бордаков, Б.П. Пешков, И.Н. Желтов, И.А. Докукина. М.: Машиностроение, 1996. 576 с.
- 2. Михеев, В.А., Совершенствование процессов формообразования обтяжкой оболочек двойной кривизны [Текст] / В.А. Михеев, А.Ф. Гречникова, А.А. Кузина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2011. Т.13, №4 (42). С. 217 224.
  - 3. Гольденвейзер, А. Л. Теория упругих тонких оболочек [Текст]. М.: Наука, 1976. 512 с.
- 4. Филин, А.П. Элементы теории оболочек [Текст] / А.П. Филин. Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1987.-384 с.
  - 5. Новожилов, В.В. Теория тонких оболочек [Текст] Л.: Судпромгиз, 1962. 431 с.

УДК 669.018.262

#### ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ НА ШТАМПУЕМОСТЬ ЛИСТОВЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

#### © Трибунский А.В., Носова Е.А.

e-mail: tribunsky.alexander@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В настоящее время в машиностроении наблюдается тенденция снижения массы конструкций из алюминиевых сплавов за счёт уменьшения их толщины. Уменьшение толщины полос и лент приводит к снижению их пластичности, и, как следствие к снижению технологичности в операциях листовой штамповки [1]. Для установления влияния толщины на штампуемость алюминиевых сплавов были установлены технологические характеристики листовых алюминиевых сплавов 3005, A5, 5182 толщиной 0,25 мм. Полученные значения были сопоставлены с результатами для листов и лент большей толщины.

Штампуемость оценивали с помощью испытаний на изгиб на 180° до полного прилегания полок ленты, технологических испытаний на вытяжку по Эриксену (ГОСТ 10510-80), а также с помощью числа текучести.

Режимы отжига выбирали по данным [2; 3] для каждого сплава. Для сплава 3005 применялся отжиг в интервале температур 230-300°C в течение 5 минут. Для технически чистого алюминия А5 отжиг проводили при температурах 240-270°C в течение 7 минут. Для сплава 5182 температура отжига 340°C с длительностью 1 час.

Для определения числа текучести находили отношение предела текучести к пределу прочности, которые были получены в результате испытаний на одноосное растяжение по ГОСТ 11701. Образцы вырезали в продольном и поперечном направлении относительно оси прокатки.

По результатам проведенных испытаний установлено, что:

 $1.~\mathrm{B}$  результате отжига металл улучшил свои пластические показатели на изгиб на  $180^\circ$ : все сплавы  $3005,~5182,~\mathrm{A}5$  выдержали испытания на изгиб после отжига (см. рис.). Показатели тонких образцов оказались ниже, чем у образцов большей толщины.

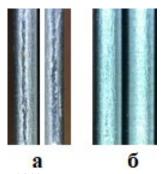


Рис. Образцы после изгиба на  $180^{\circ}$ : a-в нагартованном состоянии, b-в отожжённом состоянии

2. В результате отжига тонких образцов происходит повышение относительного удлинения: для сплава 3005- в 4 раза (в нагартованном состоянии  $\delta$ =7 %, в отожжённом -  $\delta$ =27,87 %), для сплава 5182H- в 1,5 раза (в нагартованном состоянии  $\delta$ =12%, в отожжённом -  $\delta$ =18,8 %); для технического алюминия A5- в 9 раз (в

нагартованном состоянии  $\delta=5$  %%, в отожжённом -  $\delta=39,2$  %). По сравнению с образцами большей толщины эти показатели оказались ниже. Поперечные образцы имели более высокие показатели относительного удлинения, чем продольные.

- 3. Высота сферической лунки по Эриксену у тонких листов в отожжённом состоянии увеличилась: у сплава 3005 от 3.7 до 4.8 мм; у сплава 5182 от 5.4 до 7.1 мм, у технического алюминия 45 от 100 н=100 до 100 до 100 мм. Полученные значения оказались ниже, чем у образцов большей толщины.
- 4. Число текучести после отжига понизилось только у сплава 3005 (от 0,066 в нагартованном состоянии до 0,052 в отожжённом), а у остальных образцов заметно увеличилось: у сплава 5182 от 0,029 до 0,046; у технического алюминия A5 от 0,039 до 0,12.

- 1. Технологические процессы в машиностроении: учеб для вузов / С.И. Богодухов, Е.В. Бондаренко, А.Г. Схиртладзе, Р.М. Сулейманов, А.Д. Проскурин; под общ. Ред. С.И. Богодухова. М.: Машиностроение, 2009, -640 с.
- 2. Кишкина С.И., Фридляндер И.Н. Под ред. Р.Е. Шалина. Справочник в 9-ти томах. 6-е изд., перераб. и доп. М.: ОНТИ, 1982. 625 с.
- 3. Колачев Б. А., Елагин В. И., Ливанов В. А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: МИСИС,  $2005.-432~\rm c.$

УДК 621.762

# СВС НАНОПОРОШКА НИТРИДА АЛЮМИНИЯ ИЗ СМЕСИ «AL + (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>ALF<sub>6</sub> + NAN<sub>3</sub>»

© Уварова И.А., Титова Ю.В., Майдан Д.А.

e-mail: mr.simple2@mail.ru

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация

Нитрид алюминия является единственным техническим керамическим материалом, который обладает чрезвычайно интересным сочетанием крайне высокой теплопроводности и отличных изоляционных свойств. Этими свойствами обусловлено широкое применение AIN в энергетике и микроэлектронике, а также в качестве армирующей фазы в алюмоматричных композиционных материалах. Высокодисперсный порошок AlN трудно получить с помощью обычного механического измельчения, поэтому было разработано большое количество химических и физико-химических методов его получения, таких как прямое азотирование, плазмохимический синтез, карботермический синтез, химическое осаждение из газовой фазы, взрыв алюминиевой проволоки и др. [1-5]. Однако из-за большого энергопотребления, сложного оборудования, высокой стоимости сырья, большинство из этих методов не используется для производства нано- и ультрадисперсного порошка AlN.

В связи несомненный интерес ЭТИМ представляет технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), характеризующаяся малым энергопотреблением, простым малогабаритным оборудованием, возможностью использования недорого сырья [6]. Для решения задачи получения нанопорошка AlN по ресурсосберегающей технологии СВС перспективно использование такого ее варианта как азидная технология СВС, которая основана на использовании азида натрия (NaN<sub>3</sub>) и галоидных солей. Среди неорганических галоидных солей, которые могут быть использованы в системах CBC-A3 (AlF<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>, K<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>), наибольшего внимания заслуживает комплексная соль галогенида азотируемого элемента – гексафторалюминат аммония.

Целью данной работы является исследование возможности получения микро- и наноразмерного порошка нитрида алюминия по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с использованием азида натрия и галоидной соли (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>.

Уравнение получения нитрида алюминия выглядит следующим образом:

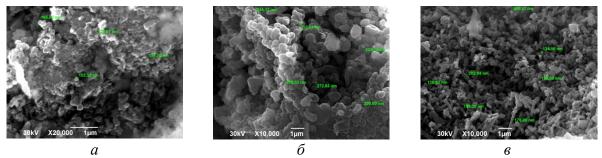
$$(NH_4)_3AIF_6 + 6NaN_3 + nAI = (n+1)AIN + 6NaF + 6H_2 + \frac{(20-n)}{2}N_2$$

Количество алюминия в исходной смеси варьировали от 0 до 20 молей. На рисунках 1 и 2 представлены результаты термодинамического анализа горения смеси «(NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> + 6NaN<sub>3</sub> + nAl» при различном содержании Al.

В таблице представлены результаты количественного рентгенофазового анализа продуктов горения смеси « $(NH_4)_3AlF_6 + 6NaN_3 + nAl$ ».

Содержание Al, <i>m</i> , моль	AlN, macc. %	Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub> , масс. %
0	39,0	61,0
10	80,5	19,5
20	95,0	5,0

На рисунке представлены результаты микроструктурного анализа продуктов горения смеси « $(NH_4)_3AlF_6 + 6NaN_3 + nAl$ ».



Из представленных данных видно, что при варьировании соотношения исходных компонентов изменяется не только содержание целевой фазы AlN, но и размер и морфология частиц порошка нитрида алюминия. В отсутствие энергетической добавки порошка Al продукт горения представляет собой агломераты равноосных наночастиц размером около 100 нм. При содержании Al в шихте в количестве 10 молей, AlN представляет собой ультрадисперсные частицы сферической формы, диаметром 200-400 нм. При увеличении содержания Al до 20 молей, синтезируется в виде ультрадисперсных волокон диаметром 100-300 нм и длиной до 3 мкм. Это обусловлено увеличением температуры и скорости горения смесей с увеличением содержания Al.

- 1. Ремпель А.А. // Успехи химии. 2007. № 76(5). С. 474.
- 2. Kim K. // Journal of Crystal Growth. 2005. V. 283. P. 540.
- 3. Wu N., Tsai M., Wang M., Liu H. // Journal of Crystal Growth. 2000. V. 208. P. 189.
- 4. Wang H.L., Lv H.M., Chen G.D., Ye H.G. // Journal of Alloys and Compounds. 2009. V. 477. P. 580.
- 5. Бекетов И.В. // Вторая Всероссийская конференция по наноматериалам «НАНО 2007» (13-16 марта 2007 года, Новосибирск). 2007. С. 109.
- 6. Амосов А.П., Бичуров Г.В. Азидная технология самораспростра-няющегося высокотемпературного синтеза микро- и нанопорошков нитридов. М.: Машиностроение-1, 2007.526 с.

УДК 620.186.82: 620.186.84

# ИССЛЕДОВАНИЕ А-ТВЕРДОГО РАСТВОРА ЛАТУННОГО СПЛАВА МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ

#### © Чаплыгин К.К., Епифанцев М.А., Воронин С.В.

e-mail: chapkostya96@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Для конечно-элементного моделирования требуются значения механических свойств структурных составляющих. К механическим свойствам относятся модуль упругости, коэффициент Пуассона, твердость, кристаллографическая ориентация зёрен и другие.

В данной работе производилось измерение модуля упругости образца латунного сплава методом сканирующей зондовой микроскопии на приборе «НаноСкан». Образец предварительно был подготовлен методом механической полировки на шлифовальном круге, а далее был подвергнут электролитическому травлению при заданных режимах. Структура образца представлена на рисунке.

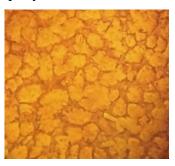


Рис. Структура образца после электролитического травления

Как видно из рисунка, на структуре образца наблюдается две явно различимые фазы. Светлая область  $\alpha$ -фаза, а тёмная  $\beta$ -фаза.  $\alpha$ -фаза — это твёрдый раствор цинка в ГЦК-меди. Именно измерение модуля упругости данной фазы являлось целью данной работы, поскольку данное исследование выполнено в рамках апробации методики, представленной в [1], где также применялся сплав с ГЦК-решеткой.

Далее производилось сканирование поверхности образца на «НаноСкан». После сканирования измерялись значения модуля упругости каждой отдельной фазы.

В результате исследования определено, что зёрна  $\alpha$ -фазы обладают модулем упругости в диапазоне от 188 ГПа до 242 ГПа, что выше, чем чистая медь. Это можно объяснить внедрением цинка в ГЦК решётку меди.

#### Библиографический список

1. Воронин С.В. Методика определения кристаллографической ориентации зерен алюминиевого сплава АД1 в поляризованном свете. [Текст] / Воронин С.В., Чаплыгин К.К. Вестник московского авиационного института. Москва, Россия, 2018 г., №1, Том 25. с.202-208

УДК 678.027

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ РАСЧЕТА ОРИЕНТАЦИИ АРМИРУЮЩИХ ВОЛОКОН В КРОНШТЕЙНЕ, ИЗГОТОВЛЕННОМ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

#### © Чертыковцева В.О., Куркин Е.И.

e-mail: vladislaava.s@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Современным технологическим способом изготовления сложных пространственнонагруженных конструкций из короткоармированного композиционного материала является литьё под давлением. Управление анизотропией позволяет влиять на механические характеристики изделия. Методология расчета ориентации волокон более подробно описана в [1]. Верификация результатов расчета ориентации армирующих волокон экспериментальными методами, в частности электронной микроскопией, позволяет оценить точность моделирования литья и подтвердить достоверность предсказания анизотропии механических характеристик.

Исследуемым материалом является композиционный материал на базе связующего РА6 [2], армированный короткими угольными волокнами с массовой долей 20%. Характеристики материала взяты из базы данных Moldex3D. Технологические параметры определены возможностями изготовления аэрокосмического кронштейна при литье на формовочной инжекционно-литьевой машине Negri Bossi VE210-1700. Скорость движения шнека составила 40 мм/с; максимальное давление на шнеке – 60 МПа; температура формы – 90°С; температура состава – 250°С. В результате расчета получено распределение волокон внутри кронштейна.

Проведена экспериментальная оценка структуры образца материала вблизи втулки на электронном микроскопе Tescan Vega, которая подтвердила достоверность теоретического предсказания ориентации армирующих волокон при литье пространственных конструкций сложной формы (см. рис.). Вблизи внутреннего края втулки волокна расположены преимущественно вдоль направления литья, а вблизи внешнего края наблюдается хаотичное расположение волокон.

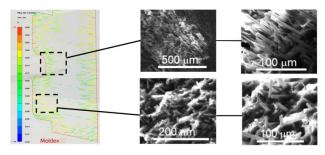


Рис. Сравнение структуры материала, полученной при моделировании и на электронном микроскопе

#### Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта N 18-31-20071 мол\_а\_вед.

- 1. G. B. Jeffery, "The motion of ellipsoidal particles immersed in a viscous fluid," Proceedings of the Royal Society, 1922, Vol. 102, Pp. 161–179.
- 2. Основные характеристики угленаполненного полиамида [Электронный ресурс] URL: http://gamma-plast.ru/poliamid/uglenapolnenniy/ (дата обращения 27.03.2019).

### Секция 3

Аэродинамика, динамика полета, управление и навигация летательных аппаратов

### GNSS NAVIGATION FIELD FOR TRAJECTORY TO THE MOON

#### © Hussein Abo Kenan

e-mail: Hussein it@live.com

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

The 14 space agencies of the International Space Exploration Coordination Group (ISECG) state a desire to return to the moon in the next decade in the 2018 Global Exploration Roadmap (GER). Two Critical technology gaps identified by the GER first is AR&D Proximity Operations, Target Relative Navigation second Beyond-LEO crew autonomy, GNSS on lunar missions would enable autonomous navigation, reduce tracking and operations costs, provide a backup/redundant navigation for human safety, provide timing source for hosted payloads and reduce risk for commercial development, Indeed, space remains a challenging operational environment, particularly on the way from the Earth to the Moon, characterized by weaker signals with wider power variability, larger dynamic ranges resulting in higher Doppler and Doppler rates, critically lower satellite signal availability, and poorer satellites-to-user geometry, The objective of this work is to study the GNSS navigation field for the spacecraft trajectory to the moon.

### ESTIMATION OF POTENTIAL NAVIGATION ACCURACY USING GNSS ON FIRST STAGE OF TRANSFER TO THE MOON

### © Al-Saliha Ibraheemalkhalil Emad Khudhur

e-mail: ibrahem.imad67@yahoo.com

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

Reaching the Moon poses very strict requirements in terms of performance, flexibility and cost for all the spacecraft subsystems. These requirements become more stringent if the mission is designed to be accomplished using a small spacecraft. The navigation subsystem is without any doubts essential and nowadays, several systems offer different solutions to the navigation problem. Global Navigation Satellite Systems (GNSSs), such as GPS, GLONASS, and the future Galileo and BeiDou, were originally designed to provide position, velocity and timing (PVT) services for land, maritime, and aircrafts users. According to the European Space Agency (ESA) Lunar Exploration program, the use of GNSS weak-signalnavigation in future lunar exploration missions has the potential to increase the robustness of the navigation during all mission phases and improve considerably its autonomy. The major objectives of the ESA Moon-GNSS project have been to determine the feasibility of using GNSS (GPS/Galileo) weak-signal technology in future lunar missions to improve the navigation performance in terms of accuracy, cost reduction and autonomy. Finally, the objective of this work is to Estimation of potential navigation accuracy using GNSS on first stage of transfer to the Moon.

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРУППОВОГО ПОЛЁТА НАНОСПУТНИКОВ

### © Васин П.В., Аваряскин Д.П.

e-mail: shans-vpv@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Целью работы является разработка упрощённой математической модели и предварительное исследование эффективности применения электротермической двигательной установки для маневрирования наноспутников, разработанной на межвузовской кафедре космических исследований Самарского университета, и формирование рекомендаций для циклограммы полёта наноспутника SamSat-M при групповом полёте.

На данном этапе работы рассматривается групповой полёт двух наноспутников, один из которых совершает пассивный орбитальный полёт по круговой орбите, а второй оснащён двигательной установкой (SamSat-M) и имеет возможность совершать манёвры. Принято, что для успешного совершения группового полёта и выполнения миссии требуется обеспечивать расстояние между наноспутниками не более 10 км. Для этих целей необходимо провести исследование относительного движения и определить циклограмму выдачи корректирующих импульсов для поддержания заданного расстояния.

Для исследования применяется стахостическая модель выдачи импульса, поскольку при движении центра масс наноспутника продольная ось может иметь случайный характер направления. Также учитывается уменьшение массы наноспутника вследствие выгорания топлива. Для моделирования движения группы наноспутников используется известная математическая модель относительного движения для случая линеаризованного центрального гравитационного поля при отсутствии возмущающих сил [1].

В результате работы сформулированы рекомендации для циклограммы полёта наноспутника SamSat-M при групповом полёте в части выдачи корректирующих импульсов для поддержания заданного расстояния.

### Библиографический список

1. Аппазов, Р.Ф. Методы проектирования траекторий носителей и спутников [Текст]/ Р.Ф. Аппазов, О.Г. Сытин. – М.: Наука, 1987. – 440с.

УДК 629.7.01

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ НА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ПОЛЕТА КОНВЕРТОПЛАНА

### © Гирфанов А.М., Пискунов Е.Д.

e-mail: amgirfanov@kai.ru, piskunoved@stud.kai.ru

Казанский национальный исследовательский университет имени А.Н. Туполева – КАИ, Республика Татарстан, Российская Федерация

В данной работе рассмотрены особенности переходного режима конвертоплана. Сформулированы ограничения параметров полёта при данном режиме, а также возможные пути их решения.

В рамках данной работы под конвертопланом будет подразумеваться беспилотный летательный аппарат (БПЛА), способный совершать полёт в качестве традиционного двухвинтового самолета, так и в качестве вертолёта поперечной схемы, что достигается поворотом двигателей.

Так как потребная тяговооруженность горизонтального полета у самолетов значительно меньше по сравнению с вертолетами и самолётами вертикального взлета и посадки (СВВП), около 0,3 против  $1 < \overline{P_0}$ , то и расход топлива так же меньше. Однако применение вертолетов обусловлено возможностью вертикального взлета и посадки, а также зависанием. Конвертоплан, за счет сочетания режимов полета, свойственных самолетам и вертолетам, позволяет оперативно разместить ЛА вертолётного типа, экономя топливо, что является одним из важных аспектов в авиации, так как влияет одновременно на множество важных характеристик ЛА (например на взлетную массу, дальность полета)

При проектировании конвертоплана требуется помимо расчёта характеристик ЛА на привычных этапах полёта (взлет, набор высоты, устоявшийся горизонтальный полет, снижение, посадка) определить параметры полёта для переходного режима. При переходном режиме движитель меняет свой угол установки относительно горизонтальной плоскости ЛА с помощью поворотного механизма, при этом аппарат должен продолжать движение со скоростью выше скорости сваливания в течении всего перехода и иметь достаточную подъёмную силу, для поддержания высоты. Данные требования осложняют осуществление переходного режима, так как при повороте винта создаваемая им тяга в требуемом для исходного режима направлении уменьшается и становится зависимостью от угла установки в данный момент перехода  $P = f(\phi_P, t)$ . В общем, требуется удовлетворить удовлетворить определенным требованиям к параметрам полета при переходном режиме, в докладе будет предложена формула.

Самое трудное при решении этой задачи — определение сил и моментов, создаваемых винтами конвертоплана [1]. Поэтому при вычислении нагружения приняты следующие допущения:

- 1. лопасти являются абсолютно жесткими;
- 2. аэродинамическая нагрузка вычисляется на основе элементно-импульсной теории;
- 3. индуктивная скорость вычисляется с учетом первой гармоники наравномерности обтекания диска винта [2].

Данная математическая модель позволит с достаточной точностью вычислить потребное управление на переходном режиме конвертоплана.

- 1. Миль М.Л., Некрасов А.В., Браверман А.С., Гродко Л.Н., Лейканд М.А. Вертолеты. М.: Машиностроение, 1966. Кн. 1. 455 с.
  - 2. У.Джонсон. Теория вертолета. М.: Мир, 1983. Кн.1.

УДК 533.682

### РАСЧЁТ ПОДЪЁМНОЙ СИЛЫ ПЛАСТИНЫ ВБЛИЗИ ЭКРАНА МЕТОДОМ ДИСКРЕТНЫХ ВИХРЕЙ

© Гуренков А.С., Климашин С.В., Фролов В.А.

e-mail:gurenkovas@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Экранный эффект возникает при полёте летательного аппарата на близком расстоянии от экрана (земли, воды). Помимо самолётов, которые испытывают влияние экрана на режимах взлёта и посадки, существует целый класс летательных аппаратов, основанных на этом эффекте — экранопланы. Различным аспектам исследования этого эффекта посвящено большое количество работ [1-5]. В нашем исследовании произведён расчёт подъёмной силы пластины вблизи экрана.

Математическая модель основана на методе дискретных вихрей (МДВ). Разработка модели прошла в два основных этапа: первый заключался в разработке модели расчёта подъёмной силы пластины в безграничном несжимаемом потоке газа, при различных углах атаки. Основываясь на известных исследованиях [1, с.155], утверждающих, что для плоской изолированной пластины значение коэффициента подъёмной силы не зависит от числа разбиений на участки, разработана математическая модель расчёта и программное приложение, визуализирующее линии тока вблизи платины. На втором этапе произведено моделирование влияния экрана методом отражения. Для нахождения подъёмной силы был применён МДВ. Его сущность заключается в том, что плоская пластина разбивается на*п*-ое количество отрезков, на каждом из которых на расстоянии <sup>1</sup>/<sub>4</sub> от начала размещается вихрь, а на расстоянии <sup>3</sup>/<sub>4</sub>размещается контрольная точка, в которой выполняется условие не протекания. Дальнейшие вычисления сводятся к нахождению неизвестных циркуляций дискретных вихрей посредством решения СЛАУ

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{\Gamma} = \mathbf{R}$$
,

в которой  ${\bf A}$  — матрицааэродинамического влияния;  ${\bf \Gamma}$  — вектор-столбец неизвестных циркуляций;  ${\bf R}$  — вектор-столбецправых частей, определяемых невозмущённым потоком на бесконечности. Матрицааэродинамического влияниязаполняется по следующей формуле:

$$A_{i,j} = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{(x_{c,i} - x_{v,j}) \cos \alpha + (y_{c,i} - y_{v,j}) \sin \alpha}{(x_{c,i} - x_{v,j})^2 + (y_{c,i} - y_{v,j})^2} - \frac{(x_{c,i} - x_{v,j}) \cos \alpha + (y_{c,i} - \bar{y}_{v,j}) \sin \alpha}{(x_{c,i} - x_{v,j})^2 + (y_{c,i} - \bar{y}_{v,j})^2} \right),$$

где  $x_{c,i}$ ,  $y_{c,i}$  – координаты i-й контрольной точки;

 $\chi_{v,j}$ ,  $y_{v,j}$  —координаты j-го дискретного вихря;

 $\bar{y}_{v,j}$  — координатаj-го отражённого дискретного вихря.

Наличие экрана изменяет значение подъёмной силы пластины. На рисунке показан расчёт относительного коэффициента подъёмной силы $\overline{C}_{ya} = C_{yaH}/C_{yaH=\infty}$ , показывающий во сколько раз, наличие экрана увеличивает или уменьшает подъёмную силу пластины. Расчёты выполнены при количестве граничных элементов n=125.

Расчёты подтвердили известный факт [1, 3,5], что на небольшом расстоянии от экрана подъёмная сила пластины увеличиваетсяпри малых углах атаки и уменьшается при больших углах (см. рис.).

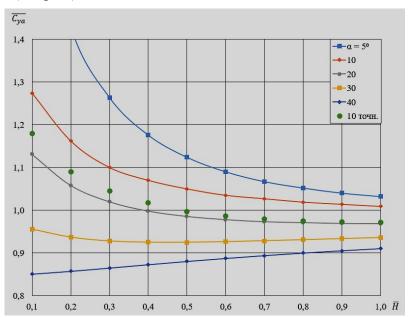


Рис. Зависимость относительного коэффициента подъёмной силы от относительной высоты над экраном и углов атаки

Сравнение полученного результата с точным решением [5] для угла атаки 10 град, погрешность находится в пределах 7%, что можно объяснить численной схемой рассматриваемого метода.

На основании полученных результатов можно констатировать, что чем меньше расстояние от экрана, тем больше подъёмная сила пластины, которая помереприближениякэкрану монотонно увеличиваетсядляугловатаки вплоть до 20 градусов, ипревышаетзначениетойжевеличиныприобтеканиибезграничнымпотоком. С увеличением угла атаки этот эффект постепенно пропадает, и подъёмная сила пластины даже уменьшается при приближении к экрану (см. рисунок, α=40 град). Для угла атаки 30 град наблюдается картина немонотонного изменения коэффициента подъёмной силы. Полученные результаты могут быть полезны при проектировании тонких аэродинамических профилей для полётов вблизи земли.

- 1. Белоцерковский, С.М. Тонкая несущая поверхность в дозвуковом потоке газа. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1965. 242 с.
- 2. Белоцерковский, С.М., Лифанов, И.К., Численные методы в сингулярных интегральных уравнениях. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. 256 с.
- 3. Ивантеева, Л.Г., Коновалов,С.И., Павловец,Г.А. Расчёт аэродинамических характеристик профиля в близи экрана при заданных значениях его геометрических параметров //УчёныезапискиЦАГИ. -1980. -T.XI. -№2. -C.1-9.
- 4. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа: Учеб. для вузов. 7-е., изд. М.: Дрофа, 2003. 840 с.
- 5. Терентьев, А.Г., Картузова, Т.В. Численное исследование обтекания профиля вблизи экрана //Изв. национ. акад. наук и искусств Чув. рес. − 1996. − №6. − С.94-104.

УДК 533.6

### МЕТОДИКА НАХОЖДЕНИЯ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА, УЧИТЫВАЮЩЕГО ВЛИЯНИЕ ТЕНЗОДЕРЖАВКИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ДОННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

© Железнов И.В., Пашков Д.А., Коноваленкова К.О., Фролов В.А.

e-mail: zheleznov.ilia2016@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара

Модели современных летательных аппаратов, предназначенных для широкого диапазона скоростей и высот, обязательно проходят испытания в аэродинамических трубах дозвуковых, околозвуковых и сверхзвуковых скоростей. Поэтому получение достоверных аэродинамических характеристик летательных аппаратов (ЛА) является важнейшей задачей.

Очень часто в аэродинамических исследованиях используются тензометрические весы, главным элементом которых является тензометрическая державка. Наличие державки отражается на коэффициенте донного сопротивления исследуемой модели ЛА. Возникает необходимость учёта влияния тензометрической державки на сопротивление модели ЛА и поэтому предлагается получить поправочный коэффициент, который позволит перейти к модели без наличия державки. Решить эту проблему можно, воспользовавшись следующей методикой нахождения поправочного коэффициента, учитывающего влияния тензометрической державки на донное сопротивление исследуемой модели ЛА. Для учёта влияния тензодержавки предлагается использовать два типа сборки модели ЛА, показанной на рисунке (а) и (б).

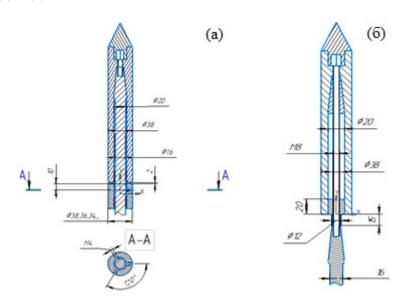


Рис. Сборка модели ЛА: (a) – установка модели ЛА и втулок на тензодержавку; (б)- установка модели ЛА с выносом за тензовесы

При использовании сборки модели ЛА на тензовесах (рисунок (a)) сменные втулки устанавливаются на расстоянии не более 2 мм от донного среза модели [2], что позволяет измерить коэффициент донного сопротивления с переменной площадью

донного среза. Сборка модели ЛА с выносом за тензовесы (рисунок (б)) позволяет получить коэффициент донного сопротивления с минимальным по сравнению со сборкой на тензовесах (рисунок (а)) диаметром втулки. Таким образом, изменяя диаметр втулки от максимального, равного диаметру модели ЛА, до минимального диаметра державки (рисунок (б)) можно получить зависимость коэффициента донного сопротивления от относительного диаметра втулки. Выведенный поправочный коэффициент, учитывающий относительную площадь донного среза, позволяет предсказать коэффициент лобового сопротивление модели ЛА без наличия тензодержавки.

Методика нахождения поправки, учитывающей влияние тензодержавки на результаты эксперимента, заключается в следующем:

- 1. Проводится испытание модели ЛА при нулевом угле атаки с втулкой диаметром равной диаметру донного среза ЛА. Особенностью данного испытания является нулевое значение коэффициента донного сопротивления. Полученный коэффициент лобового сопротивления [1] в данном случае содержит две неизменяемые составляющие: коэффициенты сопротивления трения, сопротивления давления носовой части модели ЛА
- 2. Проводятся испытания модели ЛА при нулевом угле атаки с втулками, диаметр которых меньше диаметра донного среза модели ЛА. Для каждого испытания коэффициент донного сопротивления модели ЛА вычисляется по известным формулам.

Предложенная методика может быть применима для всех исследованиях в аэродинамических трубах, когда модель устанавливается на тензодержавке.

- 1. Васильев, В.В. Расчёт аэродинамических характеристик летательных аппаратов [Электронный ресурс]/В.В. Васильев, А.Н. Никитин, В.А. Фролов,В.Г. Шахов. –Самара:СГАУ, 2012.–63 с.
- 2. Крауиныш П.Я. Гидравлика и гидропривод [Электронный ресурс]/ П.Я. Крауиныш, С.А. Смайлов, Б.Б. Мойзес. Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. Томск, 2006.  $223~\rm c$

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ КОРПУСА РАКЕТА-НОСИТЕЛЯ С БОКОВЫМИ УСКОРИТЕЛЯМИ

### © Иванова Д.Д., Рогачева Ю.А., Фролов В.А.

e-mail: iv4nova.darja@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Росийская Федерация

Аэродинамической интерференцией принято называть взаимодействие потоков, обтекающих отдельные элементы летательного аппарата (ЛА). Мерой интерференции служит изменение аэродинамических характеристик элемента ЛА по сравнению с характеристиками изолированного элемента. Знание аэродинамических свойств изолированных элементов ЛА и интерференционных поправок позволяет рассчитать аэродинамические характеристики полной конфигурации и выбирать оптимальное расположение элементов друг относительно друга [1].

работы экспериментальное определение коэффициентов интерференции для различных комбинаций ракеты-носителя (РН) с боковыми ускорителями (БУ) разных диаметров. В качестве объекта исследования выбрана модель компоновки РН в виде цилиндра с конической носовой частью со сменными БУ аналогичной формы, а также кронштейна, который позволяет обеспечить зазор для исключения передачи усилий между корпусом и БУ. В монографии К.П. Петрова [2] онжом найти сведения о коэффициентах интерференции. Экспериментальное исследование коэффициентов интерференции выполнено в аэродинамической трубе Самарского университета.

Проведена серия продувок для 3 комбинаций моделей изолированного корпусаи 42 комбинаций моделей корпуса с БУ диаметром 20, 30 и 40 мм. В таблице приведён перечень исследованных комбинаций.

Таблица. Схемы исследованных экспериментальных моделей

№	Название	Обозначение	№	Название	Обозначение	
1	Изолированный корпус	0	1.2	Изолированный корпус в присутствии кронштейна		
2.1	Схема «Плюс» с креплением БУ на кронштейн		2.2	Схема «Плюс» с жёстко закреплёнными БУ	9	
3.1	Схема с креплением БУ слева на кронштейне		3.2	Схема с жёстко закрепленным БУ слева	$\infty$	

### Продолжение таблицы

4.1	Схема с креплением БУ справа на кронштейне	4.2	Схема с жёстко закрепленным БУ справа	00
5.1	Схема с креплением БУ горизонтально на кронштейне	5.2	Схема с жёстко закрепленными БУ по горизонтали	$\infty$
6.1	Схема с креплением БУ сверху на кронштейне	6.2	Схема с жёстко закрепленным БУ сверху	8
7.1	Схема с креплением БУ снизу на кронштейне	7.2	Схема с жёстко закрепленным БУ снизу	8
8.1	Схема с креплением БУ вертикально на кронштейне	8.2	Схема с жёстко закрепленными БУ по вертикали	8

В результате исследования получены зависимости аэродинамических коэффициентов подъёмной силы и лобового сопротивления. Определены коэффициенты интерференции для комбинаций моделей РН с БУ разных диаметров.

Можно отметить, что БУ, располагающиеся в горизонтальной плоскости симметрии, увеличивают производную коэффициента нормальной силы по углу атаки, в то время как вертикально расположенные БУ могут приводить к снижению этой величины.

- 1. Энциклопедия техники. Интерференция аэродинамическая [Электронный ресурс] / Академик // URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc tech/2304 /Интерференция.
- 2. Петров, К.П. Аэродинамика транспортных космических систем [Текст]: учебное пособие /К.П. Петров. М.: 2000 368 с.

УДК 629.7.015.3

### БЕСПИЛОТНЫЙ АППАРАТ С НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКОЙ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АРКТИКИ

### © Каляева А.А., Фатхулова Д.А., Куклев Е.А.

e-mail: kalyaeva.anastasia@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Актуальность темы обусловлена важностью нового направления и перспективами реализации в РФ государственного проекта и программы освоения «Северного морского пути». Для обеспечения управления техногенными объектами в суровых условиях Севера необходимо и наиболее целесообразно применять перспективные средства коммуникации в виде беспилотных летательных аппаратов. При их эксплуатации в условиях Севера требуется совершать автономные полёты в зонах потери связи, обеспечить возврат на базу, посадку на нефтяные платформы или палубы кораблей.

Для этого требуется создание системы с нечеткой логикой управления, позволяющей принимать решения в условиях неопределённости ситуации. В работе установлены технические требования и параметры для проектируемой модели, подобраны наиболее подходящие для сборки детали. Для достижения поставленных целей возможны два варианта построения аппарата — небольшой разведывательный дрон или аппарат широкого назначения с большим временем полёта.

Сегодня основной проблемой в данной области является необходимость обеспечения работоспособности электронной аппаратуры, подогрев и повторный запуск для всех вариантов агрегатов. Решение этих проблем подробно и последовательно изложено в докладе. Доказана возможность создания аппаратов подобного типа, представлен сравнительный анализ существующих моделей и предложены способы их усовершенствования.

- 1. ПоповаЛ.Н. Применение беспилотных летательных аппаратов в условиях Крайнего Севера. 2016 №24 С. 105-108.
- 2. Веремеенко К.К., и др. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009, 554 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОСПУТНИКОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ

© Карденас А., Щербаков М.С.

e-mail: Ing.cardenas2@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Космическая погода — совокупность явлений, происходящих в верхних слоях земной атмосферы, в ионосфере и околоземном космическом пространстве. Это геомагнитная и солнечная активность, космическая радиация. С появлением первых космических аппаратов, а впоследствии и наноспутников, их стали использовать для изучения космической погоды. Первым наноспутником для изучения околополярных явлений (распределении электронов, ионов и нейтральных частиц), с помощью электронного и ионного спектрометра, стал шведский Munin [1]. Наноспутник CSSWE университета Колорадо занимался измерением потока солнечных протонов и электронов радиационного пояса Земли [2]. Для проведения одновременных пространственных измерений космической погоды был реализован проект FIREBIRD. Его основной задачей было изучение релятивистских электронных микровзрывов в поясах Ван-Алена. НС находились на расстоянии 400 км на протяжении 4 месяцев [3]. Можно сказать, что это первая миссия для изучения космической погоды, использующая групповой полёт. Наноспутник NanoSatC-Br1 проводил мониторинг Южно-атлантической аномалии (в этой области величина магнитного поля на уровне моря такая, как на высоте ~1000 км вне аномалий) и экваториального электроджета (движение электрического тока на Восток в экваториальной области). Магнитометр, установленный на НС штатно отработал 4 месяца, полученные при этом данные подтвердили модели Международной ассоциации геомагнетизма и аэрономии [4]. Изучением широтного спектра плотности нейтронов на низкой околоземной орбите для улучшения существующих моделей будет заниматься НС INCA (Ionospheric Neutron Content Analyzer). Измерения будут получены с помощью нового направленного нейтронного спектрометра, который разрабатывается совместно с Центром космических полетов имени Годдарда НАСА и Университетом Нью-Гемпшира. Запуск планируется в 2019 году [5].

Как видно из проведенного обзора, космические аппараты формата CubeSataктивно используются для изучения космической погоды. Решающим преимуществом использование НС это низкая стоимость и их доступность для университетов.

- 1. Каталог наблюдений за Землёй [электронный ресурс] // EarthObservationPortal. URL: https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/munin
- 2. Колорадский экспериментпокосмической погоде [электронный ресурс] // The Colorado Student Space Weather Experiment. URL: http://lasp.colorado.edu/home/csswe/
- 3. ErikKulu. База данных наноспутников [электронный ресурс] // Database. URL: https://airtable.com/shrafcwXODMMKeRgU/tbldJoOBP5wlNOJQY/viwrecgNj5pECsxOs/recB2PdT Y5Lyp7eFY?blocks=hide
- 4. Каталог наблюдений за Землёй [электронный ресурс] // Earth Observation Portal. URL: https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nanosatc-br1
- 5. Космическая станция Гюнтера [электронный ресурс] // Gunter's Space Page. URL: https://space.skyrocket.de/doc sdat/inca.htm

УДК 629.7.01

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЪЁМНОЙ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА МОДЕЛЬ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДИАМЕТРА ПЕРЕНОСИМОЙ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ

### © Ким А.С., Ковалев В.А., Полтораднев А.С., Фролов В.А.

e-mail: aleksey.kim.1998@inbox.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Цель работы — получить экспериментальную зависимость подъёмной силы авиационно-космической системы от диаметра модели переносимой ракеты-носителя (PH). Для этой цели изготовлена модель самолёта M-55 «Геофизика» в масштабе 1:89 (такой масштаб обусловлен размерами ядра потока в аэродинамической трубе и державки тензовесов), а также изготовлены модели ракет,имеющих одинаковые удлинения конической носовой  $\lambda_{\rm K}=1$ и цилиндрических  $\lambda_{\rm L}=6$ частей, но разные диаметры (см. таблицу).

Номер модели	d, мм	$ar{d}$ , мм
1	12	0,39
2	20	0,65
3	28	0.91

Таблица. Размеры ракет-носителей

где d —диаметр модели РН, мм;

 $\bar{d}$  – эквивалентный диаметр фюзеляжа самолёта M-55, мм.

Получены зависимости коэффициентов подъёмной силы при числе Маха M = 0.033 для всех PH в конфигурациях, изображённых на рис.1.

Экспериментальные данные получены по методикепредсталвенной в работе [1]. Экспериментальные линейные зависимости коэффициентов подъёмной силы от угла атаки  $c_{\nu\alpha}(\alpha)$ получены аппроксимацией методом наименьших квадратов (рис. 2):

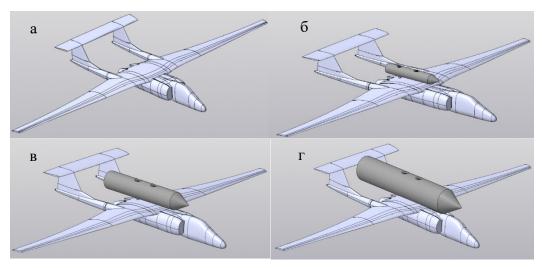


Рис. 1. 3Д-модели: a — изолированной модели самолёта M-55; b — M-55 c PH №1; b — M-55 c PH №2; c — M-55 c PH №3

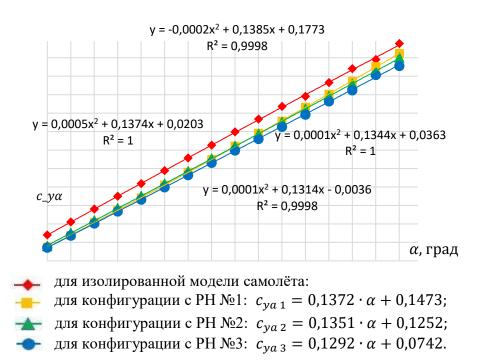


Рис. 2. Зависимости коэффициентов подъёмной силы модели от угла атаки

Экспериментальная зависимость производных коэффициента подъёмной силы по углу атаки  $c^{\alpha}_{y\alpha}$  от отношения диаметра РН к эквивалентному диаметру фюзеляжа самолёта  $\bar{d}$ , приведенная на рис. 3, аппроксимирована квадратичной зависимостью  $c^{\alpha}_{y\alpha} = -0.0155 \cdot \bar{d}^2 + 0.0042 \cdot \bar{d} + 0.1384.$ 

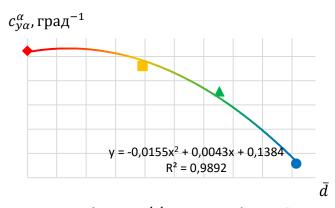


Рис. 3. Зависимость производных коэффициента подъёмной силы от угла атаки

Исследование показало, что с увеличением относительного диаметра РН производные коэффициентов подъёмной силы по углу атаки модели авиационно-космической системы уменьшаются. Полученные результаты позволяют оценить несущие характеристики авиационно-космической системы в зависимости от габаритов переносимых грузов.

### Библиографический список

1. Тарасов, В.В. Исследование поляры самолёта при весовых испытаниях в аэродинамической трубеТ-3 СГАУ[Текст]: метод. указания / В.В. Тарасов, Е.В.Тарасова. – СГАУ, 2003.-16 с.

УДК 004.272.3

### ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АРХИТЕКТУРЫ НАВИГАЦИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ НА OCHOBE SDR

© Кумарин А.А., Кудрявцев И.А.

e-mail: alky samara@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В наши дни приемники спутниковых навигационных систем находят все новые применения. Большинство имеющихся решений реализованы на основе интегральных схем специального назначения (application specific integrated circuit — ASIC). Данное решение зачастую является наилучшим в цене, производительности и энергопотреблении. Однако, основным недостатком ASIC является их неизменяемость: при необходимости работы с дополнительными типами сигналов или по модифицированным алгоритмам пользователь может столкнуться с ограниченностью или невозможностью их использования. В этом случае одним из возможных решений является приемник на основе программного радио (software defined radio — SDR). В этом решении важной задачей является обеспечения своевременной обработки получаемых данных. В данном докладе рассматривается вопрос об архитектурах вычислительных систем, позволяющих решать задачи обработки сигнала, обладающих достаточной гибкостью и быстродействием.

Основные блоки вычислений в навигационном приемнике:

- 1. Поиск сигнала. Выполняется при старте устройства и затем периодически раз в несколько секунд. Представляет собой перебор значений доплеровской частоты и задержки для каждого потенциально видимого спутника. Является вычислительно сложной задачей, т.к. рассматривается большое число комбинаций частота-задержка, для каждой из которых требуется вычисление коэффициента корреляции. Данный блок работает идентично для каждого спутника, поэтому может выполняться как последовательно, так и параллельно с аналогичным блоком для другого спутника.
- 2. Слежение за сигналом. Выполняется для всех спутников, найденных в блоках 1 каждую 1 мс. Заключается в работе генераторов локальной реплики несущей и кода, а также шести корреляторови схемы Костаса, по результатам работы которых производится коррекция параметров генерации. Для каждого спутника блок отличается только параметрами генератора кода и несущей, поэтому данный блок также позволяет параллельное выполнение.
- 3. Вычисление положения навигационного приемника. Выполняется 1-2 раза в секунду. Включает расшифровку эфемеридной информации, вычисление положений, преобразования координат, коррекции и т.д.

Основными рассматриваемыми вычислительными устройствами в данном докладе являлись микропроцессоры (central processing unit - CPU), микроконтроллеры общего назначения (micro controlling unit - MCU), цифровые сигнальные процессоры (digital signal processor - DSP), программируемые логические микросхемы (Field Programmable Gate Array - FPGA), системы на кристалле (System on Chip - SoC).

Первые три типа устройств реализуют инструкции преимущественно последовательно. Параллелизм возможен в случае использования многоядерных СРU, однако число параллельных потоков выполнения обычно не превышает 4-8. Таким образом, время обработки спутников суммируется и может достигать величин, не позволяющих производить обработку в реальном времени. В докладе представлены оценки вычислительной сложности наиболее затратных частей алгоритма и оценка времени их выполнения с использованием отдельных распространенных СРU.

FPGA позволяет отказаться от концепции вычислительных ядер и реализовывать набор «устройств» для выполнения конкретных операций в рамках одной микросхемы. Кроме того, возможна реализация устройств с поддержкой конвейерной работы. В этом случае время между получением на выходе устройства результатов может снизиться до одного такта. Основной проблемой данного решения является ограниченность ресурсов FPGA. Например, высокоскоростной вычислитель быстрого преобразования Фурье может потребовать до половины от общего числа логических ячеек [1]. Для того, чтобы реализовать все необходимые вычислители, может потребоваться FPGA высокого класса, стоимость которых высока.

SoC представляет собой гибрид FPGA и CPU, который в данном контексте обозначают Hardware processor system (HPS). Для взаимодействия FPGA и HPS используют специальные универсальные мосты, такие как AXI bridge. Данный тип вычислительных устройств обладает всеми преимуществами FPGA, но лишен их главного недостатка — больших затрат логических ячеек для реализации последовательных частей алгоритмов. В SoC их можно не реализовывать в FPGA части, а передать для исполнения в HPS.

В данном докладе рассмотрены несколько логических архитектур, которые можно реализовать в рамках SoC. Они представлены на рисунке.

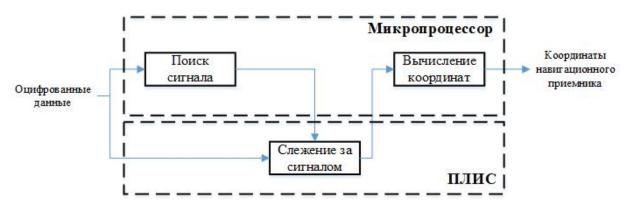


Рис. Предлагаемая архитектура вычислительного блока

На рисунке представлена предлагаемая архитектура программной части навигационного приемника. Оцифрованные данные здесь поступают одновременно в процессорную часть и в FPGA часть. Процессорная часть обеспечивает поиск сигнала и вычисление координат, в то время как FPGA часть выполняет слежение за сигналом. Этот вариант наиболее подходит для быстрой адаптации программного кода для СРU для исполнения на вычислителе, содержащем FPGA и микропроцессор или на системе на кристалле. В этом случае процессор полностью освобождается от наиболее затратной части алгоритма — слежения за сигналом. Предлагаемая архитектура позволяет освободить значительное количество процессорного времени для выполнения дополнительных задач.

Из рассмотренных в данном докладе вычислительных платформ наиболее перспективными являются SoC за счет большой гибкости и возможности любых изменений в обработке сигналабез каких-либо изменений в аппаратном обеспечении. В докладе рассмотрены потенциальные сферы применения предложенных архитектур и перспективы их дальнейшего развития.

#### Библиографический список

1. Guruprasad, S. Design and Implementation of a Low-Cost SoC-Based Software GNSS Receiver / S. Guruprasad et. al. // IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine vol. 31, no. 4, 2016, P. 14-19.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСВЕЩЕНИЯ НЕФТЯНОЙ ПЛАТФОРМЫ «ПРИРАЗЛОМНАЯ» КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ С СОЛНЕЧНЫМ ПАРУСОМ

### © Куприянов Д.Д., Старинова О.Л.

e-mail: ddkuprik17@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Работа посвящена проблеме освещения заданной точки Земной поверхности, расположенной в высоких широтах. В качестве осветителя предлагается использовать космический аппарат с солнечным парусом. Поверхность солнечного паруса считается идеально отражающей и ориентированной так, чтобы отражённый луч был направлен на освещаемую точку. Математическая модель движения разработана с учётом нецентральности гравитационного поля и атмосферы Земли, а также светового давления. Проведено численное моделирование движения космического аппарата. Получены результаты возможной длительности освещения для различных рабочих орбит (высота орбиты, наклонение).

Космический аппарат с солнечным парусом (КАСП), способен выполнять большой спектр различных задач. Он имеет небольшую тягу, что позволяет поддерживать аппарат на цилиндрической орбите, совершать космические перелёты, корректировать параметры совей орбиты, убирать космический мусор и освещать определённые участки на поверхности небесных тел [1]. В околополярных зонах Земли наблюдается полярная ночь – период, когда Солнце не появляется из-за горизонта. Это значительно усложняет работу аварийных и спасательных служб, добычу нефти на арктическом шельфе, понижает температуру поверхности. Предлагаемый доклад посвящён проблеме освещения участка поверхности Земли, находящегося в зоне полярной ночи.

Рассматривается ориентация солнечного паруса в пространстве и её изменение во время движения космического аппарата, учитывая вращение самой планеты вокруг своей оси и вокруг Солнца. Поле притяжение Земли считается центральным, гравитационные сила со стороны Луны и других небесных тел не учитываются. На рисунке 1 изображена используемая инерциальная планетоцентрическая система координат. Начало отсчета 'О' находится в центре масс Земли, основная плоскость хОу совпадает с плоскостью экватора, а ось х направлена в точку весеннего равноденствия, от которой ведется отсчет долгот поверхности планеты, ось z — по оси вращения планеты, а ось у дополняет систему до правой.

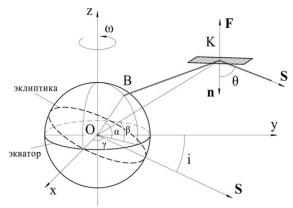


Рис. 1. Используемые координаты, углы и вектора

Известна широта и долгота участка (углы  $\alpha$  и  $\gamma$ ), определяющие его положение в пространстве, в то время как КАСП расположен на геостационарной орбите Земли, которая имеет значение R=35786 км. Данная орбита необходима для постоянного свечения, однако она расположена в плоскости экватора, что увеличивает угол падения солнечных лучей на широтных участках.

Вектор нормали солнечного паруса определяется как биссектриса угла между падающими и отраженными лучами света, которые должны попадать в заданную точку на поверхности Земли.

Следует отметить, что освещение Земли возможно не на всех участках орбиты [2] – космический аппарат может попадать в тень или пребывать в таких зонах орбиты, где аппарат невозможно сориентировать нужным для отражения лучей в заданную точку образом. Для расчёта возможности и времени освещения, был создан программный комплекс с возможностью выбора начальных условий: массы аппарата, площади солнечного паруса, географического расположения освещаемой точки, параметров орбиты КА, даты начала движения. Например, для широты точки освещения равной 69 град., площади солнечного паруса – 500 м2, массе КА – 600 кг, начальной высотой спутника над геостационарной орбитой – 30 км, в результате моделирования было получено время освещения в 43200 секунд для одного витка орбиты. Промежуточные результаты моделирования для исходных данных показаны на рис. 2.

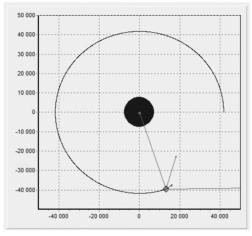


Рис. 2. Промежуточный результат моделирования

Одним из результатов работы стало создание программного комплекса. Проведено численное моделирование движения КАСП. Получены результаты длительности освещения заданного околополярного участка с различных орбит. В дальнейшем результаты данной работы будут использованы для дальнейшего изучения движения космического аппарата с солнечным парусом и возможности освещения различных участков Земли и других небесных тел.

- 1. Space Mirror, https://triz-journal.com/space-mirror/
- 2. Forward, R. L., "Light-Levitated Geostationary Cylindrical Orbits Using Perforated Light Sails," The Journal of Astronautical Sciences, Vol. 32, No. 2, April-June 1984, pp. 221-226.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАССОГАБАРИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОСПУТНИКА

### © Ломака И.А.

e-mail: igorlomaka63@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Космический мусор рассматривается как серьезная проблема для осуществления космических миссий. В последнее десятилетие было предложено множество методов захвата и удаления мусора, причем некоторые из них были испытаны на земле и / или в экспериментальных параболических полетах с искусственной невесомостью. Однако ни один объект космического мусора так и не был удален.

Околоземные орбиты находятся в серьезном положении, вызванным огромным количеством объектов космического мусора. Каждый космический аппарат находится под угрозой уничтожения космическим мусором. Возникает угроза развития эффекта Кесслера, согласно которому, непрерывные столкновения объектов космического мусора (ОКМ) могут породить все больше и больше ОКМ [1]. Таким образом, активное удаление мусора имеет большое значение.

Особую опасность для реализации космических миссий представляют крупные объекты, например, верхние ступени ракет-носителей, которые после использования не уводились с орбит [2]. Проблема удаления объектов космического мусора усугубляется неизвестными в текущий момент времени инерционными характеристиками, сложным заранее неизвестным вращением по нескольким осям на высоких скоростях, что затрудняет их захват и транспортировку. Отсутствие достоверной информации об угловых скоростях объекта и его инерционных характеристиках требует разработки специальной методики их определения, что является целью данной работы. Для решения поставленной задачи предлагается использовать наноспутник в качестве вспомогательного средства космического комплекса для захвата и буксировки космического мусора.

данной работе предлагается подход к идентификации параметров космического мусора с помощью наноспутника, который заключается в том, что наноспутника отделяется от космического аппарата – буксировщика мусора, а затем прикрепляется к объекту космического мусора (способ прикрепления рассматривается в работе) и с помощью бортовых измерительных средств определяетдинамические и инерционные характеристики, выполняя тем самым роль удаленного измерительного инструмента (такой подход был назван контактным Данный подход позволяет избавиться от проблем, связанных с использованием оптических или инфракрасных камер, планированием проведения фотографирований. Кроме того, с помощью наноспутника может быть также решена задача установления физической связи между КА-буксировщиком и космическим мусором. иллюстрации решения поставленной Для задачи дальнейшем рассматривается вторая ступень ракеты-носителя «Космос-3М».

До 2012 года было совершено более 400 запусков данной ракеты-носителя на околоземные орбиты. 248 отработанных ступеней, составляющих 6% от массы всего космического мусора, совершают неуправляемый полет по орбитам на высотах 750 —

950 км, в связи с чем возникает опасность их столкновения с другими объектами и лавинообразного увеличения количества осколков [1].

Для численного решения задачи идентификации в работе используется метод Гаусса – Ньютона. Данный метод позволяет найти минимум целевой функции, представляющую собой интеграл от суммы квадратов ошибок между измеренными проекциями значений угловой скорости и их модельными значениями. Для успешного решения задачи идентификации необходимо знать начальное приближение для вектора оцениваемых параметров. Поэтому одной из задач данной работы является определение области начальных приближений. Помимо этого, обосновываются допущения, позволяющие значительно упростить модель углового движения верхней ступени ракеты- носителя, что в свою очередь позволяет получить аналитические решения уравнений динамики и кинематики. Данное обстоятельство позволяет значительно снизить вычислительную сложность алгоритма в отличии от работ [3,4].

- 1. D.J. Kessler, B.G. Cour-Palais. Collision frequency of artificial satellites: the creation of a debris belt // Journal of Geophysical Research Atmospheres.
- 2. ValeriyTrushlyakov Choice of a suitable target for developing proposals for an adr flight demonstration experiment /Luciano Anselmo, Carmen Pardini // 7th European Conference on Space Debris, 2017.
- 3. Belokonov I.V.,Lomaka I.A. Investigation of the possibility of determining the inertial characteristics and the angular velocity vector of chaotically rotating space debris object using a nanosatellite // 25th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2018; Saint Petersburg, 2018.
- 4. Брандин, В.Н. Экспериментальная баллистика космических аппаратов / А.А. Васильев, А.А. Куницкий // Москва: Машиностроение, 1984. 258 с.

### ПОДДЕРЖАНИЕ ИНСПЕКЦИОННОГО ДВИЖЕНИЯ НАНОСПУТНИКОМ ОТНОСИТЕЛЬНО ОРБИТАЛЬНОЙ СТУПЕНИ С УЧЕТОМ АТМОСФЕРЫ

### © Медведев С.А., Щербаков М.С.

e-mail: Svatmedved99@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Задача инспектирования орбитальных ступеней вытекает из необходимости увода космического мусора. Орбитальные ступени составляют около 17% от всего объёма космического мусора [1], поэтому задача их увода является актуальной. Многие учёные и инженеры стараются решить эту задачу, но пока что однозначного решения найти не удалось. Один из способов – это захват космического мусора с помощью гарпуна [2].В этой миссии спутник выпустил гарпун со скоростью 20 метров в секунду, чтобы «захватить» необходимую пятиметровую металлическую пластину [2]. Для того, чтобы эффективно решить такую задачу на практике, необходимо попасть гарпуном в определённые области орбитальной ступени, при попадании в которые, гарпун надёжно закрепится. Существует опасность попасть вскользь, либо в твёрдые участки поверхности орбитальной ступени (ОС). Чтобы этого не допустить необходимо знать характер относительного движения ОС. Эти параметры можно определить с помощью наноспутника-инспектора, который перед подлётом к ОС спутника-гарпунщика будет проводить инспекционное движение и собирать данные о вращении ОС относительно своего центра масс. Тематика инспекционного движения имеет различное применение, например, в работе [3] проводится анализ влияния ошибок формирования начальных относительных параметров движения инспектирующего аппарата на траекторию пассивного периодического облета. Как и в этой работе, для анализа инспекционного движения используются уравнения движения в Орбитальной системе координат, с началом в центре масс орбитальной ступени [4]. Таким образом, инспектирующий наноспутник будет совершать движение по эллипсу в центре которого находится ОС. Под воздействием возмущающих сил, инспекционный эллипс будет смещаться в направлении. В данной работе будет рассмотрена возможность продольном подержания инспекционного движения, используя двигательную установку для наноспутника, разрабатываемую в Самарском университете.

- 1. Материал из Википедии Космический мусор [электронный ресурс] https://ru.wikipedia.org/wiki/Космический\_мусор
- 2. ПроектREMOVEDEBRIS, официальный сайт Университет Суррея [электронный ресурс] https://www.surrey.ac.uk/surrey-space-centre/missions/removedebris.
- 3. Калабин,П.В. Анализ влияния ошибок формирования начальных относительных параметров движения сервисного космического робота на траекторию пассивного периодического облета некооперируемого космического аппарата [Текст] / П.В. Калабин, А.А. Сасункевич, И.В. Фоминов // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского 2019. Выпуск 666. 208 с.
- 4. Аппазов, Р.Ф. Методы проектирования траекторий носителей и спутников [Текст]/ Р.Ф. Аппазов, О.Г. Сытин. М.: Наука, 1987. 440 с.

УДК 550.338.2; 551.510.413.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ИНИЦИИРУЕМЫХ В МНОГОПРОВОЛОЧНОМ 3D ТРЕКОВОМ ДЕТЕКТОРЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ДЛЯ НАНОСПУТНИКА

### © Насонов К.С.

e-mail: kon4797@ya.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В работе представлены результаты исследования процессов различной физической природы, инициируемые в рабочем объёме многопроволочного 3D трекового детектора ионизирующего излучения для наноспутника.

Одним из наиболее пагубных факторов космического пространства является ионизирующее излучение различных энергий. Опасность эта связана с тем, что влияние подобного рода нельзя оценить мгновенно, так как явление радиационной деградации носит накопительный характер. В связи с развитием микроэлектроники, повышением производительности бортовых вычислительных устройств, увеличением точности измерительной аппаратуры растет и чувствительность таких элементов к возникновению радиационных дефектов, способных как снижать эффективность работы этих устройств, так и вовсе выводить их из строя.

Исследование ионизирующего излучения позволяет совершенствовать подходы к разработке и проектированию космической техники с целью повышения надежности последней.

Автором рассмотрены и исследованы процессы, инициируемые в 3D трековом детекторе ионизирующего излучения, эскиз которого представлен на рис. 1.

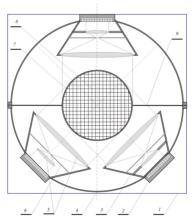


Рис. 1. Эскиз многопроволочного детектора для НС

Главным образом, принцип работы детектора сводится к следующему: под действием ионизирующего излучения рабочее тело, в роли которого выступает инертный газ аргон, претерпевает ионизацию. С ростом числа электрон-ионных пар, вдоль траектории движения частиц, газ из ионизированного состояния переходит в состояние плазмы, под действием генерируемого электрического поля устанавливается несамостоятельный газовый разряд, который в силу явления рекомбинации в газе испускает кванты света — фотоны, в следствии чего трек частицы светится. Это

свечение регистрируется ПЗС матрицами, далее из полученных изображений формируется массив исходных данных для решения задачи томографии с целью восстановления параметров детектируемых частиц.

В ходе исследования были проанализированы процессы ионизации рабочего объема детектора, протонами и электронами различных энергий, оценены ионизационные потери энергии детектируемых частиц. Рассмотрены вопросы конфигурации электрического поля рабочего объема детектора. Выполнена оценка детектора относительно возможности детерминировать частицы различных сортов (рис. 2).

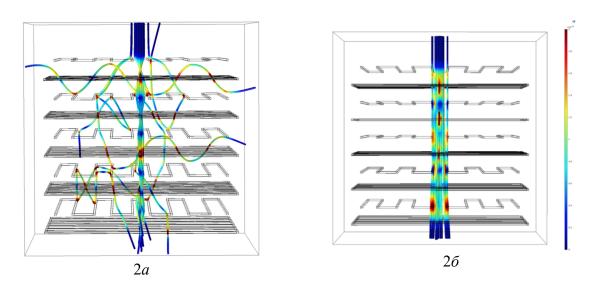


Рис. 2. Трассировка электронов в поле детектора (2a), трассировка протонов в поле детектора (2б)

Результаты исследования позволяют сделать заключение о целесообразности проведения дальнейшего исследования детекторов подобной конструкции в качестве полезной нагрузки для космических аппаратов, так как их детектирующая и анализирующая способность позволяет весьма точно восстанавливать параметры ионизирующего излучения.

УДК 550.388.2; 551.510.413.5

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ДВУМЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ИОНОСФЕРЫ К ЗАДАЧЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

#### © Николаев П.Н.

e-mail: pnikolayev@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Статистический анализ данных наземных и спутниковых измерений свидетельствуют о том, что аномальные возмущения в ионосфере появляются за несколько суток-часов до землетрясений. Кроме того, в работах [1, 2] показано, что отклонения полного электронного содержания (ПЭС) могут превышать 50% от фонового значения.

Оперативное восстановление структуры ионосферы методами томографии позволяет выявлять аномальные возмущения в области F. Для этого целесообразно использовать сравнение текущих значений реконструируемого ионосферного профиля  $f^*(x,y)$  с фоновым, в качестве которого возможно использовать скользящее среднее  $f^*_{cp}(x,y)$  с диапазоном окна от 10 до 15 суток. В настоящей работе использовалась методика томографической реконструкции ионосферного профиля, рассмотренная в [3].Отклонение текущего рассчитанного профиля от скользящего фонового значения оценивается по формуле:

$$df^{*}(x,y) = 100 \cdot (f^{*}(x,y) - f^{*}_{cp}(x,y)) / \langle f^{*}_{cp}(x,y) \rangle$$
 (1)

где  $f^*(x,y)$  – текущий реконструированный ионосферный профиль в фиксированный момент времени;  $f^*_{cp}(x,y) = \sum_{i=1}^N f_i^*(x,y) / (N-1)$  – скользящее среднее значение, вычисленное по N=15 предшествующим реконструированным профилям ионосферы для того же момента времени;  $\langle \ \rangle$  – операция усреднения;  $df^*(x,y)$  – отклонение от фонового значения, выраженное в (%).

В настоящей работе было рассмотрено два крайних случая реконструкции ионосферного профиля, задаваемого моделью NeQuick [4], ошибки формирования начального приближения по методике из [3] в которых составляют  $\delta\left(l^{\infty}\right) = 0,25$  и  $\delta\left(l^{\infty}\right) = 0,65$ , где  $\delta\left(l^{\infty}\right) = \max_{i}\left|f_{i} - f_{i}^{*}\right|/\max_{i}\left|f_{i}\right|$ .

На эти модельные распределения были добавлены положительные неоднородности в виде функций Гаусса, среднеквадратичные отклонение которых составляют 200 км по широте и 75 км по высоте. Каждая неоднородность примерно в 2,5 раза выше уровня концентрации области, в которой она расположена. Координаты центров функций Гаусса размещались на высотах 300, 325, 350 км случайным образом и на широтах -45, 0, 30, 80 °.

На рисунке показаны отклонения реконструированных профилей , содержащих ионосферные возмущения от 15-дневного скользящего среднего  $f^*_{\ cp}(x,y)$ . Значения превышающие уровень в 100% соответствуют искомым возмущениям. Не удалось различить лишь одну неоднородность на рисунке, а. Возмущения находящиеся ниже

уровня 100% вызваны ошибкой методики. Также успешность определения возмущения слабо зависит от точности формирования начального приближения.

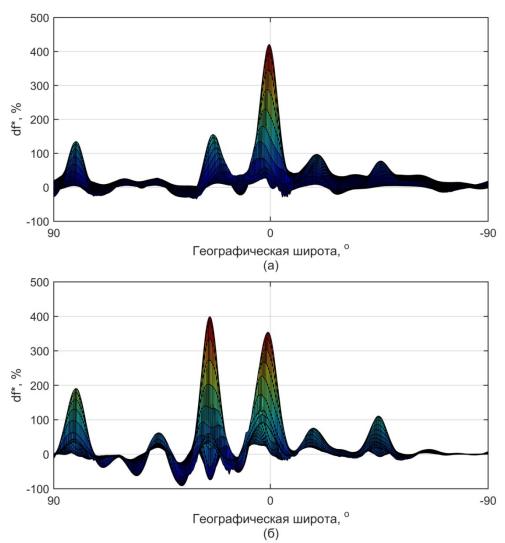


Рис. Отклонения реконструированных профилей ионосферы от 15-дневного скользящего среднего в плоскости полярной орбиты; а — первая модель; б — вторая модель

- 1. Pulinets, S.A. Main phenomenological features of ionospheric precursors of strong earthquakes [Text] / S.A. Pulinets [and etc.] // J. Atm. Solar Terr. Phys. 2003. 65. P. 1337–1347.
- 2. Давиденко, Д.В. Диагностика ионосферных возмущений над сейсмоопасными регионами [Текст] :Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук: 25.00.29.: защищена 25.00.29. / Д.В. Давиденко. М. : ФГБУ "ИПГ", 2013. 147 с.
- 3. Николаев, П.Н. Метод реконструкции электронной концентрации в ионосфере по схеме регистрации данных спутник спутник [Текст] / П.Н. Николаев // Сборник трудов 15-й Конференции молодых учёных «Фундаментальные и прикладные космические исследования» под ред. А.М. Садовского. Сер. «Механика, управление и информатика», Москва, 11-13 апреля  $2018 \, \Gamma$ . М.: ИКИ РАН, -2018. С. 73-80.
- 4. Giovanni G.Di. An analytical model of the electron density profile in the ionosphere [Text] / G.Di Giovanni, S. M. Radicella // Advances in Space Research. 1990. V. 10, No. 11. P. 27-30.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ МОДЕЛИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ

### © Новикова А.А., Фролов В.А.

e-mail: novikova nastasiya@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Аэродинамической интерференцией принято называть взаимодействие потоков, обтекающих отдельные элементы летательного аппарата (ЛА). Мерой интерференции служит изменение аэродинамических характеристик элемента ЛА по сравнению с характеристиками изолированного элемента [1].

Целью работы является исследование интерференции боковых ускорителей (БУ) и корпуса модели ракеты-носителя (РН). Аэродинамические характеристики РН разделяются на компоненты, описывающие изолированные элементы: корпус и БУ. Для комбинаций этих двух элементов аэродинамические силы и моменты представлены в виде суммы характеристик изолированного корпуса и БУ с учётом коэффициентов интерференции, обусловленных взаимодействием компонентов. Данные коэффициенты определяются с помощью методики экспериментального исследования модели РН, приведённой ниже.

Объектом исследования является модель корпуса РН в виде цилиндра диаметром 45 ммс конической носовой частью и БУ диаметром 31,5 мм. Модель корпуса и модель БУ являются подобными телами вращения с относительными удлинениями головной и цилиндрической частей, соответственно равными 2 и 6.

В результате исследования в аэродинамической трубе изолированных корпуса и БУ определяются экспериментальные значения производных коэффициентов нормальной силы по углу атаки корпуса и БУ

Комбинации корпус-БУ при продувке закреплены с помощью винтов. БУ вплотную прикреплены к корпусу, что позволяет определить значение производной коэффициента нормальной силы по углу атаки PH.

Введём коэффициенты интерференции  $K_{\text{корп (БУ)}_j}$ ,  $K_{\text{БУ(корп)}_j}$  следующими формулами:

формулами:
$$K_{\text{корп (БУ)}_{j}} = \frac{\Delta c_{y \text{ корп (БУ)}_{j}}^{\alpha}}{c_{y \text{ корп}}^{\alpha}}, \qquad K_{\text{БУ(корп)}_{j}} = \frac{\Delta c_{y \text{ БУ(корп)}_{j}}^{\alpha}}{c_{y \text{ БУ}}^{\alpha}}. \tag{1}$$

Продувка комбинация корпус-БУ с использованием специально разработанного приспособления-кронштейна в виде крестовины со стержнями позволяет определить коэффициент интерференции . Кронштейн позволяет закрепить БУ на минимальном (2 мм) расстоянии от корпуса и исключить измерение сил, действующих на БУ. Таким образом

$$\left[c_{y \text{ корп}}^{\alpha} + \Delta c_{y \text{ корп(БУ)}_{j}}^{\alpha}\right]^{3} = c_{y \text{ корп}}^{\alpha} + K_{\text{корп (БУ)}_{j}} \cdot c_{y \text{ корп}}^{\alpha}. \tag{2}$$

Из формулы (4) следует, что коэффициент интерференции равен

$$K_{\text{корп (БУ)}_{j}} = \frac{\left[c_{y \text{ корп}}^{\alpha} + \Delta c_{y \text{ корп (БУ)}_{j}}^{\alpha}\right]^{9} - c_{y \text{ корп}}^{\alpha}}{c_{y \text{ корп}}^{\alpha}}.$$
(3)

Коэффициент интерференции 
$$K_{\text{БУ(корп)}_{j}}$$
 определяется из формулы: 
$$K_{\text{БУ(корп)}_{j}} = \frac{c_{y \text{ РH}_{j}}^{\alpha} - (1 + K_{\text{корп (БУ)}_{j}}) \cdot c_{y \text{ корп}}^{\alpha}}{c_{y \text{ БУ}}^{\alpha} \frac{S_{\text{м.БУ}}}{S_{\text{м.ф}}}} - n. \tag{4}$$

Продувка изолированного кронштейна позволяет учесть его влияние на нормальные силы изолированных корпуса и БУ.

Предлагается провести экспериментальные исследования для изолированного корпуса, изолированного БУ и 7 комбинаций моделей корпуса с БУ, представленных в таблице.

Таблица. Схемы исследованных комбинаций

Номер схемы j	Название схемы	Рисунок схемы	
1, 2	Схема с креплением одного БУ слева и справа	$\infty$	
3	Схема с креплением двух БУ в горизонтальной плоскости симметрии		
4, 5	Схема с креплением одного БУ сверху и снизу	8,8	
6	Схема с креплением двух БУ в вертикальной плоскости симметрии	000	
7	Схема «Плюс»	080	

Описанная методика может быть полезна в экспериментальных исследованиях интерференции цилиндрических тел, расположенных вблизи друг друга.

- 1. Энциклопедия техники. Интерференция аэродинамическая [Электронный ресурс] / Академик // URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc tech/2304 /Интерференция.
- 2. Петров, К.П. Аэродинамика транспортных космических систем [Текст]: учебное пособие /К.П. Петров. – М.: 2000 – 368 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ АЛГОРИТМОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПО ОДНОМОМЕНТНЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ

### © Рылько Д. В., Крамлих А.В.

e-mail: drv01101998@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Для контроля и управления полётом и экспериментами, проводимыми на борту космических аппаратов (КА) возникает необходимость в создании системы контроля движения, позволяющей оперативно и автономно решать задачу навигации и определения ориентации. Так, например, информация о векторе состоянии КА, на борту которого проводятся научные и технологические эксперименты необходима для правильной интерпретации их результатов.

Для решения задачи навигации в настоящее время широко применяется навигационная аппаратура потребителей (НАП), работающая по сигналам глобальных спутниковых навигационных систем (ГНСС).

Для решения задачи определения ориентации на борт КА традиционно устанавливаются различные измерительные средства: магнитометры [1], датчики угловых скоростей [2-4], датчики освещенности [2, 3], звездные датчики [4]. Кроме этого, определить ориентацию КА можно используя информацию о геометрической видимости навигационных космических аппаратов [5] или по информации о токосъеме с панелей солнечных батарей [6].

Наличие избыточной измерительной информации позволяет реализовать на борту КА различные алгоритмы определения ориентации [1-5].

В работе исследуются вопросы влияния погрешности измерительных средств и неточность используемых моделей измерений на точность определения ориентации КА в рамках метода наименьших квадратов.

Сравниваются различные варианты постановки задачи определения ориентации КА при различном количественном и качественном составе измерительной информации.

- 1. Белоконов И.В., Крамлих А.В. Методика восстановления ориентации космического аппарата при комплексировании магнитометрических и радионавигационных измерений / Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва. -2007. -№1 (12).-С.22-30.
- 2. James R. Wertz. Spacecraft attitude determination and control. Kluwer Academic Publishers, 1978.
- 3. Grigoreva, M.E., Kramlikh, A.V., Joint use of different types of information in the spacecraft orientation determination algorithms, 20th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, St. Petersburg, CSRI Elektropribor, 2013. pp. 240-243.

- 4. Бессонов Р.В., Куркина А.Н., Сазонов В.В. Определение вращательного движения космического аппарата по измерениям звездных датчиков и датчика угловой скорости методом наименьших квадратов/ Препринт ИПМ № 175, Москва, 2018 г.
- 5. Белоконов И. В., Крамлих А. В., Мельник М. Е. Модифицированный алгоритм оценивания одноосной ориентации наноспутника по геометрической видимости навигационных космических аппаратов // Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 5. С. 409-413.
- 6. Белоконов И.В., Крамлих А.В., Ломака И.А., Николаев П.Н. Восстановление углового движения космического аппарата по данным о токосъеме с панелей солнечных батарей/ Известия РАН. Теория и системы управления, 2019, № 2, с. 133–144

УДК 004.94 +629.735.45

## ЗАДАЧА ПРИВЕДЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ПОЛЕТА К ХАРАКТЕРИСТИКАМ РЕАЛЬНОГО ВЕРТОЛЕТА

### © Сафина Р.А., Гирфанов А.М.

e-mail: rozetta9696@gmail.com

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

Авиационные тренажеры предназначены для наземной подготовки пилотов с целью обеспечения безопасной эксплуатации воздушного судна. Они способствуют доведению до автоматизма действий в аварийных и нештатных ситуациях. Точность имитирования полета, а следственно и эффективность подготовки летчиков в первую очередь зависит от заложенной в тренажер математической модели динамики полета. Ее недостаточная точность может привить ложные навыки, что приведет к катастрофе.

Математическое обеспечение существующих тренажеров вертолетавысокого уровня обладают достаточной достоверностью. Обычно это упрощенные сеточные модели или методы прямого расчета динамики полета с достаточно существенными упрощениями. При этом какие-либо реальные методические работы по приближению исследованных моделей динамики полета к характеристикам реального вертолета не опубликованы. [1]

Решение этой задачи возможно двумя путями. Первый это усложнение математических моделей динамики полета. Второй путь — создание некого «черного ящика», например имитационной модели, корректирующей результаты вычисления базовой модели динамики полета вертолета, применяемой в пилотажном тренажере.

В данной работе выбран второй путь решения задачи.

За базовую модель динамики полета будем считать имитационную модельодновинтового вертолета в составе пилотажного стенда, созданную в рамках научно-исследовательских работ кафедры «Аэрогидродинамика» под руководством Гирфанова А.М. [2]

Инструментарий для решения задачи. Искусственная нейронная сеть (ИНС) — математическая модель, в основу которой легли принципы построения и работы биологических нейронных сетей. Они, в отличие от архитектуры машины Фон-Неймона, обладают массовым параллелизмом, способностью к обучению и обобщению, небольшому энергопотреблению.

Нейронные сети (НС) прямого распространения относятся такие сети, связи, между нейронами которой имеют одно направление. Классический пример — многослойный персептрон. Нейроны в нем расположены слоями, имеющие однонаправленные связи. Сеть располагает тремя типами слоев: входной, скрытый, выходной. Входной слой получает сигналы. Скрытый слой обрабатывает их. Выходной — выводит результаты для пользователя. [3]

Рекуррентные нейронные сети (PHC)— это сети, которые имеют обратные связи и позволяют сохранять информацию. РНС является динамической системой. Она представляет собой последовательность простых повторяющихся модулей. Модуль имеет простую архитектуру, чаще — один слой с функцией активации.

Главным свойством ИНС является способность к обучению. Обучение — это процесс, при котором происходит постепенная подстройка весовых коэффициентов и пороговых значений на основе данных окружающей среды. Новая ветвь в машинном

обучении (Mechanicallearning) — <u>глубокое обучение</u> (Deeplearning). Это совокупность методов машинного обучения, основанных на нейронных сетях. Оно позволяет обучить сети более сложной архитектуры, в которой количество скрытых слоев больше двух. Также позволяет работать с большим набором данных. Главная задача глубокого обучения — повышение точности HC.[4]

В данной работе для установившихся режимов полета будем использовать классическую НС прямого распространения –персептрон. Для неустановившихся режимов– РНС, так как все параметры изменяются по времени.

- 1. Рыбкин П.Н. Математическая модель несущего винта в составе математической модели летного тренажера вертолета. Полет. Общероссийский научно-технический журнал, 2012, № 12, С. 9-16.
- 2. Гирфанов А.М., Михайлов С.А., Ледянкина О.А. Программный комплекс имитации динамики полета вертолета. Патент № 2015663442, 2015 г.
- 3. Искусственная нейронная сеть [Online]. URL: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Искусственная нейронная сеть.
- 4. Ян Гудфеллоу, Иошуа Бенджио, Аарон Курвилль. «Глубокое обучение» — Litres, 2017 г., 604 с.

УДК 533.695

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ В КОМБИНАЦИИ КОРПУС-КРЫЛО

© Сачук Д.В., Агзамова А.С., Кортунова О.В., Чумакова М.С., Фролов В.А.

e-mail: sachukdasha@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Методика разработана исследования ДЛЯ явления интерференции, характеризующегося коэффициентами интерференции $K_{\text{кp}(\phi)},\ K_{\Phi(\text{kp})},$  которые учитывают влияние фюзеляжа на крыло, и крыла на фюзеляж, соответственно, и вычисляются по следующим формулам: [1]

$$K_{\text{kp}(\phi)} = \frac{C_{y \text{ kp}(\phi)}^{\alpha}}{C_{y \text{ изол. kp}}^{\alpha}}; K_{\phi(\text{kp})} = \frac{\Delta C_{y \text{ }\phi(\text{kp})}^{\alpha}}{C_{v \text{ изол. kp}}^{\alpha}},$$

 $K_{\mathrm{kp}(\varphi)} = rac{C_{y\,\mathrm{kp}(\varphi)}^{lpha}}{C_{y\,\mathrm{изол.kp}}^{lpha}}\;; K_{\varphi(\mathrm{kp})} = rac{\Delta C_{y\,\varphi(\mathrm{kp})}^{lpha}}{C_{y\,\mathrm{изол.kp}}^{lpha}}\;,$  где  $C_{y\,\mathrm{kp}(\varphi)}^{lpha}$ ,  $\Delta C_{y\,\varphi(\mathrm{kp})}^{lpha} -$  производные коэффициентов нормальной силы по углу атаки крыла, установленного на фюзеляже и дополнительной нормальной силы по углу атаки, возникающей на фюзеляже от присутствия крыла, соответственно;  $C^{\alpha}_{y \text{ изол.кр}}$  – производная коэффициентов нормальной силы по углу атаки изолированного крыла,  $pao^{-1}$ .

Для исследования интерференции необходимо выполнить эксперимент с тремя комбинациями: изолированный фюзеляж; ракета-носитель с крылом прямоугольной формы, жёстко закреплённым на корпусе (см. рис., а), и ракета-носитель с крылом, установленном на специальной державке (см. рис.,  $\delta$ ), позволяющей измерять аэродинамические силы, действующие на корпус в присутствии крыла. Эксперимент планируется проводить в аэродинамической трубе АДТ Т-3 Самарского университета.

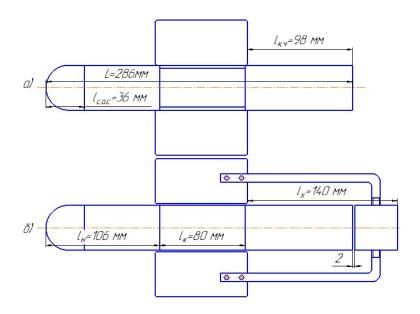


Рис. Схемы комбинаций

Для каждой из компоновок будут использованы 3 пары консолей с одним и тем же значением хорды b=86 мм, а величина их размаха $l_{k1}=64$  мм,  $l_{k2}=84$  мм,  $l_{k3}=$ 380 мм.

Для схемы компоновки фюзеляжа с жёстким креплением крыла можно записать формулу для производной коэффициента нормальной силы  $C^{\alpha}_{y(\phi, \text{ кр})}$  комбинации в целом  $C^{\alpha}_{y(\phi, \text{ кр})} = C^{\alpha}_{y(\phi, \text{ кр})} + K_{\Sigma} \cdot C^{\alpha}_{y(\phi, \text{ изол.кр})} \cdot \frac{S_{\text{кр}}}{S_{\text{м,b}}},$  (1)

$$C_{y(\phi, \kappa p)}^{\alpha} = C_{y\phi}^{\alpha} + K_{\Sigma} \cdot C_{y\mu 30\pi, \kappa p}^{\alpha} \cdot \frac{S_{\kappa p}}{S_{M,\phi}}, \tag{1}$$

где  $C^{\alpha}_{y \, \phi}$  производная коэффициента нормальной силы по углу атаки изолированного фюзеляжа,  $pa\partial^{-1}$ ;  $K_{\Sigma}$ — суммарный коэффициент интерференции;  $S_{\text{кр}}$ , $S_{\text{м.ф}}$ — площади двух изолированных консолей крыла и миделевого сечения фюзеляжа, соответственно,  $M^2$ .

Из формулы (1) можно определить суммарный коэффициент интерференции для компоновки с жёстко закреплёнными консолями крыла  $K_{\Sigma}$ , который определяется суммой

$$K_{\Sigma} = K_{\kappa p(\Phi)} + K_{\Phi(\kappa p)}. \tag{2}$$

Для схемы компоновки с консолями крыла на специальной державке формула вычисления производной коэффициента нормальной силы по углу атаки будет иметь следующий вид

$$C_{y(\phi, \kappa p)}^{\alpha} = C_{y\phi}^{\alpha} + K_{\phi(\kappa p)} \cdot C_{y \mu_{30}, \kappa p}^{\alpha} \cdot \frac{S_{\kappa p}}{S_{M\phi}}.$$
 (3)

Производная коэффициента нормальной силы по углу атаки изолированного фюзеляжа  $C^{\alpha}_{\nu d}$ определится в результате продувки изолированного корпуса и последующей обработки экспериментальных результатов. В дальнейшем данная величина будет сравнена с теоретическим значением $C_{v, \Phi}^{\alpha} = 2pa\partial^{-1}$  [2].

Из формулы (3) можно вычислить $K_{\phi(\kappa p)}$ , тогда коэффициент интерференции, учитывающий влияние фюзеляжа на крыло, определяется формулой:

$$K_{\text{kp}(\Phi)} = K_{\Sigma} - K_{\Phi(\text{kp})}.$$

Приблизительные значения коэффициентов интерференции, учитывающих влияние фюзеляжа на крыло, и крыла на фюзеляж, рассчитываются по формулам: [3]

$$K_{\kappa p(\Phi)} = 1 + \overline{D};$$
  
$$K_{\Phi(\kappa p)} = \frac{\overline{D}}{3} (4 + \overline{D} + \overline{D}^2),$$

где  $\overline{D}$  – относительный диаметр фюзеляжа, равный

$$\overline{D} = \frac{D}{l_k + D'}$$

где  $l_k$  – размах двух консолей, m; D – диаметр фюзеляжа, m.

Теоретические значения представлены в таблице.

Таблица. Теоретические значения коэффициентов интерференциии производных коэффициентов нормальной силы по углу атаки для исследованных комбинаций

Комби- нации	$\overline{D}$	$\frac{S_{\text{Kp}}}{S_{\text{M.}\Phi}}$	$K_{\mathrm{\kappa p}(\phi)}$	$K_{\Phi(\kappa p)}$	$K_{\Sigma}$	$\mathcal{C}^{lpha}_{y\ изол.кр} \ pa\partial^{-l}$	$C_{y \ \phi(\kappa p)}^{\alpha}$ $pao^{-I}$
32	0,389	1,946	1,389	0,589	1,978	1,279	1,501
42	0,328	2,566	1,328	0,485	1,813	1,571	1,990
190	0,099	11,754	1,099	0,136	1,235	3,750	6,029

По описанной методике будет проведена продувка рассмотренных комбинаций ракеты-носителя. Также методика может быть использована в дальнейшем при расчётах и проектировании модификаций противотанковых управляемых ракет.

- 1. Лебедев, А.А. Динамика полёта [Текст] /А.А. Лебедев, Л.С. Чернобровкин. М.:Машиностроение, 1973.-616 с.
- 2. Тарасов, В.В. Исследование поляры самолета при весовых испытаниях в аэродинамической трубе т -3 СГАУ [Текст] /В.В. Тарасов, Е.В. Тарасова Самара.: СГАУ, 2003-42~c
- 3. Фролов, В.А. Методы расчёта несущих характеристик компоновок фюзеляж-крыло. Аналитический обзор, математические модели, расчетные и экспериментальные данные, оптимизация[Текст] /В.А. Фролов LAPLAMBERTAcademicPublishingGmBH&Co. К.G. Saarbrucken. 2011. 141 с.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ УГЛОВОГО ДВИЖЕНИЯ НАНОСПУТНИКА SAMSPACE-1

### © Селезнева Л.А., Черняев А.Г.

e-mail: lucifernando9402@gmail.com

Молодежная аэрокосмическая школа, г. Самара, Российская Федерация

В рамках программы «Дежурный по планете» велась разработка школьного наноспутника (HC) стандарта Cubesat 3U SamSpace-1, направленного на получение снимков земной поверхности и сбора данных об атмосфере. Поставленные задачи требуют строгой ориентации аппарата относительно поверхности планеты.

Цель данной работы – моделирование работы системы стабилизации данного аппарата.

На выбранной орбите высотой 400 км на вращение и движение НС в большей степени влияет момент гравитационного притяжения Земли, меньшее – восстанавливающий аэродинамический момент, который определяет темп снижения орбиты спутника. Для того, чтобы нивелировать их влияние в НС планируется использование системы из трех ортогонально расположенных маховиков, создающих управляющий момент, вычисленный на основе данных, полученных с датчиков. Угловое движение аппарата описано с помощью динамических уравнений Эйлера с использованием кватернионной алгебры.

Полученные уравнения были численно проинтегрированы в пакете программ MATLAB с использованием функции ode45. Результаты в виде графиков изменения углового положения спутника на орбите с течением времени представлены ниже (см. рис.)

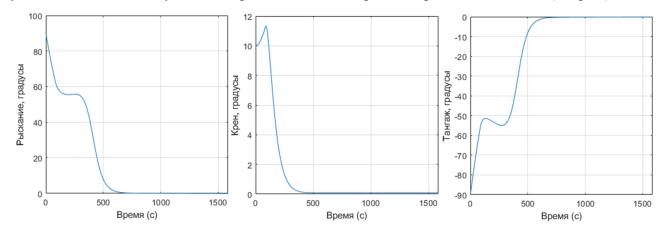


Рис. Графики, иллюстрирующие вращение аппарата

На полученных графиках можно заметить, как управляющий момент постепенно нивелирует моменты внешних сил, действующих на аппарат. Таким образом, аппарат стабилизирован.

Данные были применены для изготовления магнитных катушек и маховиков для HC, а также для тестирования системы стабилизации.

### Библиографический список

1. Ткачев С. С. Исследование управляемого углового движения аппаратов с ротирующими элементами: диссертация на соискание ученой степени кандидата физикоматематических наук. Москва, 2011. 108 с.

## ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОСПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ИНСПЕКЦИИ ОБЪЕКТОВ В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

© Симаков С.П., Щербаков М.С.

e-mail: sherbakov.m.s@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В настоящее время наноспутники стандарта CubeSat активно осваивают область практического и научного применения, которую раньше занимали более крупные космические аппараты. Но при этом одной из наиболее актуальных проблем является отсутствие достаточной энерговооруженности для выполнения сложных и ресурсоемких задач. Особое место занимает задача выполнения сложных маневров сближения с объектами, характер движения которых заранее неизвестен, таких как космический мусор.

Решением может стать использование системы обработки данных, полученных при помощи небольших оптических камер. Основной задачей такой системы может стать определение частиц космического мусора в космическом пространстве, а также оценка характеристик движения данных частиц.

Целью работы является анализ принципиальной реализуемости миссии инспекции объектов в космическом пространстве, характер движения которых заранее неизвестен (в дальнейшем — объекты наблюдения). Объектом, осуществляющим инспекцию, в данном случае является наноспутник формата 6U с установленной на борту двигательной установкой.

В работе рассматривается маневр сближения инспектора с одним из объектов наблюдения, а также выход на инспекционный эллипс, оценка энергозатрат на поддержание инспекционного эллипса для выполнения задач миссии. Модель движения рассматривается в орбитальной системе координат, в центре которого находится объект наблюдения и учитывается  $J_2$  гравитационного поля Земли. Строго говоря, пассивное инспекционное движение было получено для случая линеаризации центрального гравитационного поля земли, поэтому в случае  $J_2$  инспекционный эллипс будет дрейфовать в продольном направлении без потери геометрической формы [1].

### Библиографический список

1. HanspeterSchaub, KyleT. Alfriend. J2 invariant relative orbits for spacecraft formations [Text] / Schaub Hanspeter [and etc.] // Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. 2001. Vol. 79. Pp 77-95.

УДК 629.78

# СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕОРИЕНТАЦИЕЙ НАНОСПУТНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

#### © Синицын Л.И., Крамлих А.В.

e-mail: sinitsin leonid@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Исследованию задачи управления угловым движением космических аппаратов в различных постановках и с использованием широкого спектра методов решения посвящено множество публикаций. Предлагается ещё один подход к решению этой задачи, заключающийся в том, что эффективная, при разработке систем стабилизации, методика аналитического конструирования оптимальных регуляторов (АКОР) используется в контексте управления угловым движением при совершении сложных манёвров.

Сформулируем постановку задачи. Из заданного начального положения необходимо перевести систему, описывающую возмущённое движение наноспутника под воздействием гравитационного и аэродинамического моментов, в требуемое конечное положение по произвольно заданной траектории с ограничением на управление и с заданной точностью.

Синтез оптимального закона управления переориентацией наноспутника включает в себя следующие блоки:

- Выбор программной траектории для манёвра переориентации;
- Поиск опорных точек программной траектории;
- Автоматизацию переходов между опорными точками;
- Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов.

В зависимости от требуемого целевого назначения наноспутника выбирается программная траектория. Поскольку конструирование оптимальных регуляторов происходит при условии линеаризованных уравнений движения, программную траекторию необходимо разбить на локальные участки, на каждом из которых будет выполняться условие линеаризации — величина отклонений в пределах каждого участка не должна превышать 5 единиц для углов и скоростей изменения углов для достижения точности приближения линеаризованных уравнений в одну тысячную. На рис. 1 схематично показаны опорные точки на траектории, имеющей вид отрезка прямой.

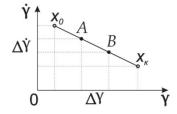


Рис. 1. Опорные точки на траектории

Задача алгоритма состоит в нахождении такого управления, которое бы с соблюдением критериев оптимальности плавно переводило бы систему от одной опорной точки к следующей и в выполнении этой процедуры от начала программной траектории до её конца.

На каждом новом локальном участке начальное отклонение определяется как разница между текущей опорной точкой и текущим положением, полученным на предыдущем локальном участке с добавлением некоторой случайной величины, включающей в себя неучтённые факторы и погрешности реального объекта. При достижении требуемой точности попадания в новую опорную точку, алгоритм переходит к обработке следующего локального участка, а его положение становится новыми начальными условиями.

Для нахождения управления [1] объектом, возмущённое движение которого описывается уравнением

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + B\mathbf{u},\tag{1}$$

находится матрица  $C^{T}$  уравнения регуляторов

$$\boldsymbol{u} = \boldsymbol{C}^{\mathrm{T}} \widehat{\boldsymbol{x}},\tag{2}$$

такая, что на асимптотически устойчивых движениях системы (1), (2), возбуждённых произвольными начальными отклонениями, минимизировался функционал

$$J = \int_{0}^{\infty} (\widehat{\mathbf{x}}^{\mathrm{T}} Q \widehat{\mathbf{x}} + \mathbf{u}^{\mathrm{T}} \mathbf{u}) dt, \qquad (3)$$

где  $A^{n\times n}$ ,  $B^{n\times m}$  — заданные матрицы;  $Q^{n\times n}$  — заданная положительно-определённая матрица.

Для нахождения 
$$C = -P^0 B$$
 решается алгебраическое уравнение Риккати:

$$PA + A^{\mathrm{T}}P - PBB^{\mathrm{T}}P + Q = 0, \tag{4}$$

где P — симметричная матрица чисел размеров  $n \times n$ .

Результаты моделирования работы алгоритма в виде фазовых траекторий для программной траектории, имеющей вид отрезка прямой представлены на рис. 2.

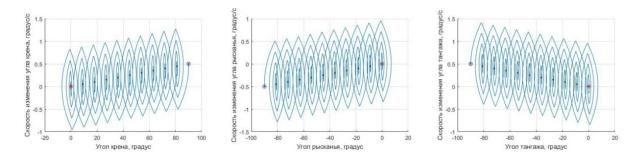


Рис. 2. Фазовые траектории процесса переориентации

На рис. 2 углы крена, рысканья и тангажа расположены по горизонтальным осям, а скорости изменения этих углов по соответствующим вертикальным осям. Конечная точка программной траектории находится в начале координат (0,0) для каждого из графиков.

Созданная по предложенному в работе алгоритму программа позволяет находитьоценку времени переориентации при указанных ограничениях на переменные управления и другие параметры модели.

#### Библиографический список

1. Александров, А.Г. Оптимальные и адаптивные системы [Текст]: учеб. пособие для вузов по спец. «Автоматика и упр. в техн. системах» / А.Г. Александров. — М.: Высш. шк., 1989. —  $263~\rm c.$ 

УДК 629.78

#### ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫ ПРИМЕНЕНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ СПУТНИКОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

#### © Слистин А.А., Аваряскин Д.П.

e-mail: slistin.a@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Изучение верхней атмосферы является одной из перспективных областей современной космонавтики. Уточнение параметров модели атмосферы необходимодля решения задач телерадиокоммуникации и навигации, включающие задачи расчета задержек прохождения сигналов спутников связи, а также для более точного определения и прогнозирования полета космических станций и искусственных спутников Земли. На плотность атмосферы могут влиять активность Солнца, геомагнитная активность Земли т.д. Из-за наличия данных факторов, значения плотности атмосферы могут существенно отличаться от прогнозируемых, что может привести к осложнениям в эксплуатации космических станций и кораблей. Так, например, станция «Салют-7» в 1979 году начала снижаться также по причине возросшей солнечной активности, уплотнившей верхние слои земной атмосферы, что могло привести к аварии при падении станции на населенные пункты, так как траектория падения не была рассчитана заранее [1].

В статье «Результаты наблюдения тестового малого космического аппарата "Сфера-53" средствами СККП России», написанной Беляевым М.Ю., описывается способ прогноза движения космического аппарата в верхних слоях атмосферы с помощью сферического космического аппарата. От станции отделяется спутник сферической формы с известной массой и размерами. Далее, с помощью наземных станций радиоконтроля орбиты, непрерывно измеряются параметры движения спутника. Так как масса и размеры сферического спутника известны, может быть решена обратная задача по определению плотности атмосферы и уточнению параметров модели атмосферы. Поскольку орбиты спутника и станции являются близкими по отношению друг к другу, полученные параметры атмосферы могут быть использованы для прогнозирования движения станции. Также, определив точное значение плотности атмосферы, можно уточнить массу станции по изменению ее траектории. В 2012 году был запущен спутник сферической формы «Сфера». Результаты наблюдения спутника показали, что действующая модель прогнозирования траектории схода с орбиты элементов «космического мусора» в верхних слоях атмосферы предсказывает точку падения с ошибкой не более 10% [2].

- 1. Алямовский. С.Н. Сферические спутники от начала космической эры до современных экспериментов. [Текст] / С.Н. Алямовский [и др.]. —М.: Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН, 2017. —15 с
- 2. Беляев М.Ю., Падалка Г.И., Спарыкин С.Д., Рыкин А.В., Фатеев В.Ф., Хуторовский З.Н., Шилин В.Д. Результаты наблюдения тестового малого космического аппарата «Сфера-53» средствами СККП России // Электромагнитные волны и электронные системы. 2013. Т. 18. № 5. С. 94-97.

УДК 629.7.054.07

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

© Смирнова Н.А., Гузанова А.Е., Кизимов А.Т.

e-mail: sn1710m@gmail.com

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва,г. Рыбинск, Российская Федерация

При разработке беспилотного летательного аппарата (БПЛА) задаются требования, обусловленные назначением, конструкцией и размерами летательного аппарата. По назначению БПЛА можно разделить на две большие группы: гражданского и специального применения.

Требования, предъявляемые к системе автоматического управления (САУ) беспилотного летательного аппарата специального назначения, можно, в свою очередь, разделить на программные и аппаратные [1].

Программные требования включают в себя наличие защищенного канала связи с наземным пунктом управления (НПУ), наличие программы полёта любой сложности, в том числе, реализуемой при потере связи с НПУ.

К аппаратным требованиям относится наличие высококачественной элементной базы преимущественно отечественного производства, точных измерительных систем и высокоскоростных интерфейсов обмена между модулями САУ.

К системам автоматического управления БПЛА специального назначения также предъявляются требования по конструкции и размерам беспилотного летательного аппарата, то есть при установке САУ на малоразмерный летательный аппарат габариты модуля не должны превышать размеров, определяемых конструкцией БПЛА.

Разрабатываемая навигационная система входит в состав САУ, следовательно, предъявляемые требования распространяются и на навигационную систему. Таким образом, целью работы является проведение экспериментальных исследований программного обеспечения навигационной системы в специализированной среде и проверка правильности работы модуля в замкнутом контуре, а также выбор элементной базы, на основе которой возможно выполнение всех поставленных задач.

В основу разрабатываемого программного обеспечения заложена навигационная система, состоящая из двух основных компонентов: бесплатформенной инерциальной курсовертикали (БИКВ) и инерциальной навигационной системы (ИНС), которые взаимно интегрированы друг в друга [2]. Высокая точность выходных параметров обеспечивается многоконтурной автоматической подстройкой вычисленных параметров, реализованной за счёт дополнительных обратных связей и альтернативных средств коррекции. Для тестирования программного обеспечения (ПО), написанного на языке высокого уровня, была проведена отладка на полунатурном моделирующем стенде, в основе которого лежит интерактивная среда МАТLAB. Она позволяет наблюдать процесс полета модели БПЛА в режиме реального времени с отображением заданной траектории. На базе элементов визуализации, входящих в состав стенда, подтверждается качество работы встроенного ПО в замкнутом контуре на примере точного выполнения полётного задания.Полученная в результате тестирования траектория представлена на рисунке.

Для аппаратной реализации поставленной задачи подобран компонент управления, который выполняет вычисления кватернионов, производных первого

порядка, фильтров высокого порядка и прочие вспомогательные расчёты с точностью не хуже 6 знаков после запятой.

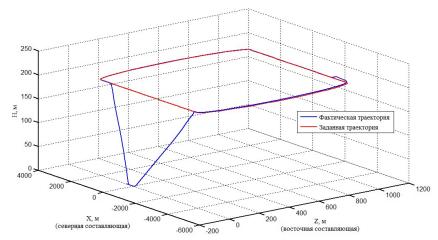


Рис. Траектория полёта БПЛА в режиме автоматического управления

Параллельно с расчётами компонент управления оперативно передает информацию о состоянии БПЛА на другие блоки САУ и записывает данные полёта в «чёрный ящик».

В качестве управляющего компонента был выбран двухъядерный микропроцессор, у которого предусмотрена возможность подключения оперативной памяти типа DDR3, обладающей высоким быстродействием и большим объёмом. Наряду с возможностью подключения оперативной памяти в характеристиках микропроцессора предусмотрена возможность подключения внешней памяти типа NORFlash (для кода программы и калибровочных данных) и NANDFlash (для «чёрного ящика») через интерфейс EMIF16.

Для реализации обмена между навигационной системой и другими модулями САУ дуплексные интерфейсы, реализованы основными требованиями. предъявляемыми к ним, являются быстродействие, надёжность, наименьшее количество входов/выходов, необходимых для подключения, и высокое качество передачи и приёма. Для связи с ПЛИС разработчики выбранного микропроцессора заложили специализированный интерфейс HyperLine, скорость приёма/передачи которого по каждому из четырёх каналов 25 Гбит/с. Для связи с микроконтроллером можно использовать все интерфейсы, поддерживаемые ответным устройством. В разрабатываемой навигационной системе предполагается использование UART и SPI. При подключении интерфейса UART использован асинхронный коммуникационный элемент или FIFO-память.

Таким образом, для разработки программно-аппаратного комплекса был проведён ряд мероприятий, связанных с тестированием ПО в интерактивной среде разработки, и выбором элементной базы, которая должна соответствовать всем требованиям по надёжности, качеству, быстродействию и габаритам.

- 1. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. В 2-х кн.: Кн.2. Роботехнические комплексы на основе БЛА: монография / под ред. В.С. Вербы, Б.Г. Татарского. М.: Радиотехника 2016. 824 с+16 с.цв.ил.
- 2. Разработка цифровой бесплатформенной инерциально-магнитометрической адаптивной навигационной системы управления беспилотным летательным аппаратом. Гузанова А.Е., Смирнова Н.А.: 71-я всероссийская НТК студентов, магистров и аспирантов вузов с МУ. Сборник материалов. Ч 2. Ярославль: ЯГТУ, 2018. С. 273-275.

УДК 629.78

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ НАНОСПУТНИКА CUBESAT 2U

© Соболев Д.Д., Симаков С.П.

e-mail: dim02sobolev15@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В настоящее время наноспутники стандарта CubeSat полностью завоевали рынок научно-образовательных космических аппаратов и активно осваивают область практического и научного применения, которую раньше занимали более крупные космические аппараты. Основой успешного функционирования космического аппарата является работоспособность его систем. Поэтому одной из наиболее актуальных проблем является исследование теплового состояния элементов конструкции наноспутника, который зачастую имеет пассивную систему тепловой регуляции.

Для наноспутника одним из основных факторов, влияющих на работу систем в космическом пространстве, является тепловой режим отдельных узлов.

Объектом исследований в настоящей работе является перспективный наноспутник стандарта CubeSat 2U.

Целью работы является исследование теплового состояния наноспутника, в рамках его функционирования в условиях орбитального полёта.

В исследовании выполнена оценка теплового состояния элементов конструкции перспективного наноспутника для разных материалов корпуса с различными вариантами покрытия. Элементы конструкции имеют различные эмиссионные характеристики, что сказывается на равновесной температуре конструкции.

Оценка проводилась посредством математической модели, описывающей каждый элемент конструкции наноспутника как отдельный узел, для которого рассчитывается тепловое состояние. При помощи математической модели получены также значения тепловых потоков, приходящихся на каждый элемент наноспутника в рамках рассматриваемого интервала времени. Валидация модели проводилась посредством математического пакета Comsol Multiphysics, являющегося интегрированной платформой для моделирования физических и химических процессов.

Получены зависимости температуры узлов наноспутника от времени. Проведен анализ результатов, по результатам которого выбрано покрытие поверхности наноспутника, обеспечивающее допустимый тепловой режим.

- 1. Губин, С.В. Оценка освещенности солнечных батарей молодежного микроспутника. Авиационно-космическая техника и технология. 2013. № 1 (98).
- 2. Атамасов, В.Д. Система обеспечения теплового режима космического аппарата Мин.обороны РФ. 2003. 72 с.
- 3. Баева, Ю.В. Методы расчета радиационнго теплообмена и тепловой защиты космических телескопов для наблюдения за Землей // СПб. 2013. 16 с.
- 4. Дульнев, Г.Н., Семяшкин, Э.Н. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. Л. Энергия. 1968. 360 с.

УДК 629.7.05

#### СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ УГЛОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ МНОГОРЕЖИМНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

#### © Соколова А.А., Зайцева Н.С., Курылева П.А.

e-mail: anyasokolova@bk.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

Актуальность работы обусловлена ростом заинтересованности к созданию беспилотных летательных аппаратов, особенно многорежимных беспилотных летательных аппаратов (БЛА), полет которых происходит в широком диапазоне значений скоростей и высот. Проблема, возникающая при построении систем управления для многорежимных БЛА, заключается в сохранении качества переходных процессов управления при значительных изменениях параметров движения: при постоянстве передаточных чисел наблюдается ухудшение качества управления, а при непрерывном расчете оптимальных передаточных чисел, в том или ином понятии оптимальности, возрастают вычислительные нагрузки на контур управления.

Задачей, на решение которой направлен проект, является создание системы адаптивного управления многорежимными БЛА с неизменным откликом по управлению, независимо от высоты и скорости движения объекта.

Особенностью предложенных методов расчета является простота их технической реализации в реальном режиме времени на борту летательного аппарата.

Неизменность качества управления во всем эксплуатационном диапазоне высот и скоростей обеспечивается расчетом оптимальных передаточных чисел на борту летательного аппарата в реальном режиме времени. В качестве критерия оптимальности построения контуров управления БЛА, обеспечивающих неизменность качества управления в каждом режиме полета самолета, используются интегрально-квадратичные критерии качества. Данный подход является дальнейшим развитием работ научной школы по созданию систем управления, сложившимся в КНИТУ-КАИ.

Авторами создана программа [1] для расчёта оптимальных передаточных чисел канала элеронов (канала крена) на основе сложной интегральной квадратичной оценки для обеспечения управления по углу крена и угловой скорости. Сложная интегральная квадратичная оценка позволяет обеспечить управление углом крена с учетом характеристик привода. Реализация переходных процессов с декрементом затухания, равным 0,707 позволяет обеспечить перерегулирование не хуже 5%, при этом значительно снизив энергетические затраты контура управления по сравнению с переходными процессами без перерегулирования.

Данная работа имеет логическое продолжение, разрабатываемое авторами, в направлении создания численных методов и комплексов программ, обеспечивающих расчет оптимальных передаточных чисел контура управления углом крена в реальном режиме времени средствами бортового радиоэлектронного оборудования: комплексной системой управления и информационно-управляющей системой, устанавливаемые на современные БЛА.

#### Библиографический список

1. Соколова А.А., Зайцева Н.С. Оптимальное управление углом крена. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017615912, 30 марта 2017г.

УДК 629.7

### ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ ПРИ НУЛЕВОМ УГЛЕ АТАКИ

#### © Уперчук Р.А., Фролов В.А.

e-mail: uperchuk.roman@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Выбор формы головной части ракеты-носителя прямым образом влияет на коэффициент сопротивления, и, следовательно, на потребную скорость [1]. Согласно методу поэлементного расчёта, используемому в данной работе, общий коэффициент сопротивления ракеты равен сумме коэффициентов её составных частей. Целью данной работы является разработка приложения в среде FreePascal (Lazarus) [2] для расчёта сопротивления различных ракет, имеющих форму цилиндров с различными головными частями.

Разработанная вычислительная программа для ЭВМ «HeadRESIST» позволяет рассчитать значение коэффициента лобового сопротивления при нулевом угле атаки для основных форм головных частей, используемых в ракетно-космической технике: конус, цилиндр с плоским торцом, полусфера, полуэллипсоид, усечённый конус, конус или оживало с плоским или сферическим затуплением. Пользователю требуется выбрать тип головной части, после выбора в графическом окне выводится схема головной части с указанными геометрическими параметрами. Затем необходимо ввести соответствующие геометрические параметры, указать диапазон изменения чисел Маха, высоту полёта и нажать кнопку «Рассчитать». Названия единиц измерения, в которых должны быть выражены данные, указаны в качестве начальных значений числовых полей. Диапазон изменения чисел Маха должен находиться в пределах от 0,6 до 5,0, а числовые данные должны иметь положительные значения. При попытке указать значения за пределами данного диапазона или ввести неположительные числа в строке состояния высветится сообщение о невозможности расчёта и необходимости изменить исходные данные. При корректном вводе данных в строке состояния выводится сообщение «Расчёт выполнен успешно».

Расчёт коэффициента трения и давления проводится по формулам из [1]. При обработке значений стандартной атмосферы для скорости звука применяется аппроксимация полиномами 6-го порядка, а для коэффициента вязкости – линейными и квадратичными функциями [3]. Значения коэффициента давления, определяемые графическим способом для различных головных частей ракет, аппроксимируются полиномами 3-го, 4-го и 5-го порядка. Значения коэффициента донного сопротивления, определяемые графическим способом для известного числа Маха, аппроксимируются полиномом 5 порядка.

После задания необходимых параметров и нажатия кнопки «Рассчитать» программа для ЭВМ выполняет расчёт коэффициента лобового сопротивления в каждой из 100 точек, на которые равномерно разбивается введённый пользователем диапазон чисел Маха. После этого результаты расчёта выводятся в текстовое поле с точностью до 0,0001 и выполняется построение графика  $c_{xa0}(M_{\infty})$ .

Результаты тестового расчёта коэффициента лобового сопротивления для ракеты с конической головной частью диаметра  $d = 1 \, M$ , длиной головной части

 $L_{e}=2,5\,$  м, длиной корпуса  $L=8\,$  м, удлинением головной части  $\lambda_{e}=2,5\,$ ,  $M_{\infty}\in[3,0\,;4,5]$  и  $h=32\,$ км приведены на рисунке

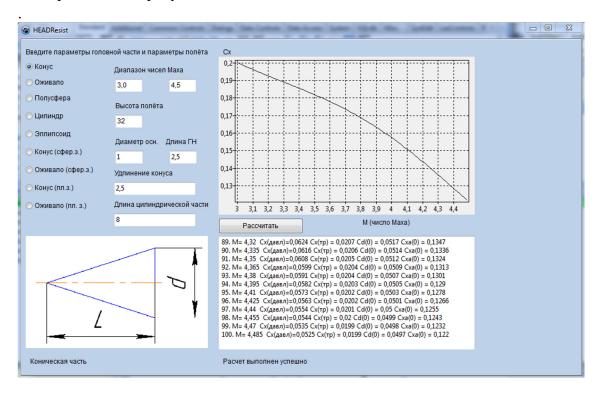


Рис. Результаты тестового расчёта

Предлагается использовать данную программу для ЭВМ HeadRESIST в учебных целях для дипломного проектирования баллистических ракет и снарядов, а также для проверочных расчётов при курсовом проектировании. В дальнейшем планируется выпуск обновления, которое позволит вычислять коэффициент подъёмной силы, рассчитывать схемы ракет с крыльями и ускорителями, а также учитывать индуктивное сопротивление и коэффициент торможения.

- 1. Васильев, В.В. Расчёт аэродинамических характеристик летательных аппаратов [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие /В.В. Васильев [и др.]. Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королёва (нац. исслед. ун-т). Электрон. текстовые и граф. дан (2,315 Мбайт). Самара, 2012. 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
- 2. Алексеев, Е.Р. Самоучитель по программированию на FreePascal и Lazarus [Текст]: учебник /Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В., Кучер Т.В. Донецк.: ДонНТУ, Технопарк ДонНТУ УНИТЕХ, 2011.-503~c.
- 3. Самарский, А.А. Численные методы [Текст]: учеб. пособие для вузов /Самарский А.А., Гулин А.В. М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. лит., 1989. 432 с.

УДК 629.78

#### ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СФЕРИЧЕСКОМУ ФЕМПТОСПУТНИКУ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОМУ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ВАРИАЦИЙ ПЛОТНОСТИ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ

#### © Халецкая Е.В., Аваряскин Д.П.

e-mail: khaletskayahelen@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Фемтоспутники являются сверхмалыми космическими аппаратами, имеющими массу от 10 до 100 г. Их основные преимущества заключаются в невысокой стоимости производства и запуска благодаря малой массе, а также возможности вывода на орбиту спутников. группировок, содержащих большое количество Использование фемтоспутников предлагает новые способы выполнения миссий, либо же миссии, выполнение которых невозможно в настоящее время более крупными космическими аппаратами. В качестве примера первого запуска фемтоспутников можно привести проект «Вестфорд», реализованный по заказу Министерства обороны США в 1961-63 годах. Целью проекта было создание вокруг Земли искусственной ионосферы, которая позволила бы улучшить связь между военными США во время холодной войны. В 1995 году были запущены несколько фемтоспутников в рамках программы ODERACS-II международного эксперимента, целью которого была калибровка оптических приборов для отслеживания космического мусора.

Информация о верхних слоях атмосферы полезна для прогнозирования координат и времени вхождения космических аппаратов в плотные слои атмосферы при возвращении на Землю. Мы не имеем подробных знаний о свойствах, в частности, о плотности верхних слоев атмосферы,посколькуметеозонды осуществляют свою работу на высоте до 50 км, а искусственные спутники Земли обычно запускают на высоту от 300 км.

Рой спутников, распределенных случайным образом на значительной площади на низкой орбите, может обеспечить одновременное измерение параметров атмосферы в большом количестве точек. Для получения адекватной модели необходимо использовать рой, численность которого измеряется сотнями аппаратов, а срок их службы при этом составит несколько недель. Исходя из этого видно, что использование крупных спутников для этой цели нецелесообразно, тогда как применение фемтоспутников, имеющих сравнительно невысокую стоимость даст необходимый результат при оптимальных условиях.

В результате анализа возможностей измерения плотности атмосферы были сформированы требования к параметрам фемтоспутника для исследования вариаций плотности верхней атмосферы: диаметр, масса, инерционные характеристики, возможный вариант компоновки. Был проведён расчет энергобаланса и сеансов связи.

- 1. Orbital Debris Quarterly News, "West Ford Needles: Where Are They Now?", vol 17, pp. 3-4 (2013).
- 2. Barnhart, D.J., Vladimirova, T., Baker, A.M., Sweeting, M.N. A low-cost femtosatellite to enable distributed space missions / Acta Astronautica64, pp. 1123-1143, doi:10.1016/j.actaastro.2009.01.025. (2009).

УДК 62-213.1

#### РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА РАСКРЫТИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НАНОКЛАССА ФОРМАТА CUBESAT

#### © Хусаинов А.А., Ломака И.А.

e-mail: husa142508@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В настоящее время наноспутники широко используются в образовательных целях, а также для отработки и внедрения новых технологий в космические разработки. Основой успешного функционирования космического аппарата является работоспособность его системы энергоснабжения. На сегодняшний день солнечные батареи считаются одним из самых надежных и достаточно хорошо отработанных вариантов обеспечения космического аппарата энергией.

Одним из способов увеличения мощности энергетической установки аппарата является установка раскрывающихся жёстких конструкций с дополнительными солнечными панелями.

Целью работы является разработка механизма раскрытия солнечных панелей для наиболее оптимальной компоновки солнечных панелей наноспутника формата CubeSat 3U

В работе выполнена оценка различных компоновок солнечных панелей для наноспутника, подобран и спроектирован наиболее надёжный и оптимальный вариант исполнения механизма раскрытия солнечных панелей после вывода наноспутника на орбиту.

Оценка проводилась посредством математической модели, описывающей движение космического аппарата на около земной орбите. При помощи математической модели были получены значения генерируемой мощности для различных компоновок солнечных панелей. Проведен анализ результатов, по итогам которого была выбрана компоновка солнечных панелей. Проектирование и расчёт механизма раскрытия проводились посредствомуниверсальной системы трёхмерного проектирования КОМПАС-3D.

- 1. Губин, С.В. Оценка освещенности солнечных батарей молодежного микроспутника. Авиационно-космическая техника и технология. 2013. № 1 (98).
- 2. Раушенбах, Г. Справочник по проектированию солнечных батарей: Пер. с англ [Текст]/ Г.Раушенбах;Энергоатомиздат, 1983. 360с
- 3. Белоконов. И. В. Расчет баллистических характеристик движения космических аппаратов: Учеб, пособие [Текст]/ И. В.Белоконов;Самар. аэрокосм, ун-т. Самара, 1994. 76 с.

УДК 629.78

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ИНСПЕКЦИОННОГО ДВИЖЕНИЯ НАНОСПУТНИКА НА ВЫСОКИХ ОРБИТАХ

#### © Щербаков М.С.

e-mail: sherbakov.m.s@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Использование группировок наноспутников (НС) с каждым годом возрастает. В 2017 году было запущено около 230 HC формата CubeSat [1]. Традиционно такие космические аппараты использовались для отработки новых технологий, но начиная с 2010 года активно используются группировки НС для ДЗЗ,АИС, АЗН-В, проведения измерений метеорологических параметров. Такие формации можно отнести к классу созвездий, в них расстояние между отдельными аппаратами может достигать нескольких тысяч километров, которые движутся по существенно разным орбитам. Помимо таких масштабных группировок, используется формации с небольшим относительным расстоянием между НС, для обозначения таких орбит в англоязычной литературе используется термин «formation flying». Они активно используются для проведения научных экспериментов и инспекционного движения. Для таких группировок остро встает вопрос точного поддержания относительного расстояния в силу малых габаритов космических аппаратов формата CubeSat. Инспекционное движение по эллипсу, в центре которого располагается инспектируемый НС, описывается известным уравнениям Clohessy-Wiltshire в предположении центрального, линеаризованного поля притяжения. Под воздействием возмущений пассивное движение инспектирующего НС будет отличаться от движения по инспекционному эллипсу (ИЭ). Параметрический анализ показал, что в большинстве случаев эллипс возмущённого движения под воздействием только гармоники Ј2 смещается в плоскости орбитального движения, при условии движения обоих НС в одной орбитальной плоскости. Но существуют инвариантные орбиты, при которых ИЭ смещаться незначительно, их существование обосновано в [2], при выполнении соотношения орбит НС.Определив область параметров движения обоих НС, соответствующих инвариантным орбитам, можно формировать критерий оптимальности управления с переходом в новый инспекционный эллипс, для минимизации топливных затрат.

- 1. World's largest data base of nanosatellites [электронный ресурс] https://www.nanosats.eu/
- 2. Hanspeter Schaub, Kyle T. Alfriend. J2 invariant relative orbits for spacecraft formations [Text] /Schaub Hanspeter[and etc.] // Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. 2001. Vol. 79. Pp 77-95.

УДК 532.582.33

#### МЕТОД ОСОБЕННОСТЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ОБТЕКАНИЯ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ТЕЛ

© Эспиноса Барсенас О.У., Лукьянов О.Е., Фролов В.А.

e-mail: oscar.espinosa.barcenas@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Предлагается численный метод особенностей для описания потенциального течения около осесимметричных тел вращения. Суть метода состоит в отыскании величин расходов источников-стоков, располагаемых на оси симметрии обтекаемого тела вращения, обеспечивающих условие непротекания на внешней поверхности этого тела.

Согласно предлагаемому варианту метода особенностей для моделирования осесимметричного обтекания исследуемое тело вращения представляется на плоскости в виде образующей тела и его осью симметрии. Образующая дискретизируется на iпрямолинейных отрезков – элементов конечной длины, с известными координатами концов и контрольных точек, установленных в середине каждого элемента. На оси тела располагаются объёмные источники/стоки неизвестной интенсивности, координата Xкаждого из которых совпадает с координатой X соответствующей контрольной точки на образующей. Предполагается, что источники-стоки, расположенные на оси, обеспечивают определённый расход жидкости через площадь каждого сегмента тела, поверхности ограниченного плоскостями, внешней проведёнными перпендикулярно оси симметрии через границы отрезков, составляющих образующую (рисунок 1). Каждый сегмент представляет собой боковую поверхность усеченного конуса.

Для отыскания интенсивностей источников/стоков используется известное соотношение:  $V_{r_i} = \frac{Q_j}{4\pi r_{ij}^2} \cdot a_{ij}$ , где  $Q_j$  – расход j-ого источника-стока (матрица  $m\times 1$ );  $r_{ij}$  – расстояние от j-ого источника-стока до i-ой контрольной точки;  $a_{ij}$  – косинус угла между нормалью к поверхности в i-ой контрольной точке и направлением  $r_{ij}$  от j-того источника к i-ой контрольной точке;  $V_{r_i}$  – скорость потока жидкости в i-ой контрольной точке, направленная по нормали к внешней поверхности тела в этой точке, генерируемого источниками-стоками неизвестной интенсивности (матрица  $m\times 1$ ) [1]. Множитель  $\frac{1}{4\pi r_{ij}^2}a_{ij}$  называется матрицей аэродинамического влияния A размерности

 $m\times m.$  Предполагается, что в каждой контрольной точке выполняется условие непротекания, т.е.:  $\overline{V}_{_{\infty}}\cdot\overline{n}_{_{i}}=\overline{V}_{_{r_{i}}}$  или

$$V_{r_{i}} = \left\{ \begin{pmatrix} A_{11}Q_{1} + A_{12}Q_{2} + \dots + A_{1j}Q_{N} \\ A_{21}Q_{1} + A_{22}Q_{2} + \dots + A_{2j}Q_{N} \\ \dots \\ A_{Nj}Q_{1} + A_{Nj}Q_{2} + \dots + A_{NN}Q_{N} \end{pmatrix} + V_{n_{i}^{\infty}} \right\} = 0,$$
 (1)

где  $\overline{V}_{\infty}$  — вектор набегающего потока;  $\overline{n}_{i}$  — нормаль к внешней поверхности тела в i-той точке;  $V_{n,\infty}$  — проекция скорости набегающего потока на i-тую нормаль [1,2].

Решение систем линейных алгебраических уравнений (1) относительно  $Q_j$  позволяет отыскать интенсивности источников-стоков, расположенных на оси обтекаемого тела. Получив распределение расходов жидкости по каждому из источников/стоков, можно рассчитать поле скоростей течения идеальной жидкости около рассматриваемого тела вращения, которое представляется распределением тангенциальной к поверхности в каждой контрольной точке скорости  $V_{t_i}$ . Данная скорость рассчитывается на основе принципа суперпозиции путём наложения касательных проекций скоростей набегающего потока  $V_{t_i}$  и скоростей, генерируемых источниками-стоками  $\sum_{j=1}^n V_{t_{ij}}$ , в i-той контрольной точке:  $V_{t_i} = \sum_{j=1}^n V_{t_{ij}} + V_{t_i \mid \infty}$  [1]. Каждое слагаемое  $V_{t_{ij}}$  определяется как  $V_{t_{ij}} = (\overline{V_x}; \overline{V_y}) \cdot \overline{t_i}$ , где  $\overline{t_i}$  — единичный касательный вектор к поверхности тела в i-той контрольной точке [1-3].

Выполнение условия  $\overline{V}_{_i} \cdot \overline{n}_{_i} = 0$ , предполагающее выполнение условий непротекания на поверхности тела, свидетельствует о правильности полученных значений интенсивностей источников-стоков (см. рис.).

Полученное поле скоростей около тела даёт возможность определить распределение коэффициента давления по поверхности тела по известной формуле:

$$C_{p_i} = 1 - \left(\frac{V_{t_i}}{V_{\infty}}\right)^2 [1].$$

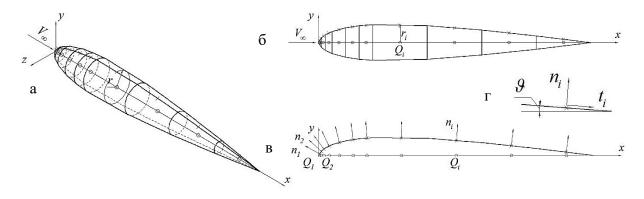


Рис. Тело вращения: a — изометрия, б — вид сбоку, в — сегменты внешней поверхности тела, z — векторы нормалей и касательных к поверхности

- 1. Katz, J. Low-speed aerodynamics: from wing theory to panel methods [Текст] 2-е изд. /J. Katz., A. Plotkin M.: Cambridge University Press, 2001.-613 c.
- 2. Houghton, E.L. Aerodynamics for Engineering Students [Текст] 6-е изд. / E.L. Houghton, [и др.]. М.: Elsevier, 2013. 724 с.
- 3. Frolov, V. Review Results on Wing-Body Interference [Text] /Vladimir Frolov. MATEC Web of Conferences 7, 09006), ICMIE 2016 DOI: 10.1051/matecconf/20167509006.

### Секция 4

Проектирование, производство, эксплуатация авиационной техники и организация транспортных процессов

УДК 656.7

#### ЗАДАЧА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ АЭРОПОРТА С УЧЁТОМ ВРЕМЕНИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ И БАГАЖА

#### © Аргасцева Я.С., Потапов И.В.

e-mail: jana.argastseva@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

С постоянным ростом объёма пассажирских и грузовых авиаперевозок перед аэропортами встает непростая задача — увеличить пропускную способность аэропорта с минимальными финансовыми и временными потерями. В данной работе в качестве решения этой проблемы предлагается оптимизация распределения ресурсов аэропорта при обслуживании перевозок пассажиров и багажа, а именно мест стоянки воздушных судов и выходов на посадку в здании терминала.

Целью данной работы является нахождение рационального расположения места стоянки и выхода на посадку для прилетающего самолёта.

Задачи исследования:

- определение актуальности проблемы;
- изучение методов решения задач оптимизации;
- определение критериев, влияющих на распределение ресурсов аэропорта;
- определение целевых функций и ограничений.

Задача о назначении выходов на посадку и мест стоянки играет важную роль в работе аэропорта. Помимо обеспечения безопасности, оптимальное распределение ресурсов аэропорта позволяет увеличить производительность обслуживания пассажиров и багажа за счет сокращения времени пребывания их в аэропорту.

Для решения данного типа задач используются различные алгоритмы и методы решения. В выпускной квалификационной работе бакалавра, выполненной Аргасцевой Я.С., данная задача была сформулирована как задача линейного программирования и решена с помощью метода «ветвей и границ» [1]. Однако у данного метода есть недостатки.

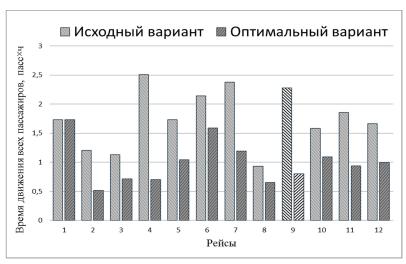


Рис. 1. Сравнение времени движения всех пассажиров до и после оптимизации

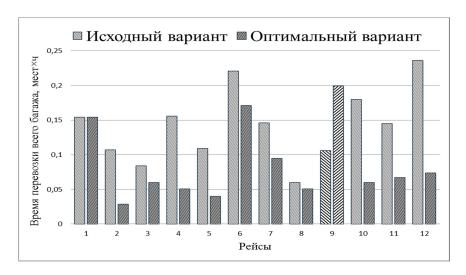


Рис. 2. Сравнение времени перевозки всего багажа до и после оптимизации

Так, на рис. 1 и 2 представлен случай, когда после оптимизации пассажиры проходят на посадку к выходу № 9, а багаж еще не будет доставлен на борт. Соответственно, самолет не сможет вылететь до окончания погрузки багажа.

Для повышения эффективности процедуры оптимизации следует рассмотреть многокритериальную задачу — математическую модель принятия оптимального решения одновременно по нескольким критериям [2].

Решение такой задачи не дает наилучших значений для каждого критерия, так критерия ухудшение улучшение одного зачастую вызывает другого. как Следовательно, решение многокритериальной задачи представляет собой некоекомпромиссное решение.

На сегодняшний день методы многокритериальной оптимизации условно можно разделить на две группы. Методы первой группы сводят многокритериальную задачу к однокритериальной путем свертывания векторного критерия в суперкритерий, который оптимизируется одним из методов однокритериальной оптимизации.

Ко второй группе можно отнести остальные методы многокритериальной оптимизации, которые не производят свертывание локальных критериев в скалярный суперкритерий.

Для задачи оптимального распределения мест стоянок и выходов на посадку следует рассмотреть два критерия: время, которое проходит пассажир между выходами на посадку, и время, которое необходимо для транспортировки багажа от одного рейса к другому.

Дальнейшая работа будет включать в себя постановку задачи, выбор метода оптимизации, решение поставленной задачи и анализ полученных результатов.

- 1. Аргасцева, Я.С. Оптимальное распределение ресурсов аэропорта при обслуживании пассажирских и багажных перевозок [Текст]: ВКРБ: защищена 18.06.18./ Аргасцева Я.С., Романенко В.А. -70 с.
- 2. Штойер, Р. Многокритериальная оптимизация: теория, вычисления, приложения [Текст] / Р. Штойер // М.:Наука, 1982. С. 14-29, С. 146-258.

УДК 621.431.75

#### АКУСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОРАЗМЕРНОГО ГТД

© Видяскина А.Н., Ермилова Е.Н., Ермилов М.А., Крючков А.Н.

e-mail: vidiaskina@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

С развитием технологий и авиамоделирования на рынке двигателей стали появляться малогабаритные газотурбинные двигатели (МГТД) с малой тягой 1-25 кг. Данные двигатели широко используется для создания авиамоделей и обладают повышенным уровнем шума. Поскольку авиамодели зачастую используются в черте города на небольшой высоте (50-200 м) и могут оказывать раздражающее воздействие на людей, то появляется необходимость в акустическом исследовании МГТД.

Для определения влияния параметров МГТД на генерируемый шум исследовался МГТД Jat Cat p-220RXi со следующими характеристиками:

Тяга: 220N при 117 000 об/мин

Рабочий диапазон оборотов:  $35\ 000 - 117\ 000\ oб/мин$ 

Температура выхлопных газов: 480-750 ° С Скорость истечения реактивной струи: 1760 км/ч Расход топлива: 0,725 л/мин. (при полной нагрузке)

Вес: 1,85кг. Диаметр: 117 мм



Puc. 1. МГТД Jat Cat p-220RXi

МГТД устанавливался на движущуюся опору с топливной системой. Стендовая установка включает в себя: датчик измерения тяги, бак с топливом, система управления подачей топлива, аккумулятор питающий систему управления и поджига топлива, дымоход для локализации струи горячих газов.

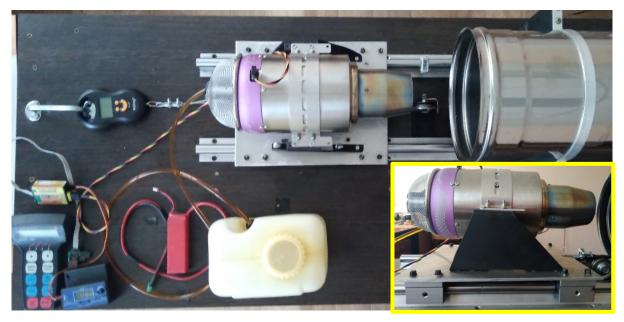
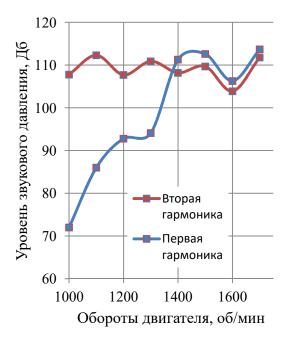


Рис. 2. Стендовая установка для испытания МГТД

Уровень звукового давления измерялись с помощью трех микрофонов, установленных на расстоянии от среза сопла 3 м под следующими углами к оси ротора МГТД: 1 микрофон  $45^{0}$ , 2 микрофон  $-90^{0}$ , 3 микрофон  $-135^{0}$ .



120 Уровень звукового давления, Дб 110 100 90 Вторая 80 гармоника 70 Первая гармоника 60 1000 1200 1400 1600 Обороты двигателя, об/мин

Рис. 3. График зависимости уровня звукового давления от частоты оборотов двигателя под углом 45°

Рис. 4. График зависимости уровня звукового давления от частоты оборотов двигателя под углом 90°



Рис. 5. График зависимости уровня звукового давления от частоты оборотов двигателя под углом  $135^{\circ}$ 

Анализ уровней звукового давления гармоник (рис. 3–6) на каждом направлении показал, что с увеличением оборотов значение первой гармоники увеличивается от 70

до 120 Дб, а значение второй остаётся постоянным на всём диапазоне частоты вращения двигателя. Окружная неравномерность излучаемого шума свидетельствует о различных диаграммах направленностях двух основных источников шума МГТД: вентилятора и выхлопной струи.

Была также получена зависимость тяги двигателя от его оборотов, а также зависимость среднеквадратичного значения акустического давления от оборотов.

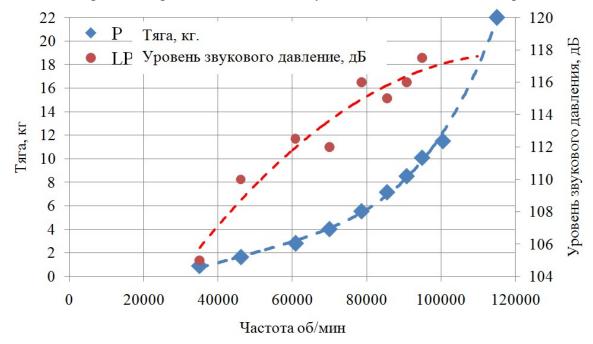


Рис. 6. График зависимости тяги и среднеквадратичного значения звукового давления от оборотов

Таким образом, в результате проведенного эксперимента по измерению шума МГТД в диапазоне от 35000 до 100500 об/мин были получены следующие выводы:

- 1. основной источник шума МГТД является компрессор, на спектре основные гармоники кратны частоте вращения ротора двигателя;
  - 2. наблюдаемый шум находился в диапазоне от 105 до 120 Дб.

#### Библиографический список

1. Самохин В. Ф. КУРС ЛЕКЦИЙ ШУМ ГТД Введение в авиационную акустику, – М., ЦАГИ, 2007. – 152 с.

УДК 656.882

# РОССИЙСКИЙ РЫНОК ЭКСПРЕСС-ДОСТАВКИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗЫ НА СРЕДНЕСРОЧНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ

#### © Гизятова Т.А., Кропивенцева С.А.

e-mail: Tatiana 156@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Рынок экспресс-доставки представляет собой сегмент рынка транспортнологистических услуг. Экспресс-услуги — это быстрая и удобная для конечного получателя доставка грузов, корреспонденции, посылок.

Цель работы: анализ состояния отечественного рынка экспресс-услуг и выявление перспектив его развития.

Задачи исследования:

- изучить рынок транспортно-логистических экспресс-услуг России;
- проанализировать развитие рынка за последние годы;
- определить факторы, оказывающие влияние на состояние рынка экспресс-доставки.

Актуальность исследования обусловлена развитием экономики и постоянным ростом спроса на транспортные услуги в связи с увеличением объемов интернетторговли. По данным Ассоциации экспрессперевозчиков (АСЭП), международный оборот товаров растет ежегодно примерно на 35%, что влияет на количество международных отправлений и объемы доставки товаров внутри стран. Анализ рынка позволит спрогнозировать его состояние на ближайшие годы и определить потребности компаний по экспресс-доставке в провозных мощностях и других ресурсах [1].

По оценкам экспертов, экспресс доставка занимает около 10% от общего объема рынка доставки. Динамика роста объемов рынка в 2006-2011 годах представлена на рис. 1.

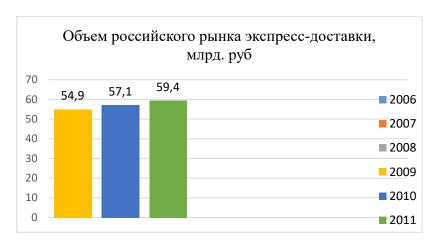


Рис.1. Динамика объема российского рынка экспресс-доставки [2]

Объем транспортных услуг, оказываемых населению, ежегодно растет, как показано на рис. 2 [3].

Если в региональных перевозках ключевую роль играет автомобильный транспорт, позволяющий выполнять курьерскую доставку от двери до двери, то в рамках

международных экспресс-перевозок и перевозок на дальние расстояния авиационный транспорт считается наиболее эффективным вариантом с точки зрения времени.



Рис. 2. Динамика объема оказанных населению транспортных услуг в России

Сегодня, практически каждый магазин в сфере онлайн-ритейла предлагает услуги по экспресс-доставке, наравне с обычной транспортировкой покупок. В отчете Ассоциации компаний интернет-торговли (АКИТ) отмечается, что объем рынка интернет-торговли в России по результатам 2017 года вырос на 13% по сравнению с 2016 годом и составил 1040 млрд рублей [3]. Обзор электронных торговых площадок Китая показал, что опция экспресс-доставки доступна практически в 100% магазинов, а из перечисленных ниже доставка может быть осуществлена EMS, Почтой России, Алиэкспресс, Станция Китай, Shein, Priceangels, MyeSoul, Banggood.com, Tinydeal, LightintheBox, GaerBeast, Kitmall, Wholesaledress, DHGate, TomTop.

По данным отчета АКИТ, доля Почты России на рынке доставки товаров есоттесе выросла с 62% в 2016 году до 67% в 2017. Общая выручка Почты России от операционной деятельности в 2017 году выросла на 8,1% (13,3 млрд рублей – до 178,1), а доходы Почты России от посылочного бизнеса возросли на 21% (48,9 млрд рублей).

В связи с таким ростом объемов отправлений организация решила создать собственный авиапарк: два ТУ-204С будут перевозить до 30 тонн почты на расстояние до 3,8 тыс. км. Ранее Почта России осуществляла доставку почты на рейсах регулярных авиакомпаний. В дальнейшем интерес для исследования будут представлять именно авиаперевозки деловой корреспонденции и грузовых отправлений.

Таким образом, несмотря на высокую стоимость перевозок, авиационный транспорт играет важную роль в международных экспресс-отправлениях. Поэтому дальнейшая задача исследования — рассчитать емкость рынка грузов экспресс-доставки и определить конкурентоспособную стоимость такой перевозки.

- 1. Express Delivery and Trade Facilitation: Impacts on the Global Economy [Текст] Frontier Economics Ltd, London, 2014-99~p.
- 2. Рынок транспортно-логистических услуг в 2010-2011 годах и прогноз до 2014 года // RBCResearch. -2011.-365 с.
  - 3. Российский статистический ежегодник: 2018. [Текст] / Росстат. М., 2018 694 с.

УДК 656.078.13

#### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСФЕРНОЙ СИСТЕМЫ АВИАПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

© Гужа Е.Д., Скороход М.А., Романенко В.А.

e-mail: e.guzha@ya.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Решение о формировании трансферной системы на базе узлового аэропорта (хаба) и хабообразующейавиакомпании, с целью повышения экономической эффективности перевозочной деятельности, должно приниматься после предварительного технико-экономического анализа, результаты которого позволяют выбрать наилучший вариант проектируемой системы.

Привлекательность хаба в роли пересадочного пункта обеспечивается, если авиакомпании удаётся предложить пассажирам перевозку со сбалансированным временем пребывания в хабе, исключающим неприемлемо длительное ожидание, но при этом достаточным для гарантированной пересадки на стыковочные рейсы. Число действительных трансферных пассажиров, т.е. тех, которые не откажутся от перевозки, найдя время пребывания в хабе приемлемым, будет меньше числа потенциальных пассажиров. Это означает, что величина доходов, полученных системой от перевозки действительных трансферных пассажиров в течение некоторой волны прибытийотправлений [1], будет меньше величины доходов, которые могла бы получить система от перевозки всех потенциальных пассажиров в течение той же волны. Повысить величину «действительных» доходов, приблизить её к «потенциальным», позволяет оптимизация параметров расписания, состоящая в определении таких моментов времени прибытия и отправления рейсов в рамках каждой волны, которые величину «действительных» Проблема максимизируют доходов. оценки эффективности трансферной системы сводится к определению величиныдоходов, на которые могут рассчитывать её организаторы в случае использования оптимально скоординированного расписания, формируемого с учетом ограниченных технических возможностей узлового аэропорта и предпочтений трансферных пассажиров в отношении времени пребывания в нём [2].

Решение оптимизационной задачи осложняется наличием неопределенности, вызванной, во-первых, стохастичностью перевозочных процессов и конъюнктуры авиатранспортного рынка и, во-вторых, недостатком знаний о проектируемой трансферной системе. Уровни потенциальных пассажиропотоков, величины тарифов на авиасвязях, временные характеристики технологических операций наземного обслуживания и численность ресурсов, выделяемых аэропортом для их выполнения, рассматриваются в единой, нечеткой, форме, что позволяет детализировать модель аэропортовых процессов при существенном упрощении вычислительных процедур.

Оценка эффективности трансферной системы авиаперевозок в условиях неопределенности предполагает наличие нечеткой модели процесса наземного обслуживания в хабе, устанавливающей связи между параметрами расписания движения самолётов, величинами продолжительности технологических операций наземного обслуживания, численности и производительности задействованных при их выполнении ресурсов, общей численности и производительности ресурсов аэропорта.

Для описания технологических процессов в хабеиспользуется модельный технологический график, содержащий операции, оказывающие наиболее существенное влияние на время наземной стоянки воздушного судна (ВС) [3]. Связи между моментами наступления основных событий модельного графика устанавливаются в рамках отдельной волны прибытий—отправлений, в течение которой в хаб прилетают, проходят обслуживание и вылетаютK самолетов.

В качестве целевой функции задачи оптимизации расписания принимается дифаззифицированная величина нечеткой суммы доходов  $\mathfrak C$  от перевозки действительных трансферных пассажиров по всем авиасвязям ij(i, j = 1, ..., K):

$$\mathcal{C} = \sum_{i=1}^{K} \sum_{j=1}^{K} \left[ \mathbf{v}_{ij}^T \mathbf{k}^T \left( \mathbf{t}_j^d - \mathbf{t}_i^a \right) \right] \cdot \mathbf{c}_{ij}^T,$$

где  $\mathcal{R}_{ij}^{T}$  — нечёткая доля пассажиров, воспользовавшихся трансферной перевозкой, от числа потенциальных пассажиров  $\mathcal{P}_{ij}^{T}$  авиасвязи ij, зависящая от времени пребывания в хабе;  $t_i^a$  и  $t_j^a$  — оптимизируемые параметры, плановый (по расписанию)момент времени прибытияi-гои нечеткий момент времени вылета j-го BC, соответственно;  $\mathbf{c}_{ij}^{T}$ — нечеткие трансферные тарифы на авиасвязи ij.

Максимум целевой функции достигается при оптимальных значениях параметров расписания, для определения которых используется нечеткая модель процесса наземного обслуживания в хабе [4]. Полученные при этом значения перевозки действительных трансферных пассажиров лишь на 11-20% ниже потенциально возможного их уровня. Оценка эффекта от оптимизации, полученная при сравнении оптимального расписания с традиционным не узловым, показывает более чем в 2 раза сниженный уровень «действительных» доходов. Проектируемая трансферная система вряд ли может быть признана эффективной без использования оптимизации расписания.

Для решения задачи применимы известные методы математического программирования, реализованные в доступном программном обеспечении персональных ЭВМ, таком как надстройка «Поиск решения» табличного процессора MicrosoftExcel, либо специализированный программный пакет IBM ILOG OPL.

- 1. BURGHOUWT G., REDONDI R. Connectivity in Air Transport Networks: An Assessment of Models and Applications // J. of Transport Economics and Policy. 2013. Vol. 47(1). P. 35–53
- 2. DANESI A. Measuring airline hub timetable co-ordination and connectivity: definition of a new index and application to a sample of European hubs // European Transport. 2006. Vol. 34. P. 54–74
- 3. Романенко В.А. Моделирование производственных процессов узловых аэропортов. Саарбрюккен: «LAP LAMBERT Academic Publishing», 2012. 283 с.
- 4. Гужа Е.Д., Романенко В.А., Скороход М.А. Нечёткая оценка эффективности трансферной системы авиаперевозок // Управление большими системами. Выпуск 77. М.: ИПУ РАН. 2019. С.219-260

УДК 656.7.025, 338.47

#### АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

#### © Евстифорова Д.В., Немчинов О.А.

e-mail: darina.dasha96@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Доступность транспортной инфраструктуры и уровень транспортного обслуживания населения являются важными аспектами, формирующими комфортные условия проживания на определенной территории. Транспортная мобильность населения зависит от таких факторов как:особенности системы организации хозяйственной деятельности, расселения данной территории, наличия у населения возможности для перемещений, уровня доступности транспорта.

Для Дальнего Востока России значимость транспортной системы определяется значительной площадью региона, исторически сложившимся неравномерным расселением и высокой степенью локализации хозяйственной деятельности, слабым развитием транспортной инфраструктуры.

Уменьшение транспортной подвижности населения Дальнего Востока свидетельствует о малой обеспеченности транспортной мобильности жителей данного региона. Кроме того, наблюдается существенное перераспределение пассажиропотоков Дальневосточного федерального округа (ДВФО): сокращается доля пассажиров в центральные районы Российской Федерации и возрастает удельный вес поездок в зарубежные страны, расстояние до которых значительно меньше (в первую очередь это страны Северо-Восточной Азии).

Для анализа транспортной системы как сферы материального производства используются технико-экономические показатели, характеризующие затраты на создание инфраструктуры и организацию перевозок, а также интенсивность использования транспортных средств различных видов.

Развитие транспортной инфраструктуры рассматривается в качестве одного из факторов, определяющих уровень жизни и комфорт проживания. Существуют следующие основные критерии, по которым производится оценка доступности транспорта территории: транспортная обеспеченность; транспортная доступность в пространстве; экономическая транспортная доступность; транспортная доступность по времени; транспортная доступность во времени; социальная транспортная доступность.

Необходимо отметить, что основная доля концентрации железнодорожного и автомобильного сообщения приходится на центральные районы страны [1].

В связи с важной задачей повышения уровня жизни, развития транспортной доступности населения Дальнего Востока России, а также с учетом актуальности воздушного транспорта среди населения региона, ключевым моментом является доступность авиационного транспорта. В качестве решения данного вопроса предлагается использование элементов бизнес-модели low-cost. «Low-cost – авиакомпании» — авиакомпании, предлагающие низкую плату за проезд в обмен на отказ от большинства традиционных пассажирских услуг.

В рамках исследования рассмотрена оптимизационная модель спроса на автоперевозки, позволяющая оценить совокупную потребность с учетом расслоения

населения по доходам [2]. В данной модели для каждой доходной группы определялся оптимальный вид транспорта ПО критерию минимальной пассажирокилометра с учетом стоимости времени, проведенного в пути. Таким образом, модель рассчитывается для каждого субъекта ДВФО, рассмотрен железнодорожный и воздушный транспорт, модель построена отдельно для низкобюджетных традиционных авиаперевозчиков, так как стоимость пассажирокилометра у данных видов авиакомпаний различна. Себестоимость пассажирокилометра представляется в виде суммы приведенных к нему слагаемых полных затрат.

В современной социально-экономической обстановке на поведение большинства потенциальных пассажиров наибольшее влияние оказывают два основных фактора — стоимость и длительность поездки. Чтобы связать эти два,часто противоречивых, критерия используется понятие «стоимость времени пассажира». При этом «стоимость времени» в пути включает в себя не только прямую потерю дохода, но и денежную оценку разнообразных неудобств, связанных с пребыванием в пути.

Для трансфера к месту отдыха рационально действующий индивид выбирает тот вид транспорта, который обеспечивает максимум дальности поездки, т.е. ставится задача максимизации подвижности индивида. Сумма, выделяемая из бюджета индивида на дальние поездки, должна покрывать стоимость поездки туда и обратно, причем, в полную стоимость поездки включается и стоимость затраченного времени. Кроме того, необходимо учитывать, что индивид затрачивает на поездки не весь месячный бюджет, а лишь его часть.

Таким образом, по результатам проведенного исследования, сделан вывод, что в среднем жители субъектов ДВФО могут позволить себе поездки на минимальное расстояние только в том случае, если их доход превышает 19 000 руб. (55% населения ДВФО). Однако стоит отметить, что Дальний Восток России имеет большую площадь, что значительно влияет на дальность поездок граждан, то есть только 35% жителей могут путешествовать на значительные расстояния.

Также в рамках исследования был проведен анализ доступности железнодорожного транспорта, что позволило сделать вывод об его отсутствие в ряде регионов, то есть жители отдаленных субъектов Дальнего Востока России не имеют возможности перемещаться по стране.

Для повышения транспортной доступности, необходимо осуществлять мероприятия для понижения тарифов на воздушном транспорте (в том числе действующая программа субсидирования авиаперевозок), так как он является более приоритетным для жителей. В настоящее время на ДВФО будет актуально развивать малую авиацию для транспортной мобильности жителей отдаленных регионов для повышения уровня жизни.

Стоит отметить, что применение авиакомпаниями региона элементов бизнесмодели low-cost, предоставляя более низкие тарифы на проезд, позволит сделать воздушный транспорт доступным и для остальных доходных групп населения.

- 1. Белавинцев И.А. О мерах по обеспечению доступности и развития региональных перевозок пассажиров воздушным транспортом в Дальневосточном федеральном округе // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2013. № 3. С. 121–125.
- 2. Клочков В.В. Управление инновационным развитием гражданского авиастроения: монография [текст] Клочков В. В. Москва, 2009. 282 с.

УДК 629.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛИЗУЕМОСТИ САМОЛЕТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ

#### © Зинина О.В., Болдырев А.В.

e-mail: olga z inina@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Современные авиационные конструкции близки к исчерпанию возможностей повышения аэродинамических и весовых характеристик за счет оптимизации параметров традиционных силовых установок и классической компоновки летательных аппаратов, поэтому во всем мире ведется интенсивный поиск новых технических решений. Примером такого поиска может служить разработка гибридных силовых установок с применением движителей на электрической тяге.

В настоящей работе представлен обзор существующих прототипов. Рассмотрены гибридные самолеты E-Fan, X-57 «Махwell» с 14 электрическими двигателями и ZunumAero с двумя электродвигателями, самолет Ту-155 на водородном топливе.

Особо отмечен макет демонстратора гибридно-электрической силовой установки разработки ЦАГИ, представленной на МАКС-2017. Эта установка создается для разработки перспективного полностью электрического самолета. Ее главная особенность — применение электрического оборудования, использующего эффект высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП) [1].

В основе теоретической модели ВТСП, разработанной академиком В.Л. Гинзбургом, лежит так называемый экситонный механизм взаимодействия электронов. Электроны проводимости, движущиеся в металле, отталкивают электроны диэлектрика, то есть окружают себя облаком избыточного положительного заряда, который и приводит к образованию электронной пары [2]. Такой механизм корреляции электронов предсказывает весьма высокие значения критической температуры.

На базе ВТСП-провода создаются кабели, интегрируется оборудование для электроэнергетики, сверхсильные магниты, а совершенствование криогенных технологий уже позволяет разработать прототипы для нового поколения электродвижения, ветрогенерации, систем магнитного подвеса и накопителей энергии.

Электродвигатели на основе ВТСП позволяют снизить энергетические потери более чем в 3 раза относительно современных синхронных электродвигателей и обеспечить высокие весовые характеристики [3].

Еще одним направлением развития авиационной техники является использование водородного топлива для газотурбинных двигателей. Водород — возобновляемый источник энергии, который имеет такие основные термодинамические характеристики и специфические свойства, как:

- значительная теплотворная способность (удельная теплота сгорания у водорода выше, чем у керосина примерно в 3 раза);
- возможность эффективного охлаждения горячих деталей двигателя жидким водородом;
  - возможность использования в качестве хладагента для ВТСП.

Однако, как утверждают специалисты в области криогенных видов топлива, широкое использование водородного топлива как альтернативы керосина в гражданской авиации развитых стран ожидается не ранее 2030 года [4]. Это связано со следующими обстоятельствами:

- водород обладает способностью, в случае его утечек из магистрали, образовывать взрывоопасные смеси с кислородом, что требует принятия специальных технических решений;
- применение водородного топлива вызывает необходимость обеспечения особых требований к компоновке летательного аппарата.

В настоящей работе представлены расчеты первого приближения нескольких концепций самолётов с гибридной силовой установкой. Выделены критерии для оценки эффективности гибридной силовой установки для самолета. Среди них снижение энергетических потерь, повышение экологической безопасности и повышение массы целевой нагрузки.

Предварительные расчеты показали, что гибридный самолёт на керосине имеет преимущество относительно классического самолёта по массе топлива, топливная эффективность гибридного самолета повысилась на 61%.

Выявлено приращение массы силовой установки самолета за счёт использования электрических двигателей, редукторов и винтов, аккумуляторных батарей и топливных элементов. Развитие технологий ВТСП позволяет снизить массу электрических компонент, что повышает эффективность гибридного самолета. Кроме того, электродвигатели имеют высокую среднюю наработку на отказ по сравнению с тепловыми двигателями. Еще одним преимуществом такого самолета является повышение экологических параметров.

Гибридный самолет на водородном топливе так же имеет ряд преимуществ. Применение водорода в качестве топлива способствует, во-первых, уменьшению массы топлива почти в 2,7 раза, во-вторых, благодаря экономии массы топлива возможно увеличение массы целевой нагрузки на 40%. В то же время повышается сложность и масса топливной системы, что приводит к повышению массы силовой установки почти в 2 раза. Масса конструкции увеличивается за счет необходимости размещения в фюзеляже топливных баков для хранения водорода.

Таким образом, в работе продемонстрировано, что перевод газотурбинных двигателей на водород в составе гибридных силовых установок имеет ряд серьезных преимуществ, которые делают водород привлекательным альтернативным топливом будущего с технической и экологической точки зрения.

- 1. bmpd.livejournal.com [Электронный ресурс] / Дата обращения: 21.04.2018.
- 2. https://ido.tsu.ru [Электронный ресурс] / Дата обращения: 18.04.2019.
- 3. www.superox.ru [Электронный ресурс] / Дата обращения:10.04.2019.
- 4. Кирдюшкин, Ю.С. Потенциал водородного топлива гражданской авиации будущего [Текст] / Ю.С. Кирдюшкин. Научный вестник МГТУ  $\Gamma$ А №194, 2013.—С. 110 113.

УДК 004.023

# ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ПЕШЕХОДНОЙ ДОСТУПНОСТИ ОСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

© Зубкова Е.В., Сапрыкин О.Н.

e-mail: zubkolena@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Общественный пассажирский транспорт играет огромную роль в социальной, экономической жизни горожан, а также обеспечивает транспортную подвижность населения. С каждым годом всё больше жителей России отказываются от услуг городского общественного транспорта. Существуют две основные причины, объясняющие снижение спроса на данный вид услуг. Первая причина — неудобство маршрутов городского общественного транспорта, которая выражается в отсутствии возможности добраться на муниципальном транспорте из одного района города в другой без пересадок. Вторая — низкая пешеходная доступность остановок.

В данной работе рассмотрена проблема пешеходной доступности остановок общественного транспорта на примере города Самара. Выбор города обусловлен результатами исследования аналитического агентства «Автостат» — Самара в 2017 году занимала первое место по обеспеченности легковыми автомобилями среди российских городов миллионников [1]. По данным на конец 2018 года Самарская область не вошла в «Топ-15 регионов Российской Федерации с наибольшей обеспеченностью легковыми автомобилями» [2]. Исходя из статистических данных можно сделать вывод, что улучшение работы общественного транспорта города Самара является приоритетным направлением развития на ближайшие годы.

Следовательно, возникает необходимость решения комплексной проблемы, связанной с качеством работы пассажирского общественного транспорта, а также с пешеходной доступностью остановок общественного транспорта. Целью работы является разработка математической модели транспортной инфраструктуры города, методов и программных средств для расчета и оптимизации пешеходной доступности объектов городской транспортной инфраструктуры.

Данная задача оптимизации является NP-трудной, то есть для неё не существует эффективного формального метода решения. Проанализировав различные методы оптимизации, выбор был остановлен на генетическом алгоритме, поскольку он отражает естественные процессы самоорганизации городского пространства, а также позволяет найти глобальный оптимум при решении NP-трудных задач [3].

Для решения поставленной задачи была создана математическая модель города, состоящая из улично-дорожной сети, районов города, остановок общественного транспорта, а также маршрутов движения общественного транспорта. В данной модели учитывались все параметры и характеристики составляющих общей модели. В качестве целевой функции было выбрано максимальное значение показателя доступности остановок общественного транспорта. Основными ограничениями в данной задаче выступают градостроительные нормы, которые устанавливают максимальное расстояние от жилых домов до остановочного пункта.

Описанный метод реализован в интерактивной аналитической среде Spyder на языке программирования Python.

Сначала была собрана информация об улично-дорожной сети города и получено её графическое отображение на карте. Для этого были использованы открытые электронные источники (карта Open Street Map), в которых представлены данные о транспортной инфраструктуре города.

Критерий доступности остановок общественного транспорта в построенной модели рассчитан по методу изохрон, который учитывает естественные препятствия на пути пешеходов. Для построения изохрон было подсчитано, что в среднем различные категории пешеходов преодолевают расстояние 500 м за 8 минут [4]. На карте города отобразилось, есть ли на расстоянии 500 метров от остановок общественного транспорта жилые дома, до которых пешеход может добраться без затруднений. Так же были определены участки с низкой пешеходной доступностью, в которых необходимо оптимизировать расположения остановок.

В генетическом алгоритме оптимизации гены кодируют расположение остановок общественного транспорта. Ген представлен с помощью двоичной системы исчисления: в местах с низкой пешеходной доступностью нанесены предполагаемые остановки общественного транспорта (обозначены 0), а существующие остановки обозначены 1. При запуске генетического алгоритма осуществляется отбор наиболее приспособленных особей, значение фитнесс-функции (площадь покрытия) которых велико. После рекомбинации появляются новые особи, совокупность которых образует новую популяцию. После появления нового поколения, предыдущие операции с особями повторяются n-раз, пока показатель доступности остановок общественного транспорта не примет наибольшее значение. В результате получены координаты наилучшего расположения остановок общественного транспорта, при которых пешеходная доступность максимальна.

Таким образом, в рамках данной работы создана математическая запись общей модели города, разработано решение частного случая проблемы доступности остановок общественного транспорта на примере города Самара. При этом подходы, использованные при разработке модели и алгоритма являются универсальными и могут быть применены для оптимизации доступности остановок общественного транспорта в любом городе.

- 1. Рейтинг российских городов-миллионников по обеспеченности автомобилями [Электронный ресурс] // https://www.autostat.ru: Аналитическое агентство «Автостат» URL: https://www.autostat.ru/press-releases/29680/.
- 2. Рейтинг российских регионов по обеспеченности легковыми автомобилями [Электронный ресурс] //https://www.autostat.ru: Аналитическое агентство «Автостат» URL: https://www.autostat.ru/news/34032/.
- 3. Панченко, Т.В. Генетические алгоритмы [Текст]:учебно-методическое пособие / Т.В. Панченко Астрахань: Издательский дом "Астраханский университет", 2007.- 83 с.
- 4. Скорость движения пешеходов, км/час [электронный ресурс] // http://rationalnumbers.ru/ рациональная статистика url: http://rationalnumbers.ru/all/skorost-dvizheniya-peshehodov-km-chas/.

УДК 658.7

#### ВЛИЯНИЕ ИННОВАЦИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

#### © Иванова Н.В.

e-mail: nadejdaIvanovav@yandex.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Республика Башкортостан, Российская Федерация

Логистика — организация рационального процесса продвижения товаров и услуг от поставщиков сырья к потребителям, функционирования сферы обращения продукции, товаров, услуг, управления товарными запасами, создания инфраструктуры товародвижения; логистическая система — сложная организационно завершенная экономическая система, состоящая из элементов, взаимосвязанных в едином процессе управления материальными и сопутствующими им потоками.

Логистика идет по пути повышения эффективности, в связи с применением различных инноваций, направленных на:

- улучшение уровня сервиса потребителей;
- рост эффективности логистических процессов;
- повышения уровня безопасности труда участников процесса;
- снижение влияния на экологию.

Инновации в логистике рассматривают в рамках двух аспектов:

- 1) разработка более рациональных (оптимальных) процедур и операций на базе логистических бизнес-процессов развития;
- 2) использование новаций в логистике в виде достижений научно-технического прогресса в отношении совершенствования и модернизации транспортных средств, складских и подъемно-транспортных механизмов, упаковочного и расфасовочного оборудования, новых видов упаковочных материалов.

По оценке Всемирного банка в 2018 году Россия занимает8-е место из 160 по уровню развития логистической системы, соседствуя в этом рейтинге с Шри-Ланкой и Уругваем [1].

Можно выделить пять ключевых препятствий для развития рынка транспортнологистических услуг в нашей стране:

- 1) низкое качество базовой услуги транспортировки;
- 2) слабое развитие транспортной инфраструктуры;
- 3) отсутствие качественной и эффективной логистической инфраструктуры;
- 4) таможенные, тарифные барьеры на границах;
- 5) нехватка компетенций и недостаточный масштаб бизнеса логистических компаний [2].

Для компенсации негативного влияния вышеперечисленных факторов необходимо не только внедрять инновации в логистике, но инвестировать в научную базу; перенимать мировой опыт в области логистики.

Практическая реализация инноваций в логистике становится мощным инструментом повышения конкурентоспособности предприятий и организаций, а также повышения конкурентоспособности выпускаемой ими продукции и оказываемых услуг. Путями повышения конкурентоспособности в транспортно-логистических услугах в России должно стать также изменение структуры логистических услуг, переход от устаревшей 2PL структуры – транспортировка грузов к 3PL структуры (Third Party

Logistics) — экспедирование грузов, контрактная логистика; и к 4PL (Fourth Party logistics) — интегрированная логистика [3]. В нашей стране в последнее время основное внимание уделяется складской логистике, в результате чего ударными темпами строятся огромные логистические комплексы, тогда как на Западе значительные усилия направлены на совершенствование транспортной логистики и fleet management.

Что касается научно-технических достижений, необходимо в большом масштабе внедрять системы WMS, ярд-менеджмента — в этом направлении опыт появляется и на отечественном поле, например компанией "Solvo" в Москве. В настоящее время уже предпринимаются попытки внедрения информационных технологий в логистические системы России. Так, в системах нового поколения данные поступают по каналам GPs/GsM напрямую с автомобиля, что позволяет отказаться от «бумажной волокиты» и автоматизированных рабочих мест при управлении автопарками. Большой потенциал несет в себе технология RFID, позволяющая в реальном времени с помощью электронных систем радио-контроля (чипов и считывателей) отслеживать перемещение материальных потоков.

- 1. Лукинский В.С., Семенов И.А. Оценка уровня логистических затрат в Российской Федерации //Научно-аналитический журнал «Логистика и управление цепями поставок», 2012. № 6 (53). С. 37.
- 2. Рыбалкина О.Т. Классификация и методическое обеспечение логистических инноваций //Логистика, 2011. № 2 (70). С. 9-104.
- 3. Дорофеев А.Н. Тренды развития транспортной логистики // Логистика, 2011. № 2 (21). С. 14–19

УДК 004.02

#### ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ОРЕНБУРГ

© Изусина А.А., Михеева Т.И., Михеев С.В.

e-mail: S.izusina@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара

Построение комплексной схемы организации дорожного движения является актуальной задачей, так как это позволяет повысить уровень организации дорожного усовершенствовать характеристики улично-дорожной дислокацию технических средств организации дорожного движения, оптимизировать процесс управления транспортными потоками на всех фазах движения, уменьшая транспортные задержки, повышая безопасность движения. Использование современных геоинформационных технологий позволяет вести учет и актуализировать данные о состоянии и дислокации объектов транспортной инфраструктуры. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система «ITSGIS» позволяет осуществлять организацию и оптимизацию транспортных процессов, хранить данные об объектах транспортной инфраструктуры (дорожные знаки, дорожная разметка, световые опоры, светофоры, дороги, остановки общественного транспорта и др.) в базе данных с визуализацией геообъектов на электронной карте, строить граф улично-дорожной сети для последующего моделирования транспортных процессов. Комплексная схема организации дорожного движения представляет собой совокупность мероприятий, направленных на улучшение уличнодорожной сети населенного пункта. При создании комплексной схемы организации дорожного движения вгеоинформационной среде ITSGIS решены следующие задачи:

- сбор информации о сооружениях, производственно-технологических комплексах, предназначенных для обслуживания участников движения, а также для обеспечения работы транспортных средств на основе геовидеомаршрутов с привязкой видео к координатам местности с помощью плагина ITSGIS «WayMark»;
- определение местоположения технических средств организации дорожного движения с последующей дислокацией и визуализацией геообъектов на интерактивной электронной карте города Оренбурга;
- построение математической модели транспортной инфраструктуры города Оренбург в среде ITSGIS с учетом существующих геообъектов транспортной инфраструктуры, требуемых и подлежащих демонтированию, соответственно.

С учётом анализа результатов, полученных в ходе исследования, а также существующего социально-экономического уровня развития района разработана и совершенствуется транспортная модель текущего состояния развития транспортной инфраструктуры. Организация дорожного движения осуществляется для соблюдения интересов граждан, общества и государства; обеспечения социально-экономического развития; обеспечения приоритетности безопасности дорожного движения по отношению к потерям времени (задержкам) при движении транспортных средств и (или) пешеходов; обеспеченияприоритетности развития транспорта общего пользования; создания условий для движения пешеходов и велосипедистов; достоверности и актуальности информации о мероприятиях по организации дорожного движения, своевременности ее распространения; обеспечения экологической безопасности. Пример комплексной схемы организации дорожного движения на электронной карте в среде интеллектуальной транспортной геоинформационной системы «ITSGIS» приведен на рисунке с визуализацией дислокации различных геообъектов на соответствующих тематических слоях.

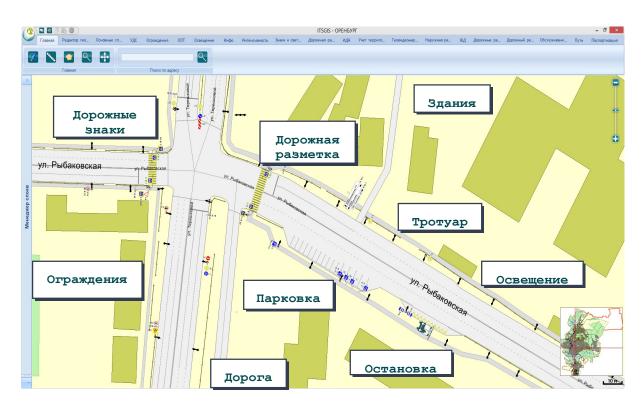


Рис. Электронная карта города Оренбург с комплексной схемой организации дорождного движения

Таким образом, разработка комплексной схемы организации дорожного движения позволяет обеспечить:

- оптимальное распределение маршрутов городского пассажирского, грузового и транзитного транспорта, одностороннего движения с учетом развития сети;
- выполнение рекомендаций по совершенствованию и изменению с указанием приоритетности их реализации;
- определение целесообразности модернизации и внедрения технических средств регулирования движения;
- снижение количества дорожно-транспортных происшествий в местах их концентрации;
  - обоснование скоростных режимов движения;
  - снижениенеблагоприятного воздействия транспорта на окружающую среду;
- повышение безопасности движения транспортных средств и пешеходов и пропускной способности автомобильных дорог.

- 1. Интелектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS. Плагины / Т.И. Михеева, С.В.Михеев, О.К. Головнин и др. Самара: Интелтранс, 2016. Т.2. —217 с.
- 2. Маркелов, В.М. Интеллектуальные транспортные системы как инструмент управления [Текст] / Маркелов В.М., Соловьев И.В., Цветков В.Я. // Государственный советник. №3 М.: 2014. С. 42–49.
- 3. Михеева Т.И., Золотовицкий А.В.. Применение теории графов в задачах управления дорожным движением. // Вестник СГАУ. Самара: СГАУ, 2003. С.20-24.

УДК 629.7.01

### ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ИСЧИСЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ЖГУТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ

© Коптев К.В., Мясников А.Ю.

e-mail: nirs@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Значительную долю в авиационном оборудовании, решающем жизненно важные задачи распределительной системы самолета, занимают кабельные изделия, или бортовая кабельная сеть (БКС), которая предназначена для передачи по ней электрической энергии и электрических сигналов информации. БКС летательных аппаратов (ЛА) характеризуется сложными распределенными геометрическими структурами, значительными массово-габаритными характеристиками, которые существенно связаны с их геометрическими размерами, а общая протяженность БКС может достигать сотни километров. Все это ставит перед конструкторским бюро задачу о непрерывном совершенствовании методов и средств проектирования бортового комплекса оборудования (БКО) — одного из начальных и особо ответственных этапов создания современных технических систем и объектов.

Существующая методология проектирования БКС приводит к увеличению трудоемкости на одном из наиболее сложных этапов при производстве ЛА — монтаже БКС на борту самолета. Стоит отметить, что эти операции являются одними из заключительных этапов монтажа БКО, и зачастую именно они являются причиной отставания от графиков сдачи ЛА. Низкая доля полностью готовых к установке жгутов и кабелей, прошедших все стадии производства и контроля в первую очередь связанна с незавершенностью изготовления конструкции электрожгута в цехе. Все это приводит к массовым и повсеместным доработкам электрожгутов на борту ЛА, связанным с корректировкой длины проводов по фактическим значениям, что приводит к увеличению отходов и к повышению трудоемкости операций.

Для снижения массовых показателей возникает задача на вычисление длины проводников в рамках выбора системы счисления. В данной работе рассматриваются вопросы вычисления длины проводника или системы проводников в рамках топологической структуры жгута, представляющего собой геометрический комплекс электрических проводников(одномерных симплексов) в рамках конкретной системы с учетом запретных областей в заданном пространстве формирования структуры электрожгута для его компоновки в заданном технологическом пространстве и,как следствие, выбора метода вычисления длины проводника в компоновочной структуре электрожгута проводов заданной системы. Предложено интегральное исчисление для определения длины проводника при различных вариантах систем координат и как следствие определение длины в рамках дифференциального интегрального исчисления.

В докладе приведены исследования различных вариантов определения длины проводника в жгуте проводов БКС ЛА, рассмотрены следующие возможные решения, обобщенные на случай любой кривизны. Как показали результаты исследования наиболее приемлемым является случай, показанный на примере ниже.

Пусть в пространстве задана дуга AB (рис.). Разобьем ее точками  $M_1, M_2, ..., M_{n-1}$ на пчастей. Соединив соседние точки деления отрезками, получим ломаную, вписанную в дугу AB. Эта ломаная состоит из звеньев  $M_0M_1, M_1M_2, ..., M_{n-1}M_n$ , где  $M_0$  совпадает с точкой A, а  $M_n$  с точкой B.



Рис. Разбиение дуги

Примем для длин этих звеньев следующие обозначения:  $M_0M_1=\Delta L_1$ , ..., $M_{n-1}M_n=\Delta L_n$ . Тогда периметр  $L_n$  этой ломаной:

$$L_n = \Delta L_1 + \Delta L_2 + \dots + = \Delta L_n,$$

или, в сокращенной записи,

$$L_n = \sum_{i=1}^n \Delta L_i. \tag{1}$$

Очевидно, с уменьшением длин звеньев =  $\Delta L_i$  ломаной она по своей форме приближается к дуге AB. Поэтому естественно ввести следующее определение.

Длиной 1 дуги AB называется [1] предел, к которому стремится периметр вписанной в эту дугу ломаной, когда число ее звеньев неограниченно растет, а наибольшая из длин звеньев стремится к нулю:

$$l = \lim_{\max \Delta L_i \to 0} \sum_{i=1}^n \Delta L_i.$$
 (2)

При этом предполагается, что предел (2) существует и не зависит от выбора вписанных ломаных.

Предложенный метод вычисления длины оптимизирует процессы формирования исходных данных для изготовления плаза жгута.

#### Библиографический список

1. Шнейдер В. Е. и др. Краткий курс высшей математики. Учеб. пособие для втузов. М., «Высш. школа», 1972.-640 с.

УДК 629.7.051.8

# КОНТРОЛЬ ДАЛЬНЕГО ПОЛЯ ГЛИССАДНОГО МАЯКА С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ

#### © Лихачев А.С.

e-mail: elwin 96@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, г.Санкт-Петербург, Российская Федерация

Одним из важных направлений в обеспечении безопасности и регулярности воздушного движения гражданской авиации являются летные проверки наземных средств радиотехнического обеспечения полетов и авиационной электросвязи (РТОП и АЭС). Проверки средств радиотехнического обеспечения полётов и светосигнального оборудования на сегодняшний день осуществляются с помощью пилотируемых воздушных судов, оснащённых измерительными комплексами. Летная проверка наземных средств РТОП и связи с помощью аппаратуры летного контроля, установленной на летающей лаборатории, является обязательным этапом работ, выполняемых при сертификации и эксплуатации аэродромов.

С помощью летных проверок радиомаячной системы посадки (РМСП) воздушных судов (ВС) измеряются пространственные характеристики курсового, глиссадного и маркерных радиомаяков. Но между летными проверками произвести необходимые измерения в воздушном пространстве невозможно. Для решения данной проблемы необходимо внедрение дополнительных средств измерения, которые будут входить в состав радиомаячной системы посадки воздушных судов.

Для измерения пространственных характеристик РМСП могут быть использованы воздушные шары, аэростаты, вертолеты, мультикоптеры с установленным на них измерительным оборудованием аналогичным оборудованию на летающей лаборатории.

Средства измерения пространственных характеристик позволяют произвести измерение сечения глиссады, контроль дальнего поля глиссадного радиомаяка в любой точке, в пределах зоны действия. Также возможно произвести измерения параметров курсовых, маркерных радиомаяков и посадочных дальномеров. С помощью данной аппаратуры, входящей в состав РМСП ВС, можно проанализировать излучаемые в пространство сигналы и оценить точность функционирования каждого наземного средства РТОП и АЭС.

Питание устройств измерения пространственных характеристик может осуществляться автономно, либо при помощи кабельных линий с источником питания, находящимся на земле.

Интеграция беспилотных летательных аппаратов в качестве средств измерения пространственных характеристик позволит повысить уровень безопасности полетов, а также повысить точность работы радиомаячной системы посадки. Для реализации предложенного подхода необходимо в первую очередь внести изменение в существующее законодательство а также руководство по эксплуатации РМСП ВС.

- 1. Беспилотные авиационные системы/С.А. Кудряков, В.Р. Ткачев, Г.В. Трубников, В.И. Кисличенко. -СПб.: Свое Издательство, 2015. -121 с.
- 2. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь. Учебное пособие/С.А. Кудряков, В.К. Кульчицкий, Н.В. Поваренкин, В.В. Пономарев, Е.А. Рубцов, Е.В. Соболев, Б.А. Сушкевич//СПб.: Свое издательство, 2016. 287 с.
- 3. Методические рекомендации по летным проверкам наземных средств радиотехнического обеспечения полетов, авиационной электросвязи и систем светосигнального оборудования аэродромов гражданской авиации. Приложение к распоряжению Минтранса России№ ИЛ-79-р от 24 августа 2005г.: в ред. распоряжения Минтранса России № МС-82-р от 29.06.2012. -207c.
- 4. Федеральные авиационные правила «Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь в гражданской авиации»: [утв. приказом Министерства транспорта Российской Федерации №297 от 20 окт. 2014 г.]. 86 с.
- 5. Федеральные авиационные правила «Летные проверки наземных средств радиотехнического обеспечения полетов, авиационной электросвязи и систем светосигнального оборудования гражданской авиации»: [утв. приказом Министерства транспорта Российской Федерации № 117 от 20 апр.  $2011 \, \text{г.}$ ]. -42c.

УДК 656.7.025

# АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПУТИ РАЗВИТИЯ АВИАТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

© Мартынова Д.Д., Чайкина А.А.

e-mail: tdasha@inbox.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Крайний Север — это значительная часть территории нашей страны, отличающаяся суровым климатом, и расположенная главным образом к северу от Северного Полярного круга. К регионам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям относят множество субъектов РФ, около 24 регионов. Авиатранспортная инфраструктура является одним из залогов экономической стабильности и жизнеобеспечения данных регионов. В работе подробно рассматривается авиатранспортная структура Ненецкого автономного округа, Ямало-Ненецкого автономного округа, республики Коми и Ханты-Мансийского автономного округа.

Основными точками доставки грузов и пассажиров воздушным транспортом в рассматриваемых регионах являются такие города, как Сургут, Новый Уренгой, Нарьян-Мар, Сабетта, Ханты-Мансийск и другие. Все перечисленные аэропорты являются крупными, с твердым покрытием взлетно-посадочной полосы и с развитой авиатранспортной инфраструктурой. Но рассматриваемые регионы имеют и большое количество аэропортов местного значения, такие как Варандей, Амдерма, Бованенково, Мыс Каменный, Красноселькуп. Эти аэропорты заметно отличаются, большинство из них имеют грунтовые полосы, и их инфраструктура в подавляющем большинстве находится в неудовлетворительном состоянии. Количество таких аэропортов в последние годы сокращаются, это означает что часть населенных пунктов, особенно в отдаленных районах Севера, остаются вне всякой транспортной доступности.

Кроме наземных объектов, авиатранспортная инфраструктура характеризуется протяженностью и развитостью сети воздушных маршрутов. В настоящее время Север обслуживают авиакомпании S7, Аэрофлот, Ямал, Ютейр, Комиавиатранс, Газпромавиа и другие. И если между регионами и центром (г. Москва) хорошо налажено сообщение и существует множество компаний, которые обслуживают перевозки, то внутри региона все значительно хуже. Местные линии обслуживают небольшое число перевозчиков, такие как Комиавиатранс, Ютейр, Оренбуржье и Ямал. Если рассматривать Ненецкий АО, то Нарьян-Марский объединенный авиаотряд является почти единственным крупным перевозчиком в этом районе.

Авиаотряды, являясь на сегодняшний день редкой формой авиатранспортного предприятия, выполняют авиаперевозки пассажиров, почты, грузов собственными воздушными судами, помогают держать связь между городами и селами в районе их базирования. Такая форма авиапредприятия является последствием советской системы управления гражданской авиации. на сегодняшний день осталось два авиаотряда, осуществляющие гражданские перевозки. Один из них — это Нарьян-Марский объединенный авиаотряд, другой — 2-й Архангельский объединённый авиаотряд.

Одним из эффективных способов развития региональной авиации Крайнего Севера могло бы стать возрождение авиаотрядов.

Анализ парка воздушных судов перевозчиков, работающих на местных воздушных линиях, говорит о необходимости его модернизации и обновления, так как основу парка составляют самолеты Ан-2 и вертолеты Ми-8. Заменой Ан-2 могли бы стать модернизированный Л-410 и ТВС-2МС. При всех достоинствах этого самолета без налаженного серийного производства он не сможет заменить Ан-2 Заменой Ми-8 могли бы стать Robinson 44, Ансат и Ка-62. Проблема заключается в дороговизне машин и высокой стоимости перелета.

Значимая проблема местной авиации — высокая стоимость перевозки. В себестоимость авиарейса обычно входит сбор за аэронавигационное обслуживание, аэропортовые сборы и цена за  $\Gamma$ CM (1).

$$C = C_{AHOBT} + C_{A\Pi} + C_{\Gamma CM} + C_{\Pi \Psi}$$

где  $C_{\text{АНОВТ}}$ - сборы за аэронавигационное обслуживание на воздушных трассах;  $C_{\text{АП}}$  – аэропортовые сборы;  $C_{\text{ГСМ}}$ - стоимость топлива;  $C_{\text{ЛЧ}}$ - расходы на летный час.

Конечный тариф на перевозку будет зависеть от дальности и времени полета, перевозимого веса и типа груза, количества перевозимых пассажиров, а также класса воздушного пространства, в котором будет выполняться полет. Для развития оптимальных сетей маршрутов требуется анализ полученных значений себестоимости выполнения рейса по различным направлениям различными типами воздушных судов.

В районах Крайнего Севера с его огромными пространствами и проблемой транспортной доступности логистика воздушного транспорта приобретает особое значение. Необходимыми условиями возрождения региональной авиации является: сохранение малых аэропортов и аэродромов, увеличение качества наземной инфраструктуры, массовый выпуск воздушных судов для региональных и местных перевозок, развитие оптимальных маршрутов, а так же субсидирование перевозок.

- 1. Авиация: Энциклопедия. [Текст] М.: Большая Российская Энциклопедия. Главный редактор Г.П. Свищев. 1994.
- 2. Гражданская авиация (основные данные). // Свободная энциклопедия «Википедия» [Электронный ресурс]. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Гражданская\_авиация
  - 3. Авиация в России: Справочник [Текст]// Под ред. Г.С. Бюшгенса, 2010 г.

УДК 629.7.08: 519.876.5

# НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ АЭРОПОРТА

#### © Молчанова А.И., Романенко В.А.

e-mail: anastasiamol97@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Перед каждым аэропортом стоит задача обеспечения регулярности перевозок. Регулярная перевозка – это такая перевозка, которая выполняется по заранее заданному согласованному маршруту следования с указанием начального и конечного пунктов отправления и прибытия. Главными причинами нарушения регулярности являются опоздание воздушного судна (ВС) в аэропорт назначения и технологических ресурсов в аэропорту, таких как трапы, топливозаправщики, бригады по выгрузке багажа, уборке салона и т.д. Время обслуживания ВС складывается из продолжительностей различных операций технологического графика наземного обслуживания, например, высадка пассажиров, выгрузка багажа, уборка салона, загрузка бортпитания и т.п.

Для сокращения возможных нарушений и сбоев в обслуживании ВС необходимо грамотно проранжировать (назначить приоритеты) самолеты при принятии решений о выделении технологических ресурсов для выполнения технологических операций.

Сходная задача рассматривалась в статьях [1,2], где в качестве нечетких чисел принимались только фактические значения времени прилета и вылета ВС. В отличие от указанных статей, в настоящей работе помимо нечеткости во времени прилета и вылета заданы нечеткости для времени обслуживания ВС.

Нечеткое прогнозируемое время готовности к вылету ВС, выполняющих отправляющиеся рейсы, рассчитывается по формуле:

$$t_{ij}^a = t_{j} - minm_{ij}^a$$

 $t_{ij}^a = t_j^a - minm_{ij}^a$  где  $t_j^a$  – нечеткое планируемое время вылета рейса,  $m_{ij}^a$  – «четкий» временной запас между прибытием і-го рейса и отправлением і-го рейса, определяемый согласно расписанию.

Найденное нечеткое время готовности ВС к вылету ранжируется от меньшего к большему. В зависимости от полученных результатов определяется порядок выделения технологических ресурсов аэропорта для обслуживания того или иного вылетающего ВС. При этом учитывается необходимость выполнения различных операций наземного обслуживания с использованием ресурсов разнообразных типов.

Для решения задачи применимы известные методы нечетких вычислений, реализованные в доступном программном обеспечении персональных ЭВМ, таком как Microsoft Excel.

В результате было задано 7 рейсов прилета и вылета ВС, назначено время прилета и вылета этих рейсов, заданы нечеткие времена для времени обслуживания ВС технологическими ресурсами аэропорта. После нахождения времени готовности ВС к полету был произведен сравнительных анализ с задачей с «четкими» временами готовности ВС к полету. Найденные значения в «нечеткой» задаче оказались лучше на 35% по отношению к «четкой» задаче.

- 1. Salma Fitouri-Trabelsi, C.A.N. Cosenza and Mora-Camino, GHM at Airports with fuzzy information, -2014, P.1-7
- 2. C.A.N. Cosenza and Mora-Camino, Nombres et ensembles duaux flous et applications, Technical repport, LMF laboratory, COPPE/UFRJ – 2011.

УДК 005.6

# СТРУКТУРИРОВАНИЕ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

#### © Москаева Е.В., Дмитриев А.Я.

e-mail:el.mosk.4@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) можно рассматривать как средство для повышения эффективности деятельности организации при достижении целей, так как их применение способствует снижению затрат времени и ресурсов. Из этого следует, что производителям БПЛА необходимо выделять ключевые характеристики объекта для повышения удовлетворенности потребителя, в качестве которого выступает организация или отдельное лицо. Для реализации данной задачи в настоящей статье рекомендуется применять метод структурирования функции качества (Quality Function Deployment — QFD).

Структурирование функций качества (QFD) — это метод структурирования требований и пожеланий потребителя через развертывание функций и операций деятельности по обеспечению на каждом этапе жизненного цикла проекта создания продукции такого качества, которое бы гарантировало получение конечного результата, соответствующего ожиданиям потребителя [1].

В отличие от традиционных методов управления качеством, которые сосредоточены на решении существующих, известных проблем для достижения "нулевого дефекта", QFD ориентирована на потребителя, чтобы исследовать высокоприоритетные высказанные и невысказанные потребности, которые должны быть удовлетворены для принятия нового продукта или услуги. Чтобы достичь этого качества в первый раз, разработчики должны знать, какие проблемы есть у клиента, и насколько важны эти проблемы для того, чтобы помочь ему лучше выполнять свою работу или жить своей жизнью, и какой уровень улучшения необходим клиенту, чтобы принять его вместо своего текущего продукта. Таким образом, QFD сильно зависит от сотрудничества с потребителем, его отрасли продукта или услуги, а также от уровня конкурентоспособности клиента.

В настоящее время разработан стандарт ИСО 16355 для решения вопросов качества, связанных с разработкой новых продуктов. Стандарт состоит из восьми частей для идентификации клиентов и заинтересованных сторон, получения их "голосов" (VOC и VOS), анализа и выявления приоритетов, создания инновационных решений и обеспечения их надежности и качества на всех этапах жизненного цикла продукции. Стандарт применяется к физическим продуктам (сборка и процесс), сервисному обслуживанию, программному обеспечению и внутренним бизнеспроцессам [2].

Рассмотрим пример организации, занимающейся экологическими вопросами, в которой БПЛА может удовлетворить ее потребности, заключающиеся в следующем [3]:

- а) видеомониторинг местности в реальном времени в видимой и инфракрасной областях спектра;
- б) обнаружение, распознавание, идентификация, с возможностью определения координат наземных объектов днем и ночью;
  - в) высокая продолжительность полета;
  - г) малые габариты и т.п.;

После приоритизации потребности высокой ценности могут быть преобразованы в требования к БПЛА. В классическом QFD это было сделано с использованием дома качества, который перечисляет потребности клиентов в строках матрицы и

функциональные требования – в столбцах и взвешивает силу отношений между ними. Затем для расчета весов требований производится перекрестная таблица весов. Пример построения «дома качества» для БПЛА представлен на рисунке.

Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")  Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")		Скорость полета	Радиус действия радиолинии	Максимальная дальность полета	Масса летательного аппарата (взлетный вес)	Размах крыла летательного аппарата	Рабочая высота полета	Усповия эксплуятации	Взлет	Площадка для взлета и посадки	Режимы полета	Состав комплекса
Малый вес					Θ	0					şe 111 13	Θ
Высокая дальность полета				Θ		<b>A</b>	<b>A</b>					0
Автоматический полет по программе		i.		į.	34 3	i.	3	0	0	<b>A</b>	Θ	
Хорошее разрешение картинки		<b>A</b>					<b>A</b>					Θ
Применение в разных метеоусловиях	84 3 		% 3		<b>A</b>		0	Θ	86 8	<b>A</b>	Θ	
Высокая длительность полета	Θ											Θ
Простота в обслуживании	× 3	<b>A</b>	× 3	i.	<b>A</b>		84 B	0	Θ	Θ	× 3	<b>A</b>
Непрерывная подача сигнала			Θ			<b>A</b>	<b>A</b>				<b>A</b>	0
Видеомониторинг местности	0	0	% 3		% 3		96 S	i.	98 3		% S	Θ
Difficulty	8	1	8		3		3		3		3	
(0=Easy to Accomplish, 10=Extremely												
Max Relationship Value in Column	9	3	9	9	9	3	3	9	9	9	9	9
Weight / Importance	150,0	67,6	105,9	105,9	50,0	32,4	82,4	185,3	105,9	102,9	223,5	476,5
Relative Weight	8,9	4,0	6,3	6,3	3,0	1,9	4,9	11,0	6,3	6,1	13,2	28,2

Рис. «Дом качества» для БПЛА

В целом метод структурирования функции качества позволяет не только формализовать процедуру определения основных характеристик БПЛА с учетом пожеланий потребителя, но и принимать обоснованные решения по управлению качеством процессов его создания. Таким образом, «развертывая» качество на начальных этапах жизненного цикла продукта в соответствии с нуждами и пожеланиями потребителя, удается избежать корректировки параметров БПЛА после его появления на рынке (или по крайней мере свести ее к минимуму), а следовательно, обеспечить высокую ценность и одновременно относительно низкую стоимость (за счет снижения затрат на 20-30%).

- 1. QFD Структурирование Функций Качества [Электронный ресурс]. URL: https://sixsigma.ru/lean-six-sigma-articles/qfd/ (дата обращения 20.04.2019).
- 2. Customer Collaboration with ISO 16355 [Электронный ресурс]. URL: http://www.mazur.net/publishe.htm (датаобращения 20.04.2019).
- 3. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: справ.пособие [Текст] / А.Г. Гребеников, А.К. Мялица, В.В. Парфенюк и др. X.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2008. 377 с.

УДК 629.7.01

# РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

#### © Мясников А.Ю.

e-mail: nirs@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Проведенный анализ этапов проектирования, конструирования и производства бортовых кабельных сетей (БКС) [1] выявил ряд преодолимых проблем в методологии проектирования, которые отражаются на качестве и сроках не только самого проектирования, но и последующего производства БКС и в целом летательного аппарата (ЛА). Методы и средства проектирования и производства БКС далеко не всегда позволяют в полной мере выполнять требования регламентирующих технических материалов о технологичности БКС, характеризующимся минимизацией или даже полным исключением объемов работ по заделке и распайке электрических соединителей непосредственно на борту ЛА [2]. Это требует разработки нового метода проектирования БКС, представленного с формальных позиций решением топологической задачи.

В топологии существует задача о вложении [3], частный случай которой можно интерпретировать как задачу о вложении систем одномерных отрезков из схемы электрических соединений в евклидово пространство, то есть в трехмерное пространство самолета. Существует теорема, которая утверждает, что конечная система, состоящая из точек (электрических соединителей на блоках) и связывающих их одномерных отрезков (проводов и жгутов), сколь бы сложным строением она не обладала, всегда может быть вложена в пространство R3, то есть размещена без дополнительных пересечений отрезков. Это пример того, что может быть реализовано в пространстве и не может быть реализовано на плоской поверхности.

Под пространством ЛА понимаются зоны для размещения оборудования во внутренних отсеках ЛА, а именно – в обтекающих элементах фюзеляжа (гаргротах), в герметичных и негерметичных зонах фюзеляжа, а также внутри крыла, киля и т.д [4]. Это пространство имеет как разрешенные области, рекомендуемые для размещения оборудования и прокладки БКС, так и запретные зоны. Специфическое размещение оборудования и безальтернативность электрического соединения источников и потребителей информации, сильно разнесённых физически друг от друга, усложняет проектирование и монтаж БКС на борту. На реальном инженерном объекте на это пространство накладываются определенные ограничения, и классификация таких пространств производится с точностью до некоторой эквивалентности. Иными словами, корректнее будет рассматривать не пространство, а реальную среду, определяемую как множество идеальных объектов <Y, J>, где Y – конструкторская документация на КБО, а J – некоторые нетривиальные разбиения, необходимые для декомпозиции сложных бортовых жгутов на простые жгуты, из которых посредством конструирования создается БКС ЛА в целом.

Заданное топологическое пространство В может быть представлено как отдельными техническими отсеками, так и простейшим отображением самолета в целом, то есть цилиндром. Осевое сечение цилиндра, то есть сечение, проходящее через ось

цилиндра является прямоугольником. А также имеется пространство А, которое может быть задано общей электрической схемой, схемой электрической соединений.

Общая задача вложения жгута в пространство сводится к отображению (f) пространства B в пространство A f:  $A \rightarrow B$ , при построении которого решается ряд геометрических задач в евклидовом и аффинном пространствах.

Направленное из топологического пространства A в топологическое пространство B непрерывное отображение f должно по определению удовлетворять следующим двум условиям:

- 1. Каждой точке х пространства A соответствует одна и только одна точка у в пространстве B: y=f(x).
- 2. Если в пространстве A последовательность точек  $x_1, x_2, \ldots x_n$  ... сходится к точке x, то соответствующая в пространстве последовательность точек  $f(x_1), f(x_2), \ldots$   $f(x_n),\ldots$  сходится к точке f(x), которая соответствует точке x пространства A при отображении f.

Два топологических пространства A и B имеют право называться гомеоморфными, так как для некоторого точечного отображения  $f: A \rightarrow B$  выполняются следующие два условия:

- 1. f представляет собой взаимно однозначное соответствие (A и B эквивалентны как множества).
- 2. Как соответствие f, так и обратное соответствие  $f^1$  непрерывны (условие взаимной непрерывности).

Простейший жгут представляет собой неразвлетвленную структуру, имеющую одно начало и один конец, и в общем виде имеет вид отрезка с заданной длиной. Если обозначить этот отрезок через I, то его образ f(I) при любом непрерывном отображении f называется кривой линией. Благодаря непрерывности две близкие точки отрезка I переходят в две близкие точки кривой f(I). Обозначим образы f(0) и f(1) концов отрезка через P и Q. Тогда точки P и Q связаны криволинейным путем.

Точки в пространстве, характеризуемые как электросоединители оборудования и имеющую нулевую размерность можно рассматривать с одномерными симплексами (линиями связи) в евклидовом пространстве  $\mathbb{R}^3$ .

Решая задачу отображения необходимо также решать задачу образования базовых линий, относительно которых будет строится тело (скелет) жгута. Базовая линия обходит все запрещенные точки размещения и прокладки жгута, и полностью удовлетворяет условию практичного соединения тех или иных блоков оборудования. При определенном наложении базовых линий получается трасса прокладки БКС, которая в дальнейшем может использоваться в течении всего срока эксплуатации ЛА, как при доработках, так и при глубоких модернизациях. Трассы, полученные топологическим отображением в пространство самолета, обходящие все запретные зоны позволяют прокладывать в них жгуты и кабели, полностью готовые к монтажу. Завершенность жгутовой конструкции в этом случае является главным критерием удобства, скорости и качества монтажа.

- 1. Мясников, А.Ю. Анализ проблем проектирования бортовых кабельных сетей летательных аппаратов [Текст]/ XIV Королевские чтения. 2017. Т. 1. С. 296-297.
- 2. ГОСТ 23586-96. Монтаж электрический радиоэлектронной аппаратуры и приборов. Технические требования к жгутам и их креплению.
  - 3. Комацу, М. Многообразие геометрии [Текст]/ М: Знание, 1981. 208с.
- 4. Кербер<br/>Л.Л. Компоновка оборудования на самолетах. [Текст]/ Изд. 2-е. М., «Машиностроение», 1976. 304 с.

УДК 65.01

# ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ АВИАПРЕДПРИЯТИЯХ

#### © Мясникова Ю.В.

e-mail: Myasnikova.yuv@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Проблемы контроля сложных объектов электротехнического оборудования летательных аппаратов (ЭТО ЛА) [1, 2] приводят к сложности организации производственных процессов функционального контроля и диагностики готовых изделий на авиастроительных предприятиях. Необходимо разработать эффективную модель взаимодействия производственной системы с классом объектов контроля и диагностики.

Решение задачи моделирования сложных агрегатов ЭТО самолетов, рассмотренное в работе [3], позволяет улучшить качество информации о них, ту совокупность признаков, которая выражает внутреннюю структурную определенность информации класса объектов.

Для рассматриваемого класса объектов (агрегатов ЭТО) введено понятие поля. В поле существует набор хорошо выделенных и различимых объектов, характеризуемых большой сложностью и числом образующих их непроизводных элементов. Полем знаний об этих объектах выбрана семиотическая модель, представленная графом G, который на различных этапах решения задач оценивания состояния агрегата отражает особенности предметной области. Структура поля включает синтаксис, обобщенно представляющий синтаксическую структуру поля знаний.

Для распознавания состояния реального объекта производства необходимы действия с этим объектом, которые реализуются сетью, описываемой конечным числом цепочек регулярного множества. Такая сеть состоит из подсети воздействия (источник воздействия) — системы функционального контроля и испытаний (СФКИ) и подсети, на которую воздействуют (приемник воздействия) — объект контроля. В рамках решённых задач эта сеть может быть представлена модульной сетью — это соединение конечного числа модулей, каждый из которых реализует свои функции, образуя в общем контуры в сети «объект контроля-СКФИ».

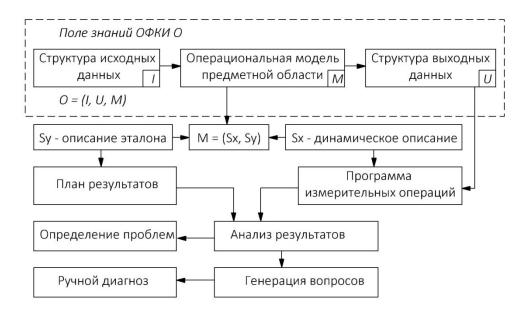


Рис. Обобщенная структурная схема организации операционного комплекса контроля и испытаний агрегатов

Активность модулей СФКИ, объекта контроля и системы обработки информации выражается с помощью высказываний (образы) и реализуется воздействиями и ответом на вопрос о ее однозначном соответствии цепочке из эталона. Модульная сеть (соединение конечного числа модулей агрегатов с операционной системой)формирует целенаправленные воздействия на модули объекта контроля или реализует передачу активности модулю через его вход, а выходы подключаются к распознавателю состояния агрегата.

Результат решения задачи разбиения— входные свойства цепочек R и значения r — лежат в основе конструирования программы измерительных операций (оценок), реализуемых некоторой операциональной системой, активирующей объект контроля для получения оценок. Тест описывает входное свойство R, а результат его действия — значение r.

Таким образом, организация выполнения функционального контроля и испытаний проводится на основе отображения структур объектов Y (эталон) и X (объект производства) — результат процесса сравнения объекта контроля существующего заранее Y и объекта X, описание которого получено автоматом распознавания СФКИ.

- 1. Коптев А.Н., Коваленко Ю.В. Проблемы диагностики многотактных автоматов // Известия СНЦ РАН. 2013. № т.15, № 6 (3).
- 2. Мясникова Ю.В. Метод и алгоритм декомпозиции в задачах синтеза программ контроля сложных объектов электротехнического оборудования // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. Т. 16. № 2. С. 172-182.
- 3. Коваленко Ю.В. Предварительная обработка принципиальных схем электросборок для решения задач анализа и синтеза программ контроля // Сборник трудов XVIII Всероссийского семинара по управлению движением и навигации летательных аппаратов. Ч. 2. 2016. С. 103-104.

УДК 629.7.083

# РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВВ РАМКАХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА

#### © Набиев Д.Т., Матвейчук И.А., Высоцкая М.В., Коптев А.Н.

e-mail:asteroy9191@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Задачи поддержания летной годности, касающиеся процедур оценки, методологии и диагностирования технического состояния воздушного судна (ВС), нуждаются в формальных методах принятия решений. Значительная часть управленческих решений сводится по форме к задачам составления планов, а по содержанию их можно рассматривать как решение задач распределения ресурсов при техническом обслуживании, математической моделью которых служит задача линейного программирования:

$$\begin{cases}
W = \sum_{j=1}^{n} C_{j} x_{j} \to \max(\min) \\
\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{ij} \leq b_{i} \\
d_{j} \leq x_{j} \leq D_{j}; i = \overline{l, m}; j = \overline{l, n},
\end{cases} (1)$$

где  $c_j$  – коэффициент в целевой функции (общее число известных работ по плану на определенный период);  $a_{ij}$  норма расхода i – го ресурса (числа инженеров или техников) для реализации одного j – го заказа (работы по техническому обслуживанию воздушных судов);  $b_i$  – располагаемый ресурс (располагаемое общее количество инженеров условного предприятия);  $d_j$  и  $D_j$  – минимальное и максимальное допустимые значения  $x_j$  (неопределенное число работ)

Система (1) представляет собой математическую модель задачи распределения ресурсов при техническом обслуживании ВС. В эту модель все переменные входят в первой степени, т.е. все зависимости являются линейными. Поэтому данную модель называют задачей линейного программирования. Такие задачи позволяют решать достаточно большой класс задач распределения ресурсов при техническом обслуживании не только в планировании и управлении, но и в проектировании процессов обучения.

В зависимости от того, как определены величины  $a_{ij}$ ,  $b_i$ ,  $c_j$ , выделяется два вида моделей – детерминированные и стохастические. В первом случае в модели величины  $a_{ij}$ ,  $b_i$ ,  $c_j$ , являются строго определенными. В реальных задачах распределения ресурсов  $a_{ij}$ ,  $b_i$ ,  $c_j$ являются случайными величинами и не могут быть определены однозначно. Для решения этой задачи воспользуемся зависимостью достоверности результатов от числа опытов с так называемым нормальным законом распределения.

В рамках исследования рассматривается «Аэродром С». Для него целевая функция может быть сформулирована в двух постановках: M – и P – постановке. При M – постановке целевая функция записывается в виде:

$$W = \left[\sum_{j=1}^{n} \overline{C}_{j} \chi_{j}\right] \rightarrow \max(\min).$$

При P — постановке будет иметь вид:

При 
$$P$$
 – постановке будет иметь вид: 
$$W = \left[\sum_{j=1}^{n} C_{j} \chi_{j} \ge W_{\min}\right] \to \max, \qquad W = \left[\sum_{j=1}^{n} C_{j} \chi_{j} \le W_{\max}\right] \to \max$$

При минимизации целевой функции надо стремиться к минимуму. При максимизации, как и при минимизации, надо стремиться к максимизации вероятности.

Рассмотрим теперь, как учитывается фактор неопределенности при записи ограничений. В ограничении:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \leq b_{i}, \quad \sum_{j=1}^{n} \overline{a}_{ij} \leq \overline{b}_{i}, \quad P\left[\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{j} \leq b_{i}\right] \geq a_{i}, \quad \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{j} \leq b_{i}.$$
(1, 2, 3)

При Р – постановке задачи СТП максимизация и минимизация будут различаться.

Как в M-, так и в P- постановке непосредственно решены быть не могут. Возможным методом решения этих задач является переход к их детерминированным эквивалентам, т.е. использование закона распределения случайных величин. Принимаем, что случайные величины  $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$  подчиняются нормальному закону распределения. В этом случае детерминированный эквивалент целевой функции выглядит следующим образом:

$$W = \frac{\sum_{j=1}^{n} \overline{C}_{j} x_{j} - W_{\min}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} \sigma^{2} x^{2}}} \rightarrow \max W = \frac{W_{\max} - \sum_{j=1}^{n} \overline{C}_{j} x_{j}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} \sigma^{2} x^{2}}} \rightarrow \min W,$$

где  $c_i$ ,  $\sigma_i$  – математическое ожидание и дисперсия случайной величины  $c_i$ .

Для решения нелинейной задачи наиболее приемлемым является метод кусочно-линейной аппроксимации. При решении задачи этим методом они сводятся к задачам линейного программирования большей размерности.

В результате преобразований детерминированный эквивалент задачи СТП можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} W = \sum_{j=1}^{n} \overline{C}_{j} \chi_{j} \rightarrow \max(\min) \\ \sum_{j=1}^{n} \overline{a}_{ij} \chi_{ij} \leq \overline{b}_{i} - \xi_{i} \\ d_{j} \leq \chi_{j} \leq D_{j}; i = \overline{l, m}; j = \overline{l, n}, \end{cases}$$

Из сравнения этой системы сзадачей линейного программирования для детерминированных величин видно что детерминированный эквивалент задачи СТП отличается от задачи линейного программирования следующим: во-первых, выполнен переход от значений детерминированных величин  $a_{ii}$ ,  $b_i$ ,  $c_i$ к математическим ожиданиям случайных величин  $a_{ii}$ ,  $b_i$ ,  $c_i$ ; во-вторых, во всех ограничениях располагаемый ресурс уменьшился на величину  $\xi_i$ . Значит, и это очень важно, учет того, что величины  $a_{ii}$  и  $b_i$ являются случайными, приводит фактически к уменьшению располагаемого ресурса. За принятие решений в условиях неопределенности приходится платить. И такой платой оказывается необходимость в дополнительном ресурсе $\xi_i$ . Правда, этот дополнительный ресурс может остаться неиспользованным, но для гарантированного выполнения плана иметь его необходимо. В этом и проявляется неопределенность.

- 1. Банди Б. Основы линейного программирования: Пер. с англ. –М.: Радио и связь, 1989. -176 с.
- 2. Мохрачева Л.П. Типовые математические схемы моделирования. Примеры и задачи: учебное пособие /- Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. 144 с.
- 3. Карманов В.Г. Математическое программирование: Учебное пособие, 5-е издание, М.: Физматлит, 2004. -264с.
  - 4. Месарович М., Токахара Я. Общая теория систем: математические основы. М., 1978.
- 5. Соколов Е.Н. Психофизиология принятия решений / Нормативные и дескриптивные модели принятия решений. Ред. Б.Ф. Ломов и др. М.: Наука, 1981.С. 75-83.
- 6. Агальцов В.П., Волдайская И.В. Математические методы в программировании: Учебник: М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2006. 224c.

УДК 334.7, 336.25

# МЕХАНИЗМ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА КАК ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

#### © Немчинов О.А.

e-mail: nemchinoff-samara@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В современных отечественных условиях модернизация системы воздушного транспорта становится не только необходимым условием реализации инновационной модели развития, но и фактором повышения качества жизни населения и конкурентоспособности национальной экономики. Для обеспечения планируемых темпов экономического роста, транспортная система страны должна выйти на новый качественный уровень, в том числе через развитие аэропортовых комплексов.

Одним из действенных современных инструментов создания, модернизации и эффективной эксплуатации объектов является государственно-частное партнерство (ГЧП). Основная задача соглашений о ГЧП в авиатранспортной сфере — снижение бюджетной нагрузки на модернизацию инфраструктуры аэропортов [1].

В рамках государственно-частного или муниципально-частного партнерства (МЧП) происходит сотрудничество публичного партнера (федеральный, региональный или муниципальный орган управления) и частного партнера, которое осуществляется на основании соглашения, заключенного на определенный срок в целях привлечения в экономику страны (региона или муниципалитета) частных инвестиций [2]. Можно выделить следующие основные преимущества применения механизмов ГЧП для органов исполнительной власти различного уровня и частных инвесторов:

- а) Преимущества для государственных структур: предоставляется возможность реализации проектов даже в условиях дефицита бюджетных средств; при объединении в рамках одного проекта комплекса этапов проектирования, строительства и эксплуатации, возможно снижение рисков завышения конечной стоимости создаваемого объекта и повышение его качества (в большинстве случаев выплаты привязаны к объему и качеству оказания услуги).
- б) Преимущества для частных партнеров: инвестирование средств в долгосрочный проект с фиксированной нормой доходности под гарантии (обязательства) государства (часть рисков выручки перекладывается на публичного партнера применение механизмов гарантии возвратности); за счет оказания дополнительных платных услуг появляется возможность увеличить свою выручку по проекту.

В соответствии с Приказом Министерства экономического развития от 15.05.2014 № 266 произведен расчет комплексного показателя «Уровень развития сферы государственно-частного партнерства в субъектах РФ» (рисунок) [3].

При реализации проектов ГЧП в транспортной сфере предпочтение отдается концессиям: по состоянию на 2018 год 36 из 87 проектов реализуются в форме концессионного соглашения (115-ФЗ). Кроме того, значительную долю общего количества составляют проекты ГЧП развития именно авиационной инфраструктуры и транспорта (12 проектов с объемом частных инвестиций на инвестиционном этапе в 106 199 714 тыс. руб.) [4].

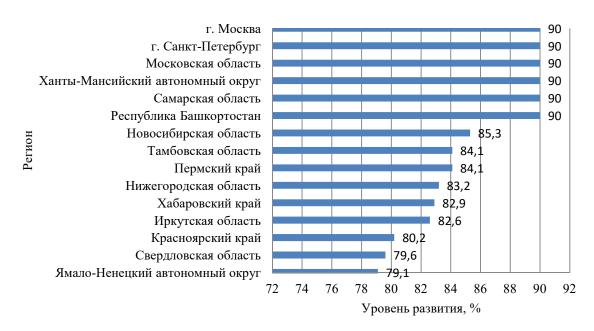


Рис. Рейтинг регионов России по уровню развития ГЧП

Основными направлениями формирования условий для эффективной реализации проектов государственно-частного и муниципально-частного партнерства являются: нормативно-правовое обеспечение взаимодействия органов власти при разработке и реализации проектов ГЧП, МЧП; планирование развития инфраструктуры и учет механизмов ГЧП в документах целеполагания; организация системы государственного управления проектами ГЧП, МЧП, в том числе концессионными; стимулирование инвесторов к реализации инфраструктурных проектов на принципах ГЧП.

В рамках исследования рассмотрены особенности законодательства в области государственно-частного партнерства, выполнен сопоставительный анализ особенностей развития ГЧП в России. Выявлены проблемы государственного управления и риски при реализации проектов государственно-частного партнерства развития аэропортовой инфраструктуры в отечественных условиях. Сформулированы рекомендации по дальнейшему формированию необходимой нормативно-правовой базы и иных институциональных условий в сфере ГЧП.

Таким образом, дальнейшее совершенствование национального законодательства в сфере государственно-частного партнерства способно увеличить заинтересованность и, соответственно, количество потенциальных инвесторов, а также повысить эффективность применения данного инструмента.

- 1. Исследование «ГЧП в ДФО: точки роста и перспективные проекты». М.: АНО «Национальный Центр ГЧП», 2017.-32 с.
- 2. Закон о государственно-частном партнерстве: руководство по применению. М.: Ассоциация «Центр развития  $\Gamma$ ЧП», 2015. 38 с.
- 3. Росинфра: платформа поддержки инфраструктурных проектов [Электронный ресурс]. URL: http://www.pppi.ru/regions
- 4. Проект национального доклада о привлечении частных инвестиций в развитие инфраструктуры и применении механизмов государственно-частного партнерства в Российской Федерации. М.: Национальный центр государственно-частного партнерства, 2018. 80 с.

UDC 811.112.2; 656.7

## ZUVERLÄSSIGKEIT IM FLUGVERKEHR

© Nowikow K.I., Martynowa O.N.

e-mail: nowikow kostja@mail.ru

Samarer Universität, Samara, Russusche Föderation

Jeden Tag bringen weltweit über 30000 Flugzeuge jede Stunde ca. 460.000 Menschen ans Ziel. Jeden Tag werden 8 Mio. und im Jahr ca. 3 Mrd. Passagiere befördert [1]. Trotzdem haben viele Passagiere Angst, bei einem Flugzeugabsturz ums Leben zu kommen, obwohl das Flugzeug das sicherste Verkehrsmittel ist. Technische Untersuchungen zeigen, dass es während jedes Flugs gewisse Phasen gibt, in denen das Risiko eines Unfalls mit tödlichen Folgen höher ist als in anderen. In einer Auswertung der Jahre 2007- 2016 ergab die Boeing-Studie, dass 48 Prozent aller tödlichen Zwischenfälle sich eben während der Anflug- und Landephase ereignete [2]. D.h., diese Phasen sind am gefährlichsten. Ziel dieser Arbeit ist, die Ursachen dieser Situation zu analysieren, und mögliche Lösungen zusammenzufassen, die von den Technikern heutzutage vorgeschlagen werden.

Es wurde herausgefunden, dass die meisten Unfälle auf Fehler der Besatzung zurückgehen, weil in der Anflug- und Landephase sowohl die Besatzung als auch das Flugzeug am meisten belastet sind. Piloten müssen Funkkontakt zum Boden halten und gleichzeitig vielfältige Geräte bedienen, die das Fahrwerk, die Landeklappen und die Triebwerke steuern, dabei muss die Geschwindigkeit, die Distanz zum Aufsetzen und die Lage der Flugzeugs zur Mittellinie stimmen. Nach den langen und besonders Nachtflügen und unter schlechten Wetterbedingungen sind sogar sehr gut vorbereitete Piloten häufig überfordert. Das lässt Techniker Auswege finden, und zwar:

Die Einführung eines speziellen Systems, des Instrumentenlandesystems (ILS). Es besteht aus verschiedenen Sendern, die für die Landung wichtige Informationen bieten. Zu den wichtigsten Sendern gehören der Landekurssender, der den horizontalen Kurs zeigt, und der Gleitwegsender, der den Winkel zur Landebahn anzeigt. Dann erfolgt die Landung auf Grund objektiver Daten und lässt Piloten die aktuelle Situation besser beurteilen.

Zu den wichtigsten Instrumenten im Cockpit gehört in modernen Flugzeugen das Flight-Management-System (FMS). Das System besteht aus elektronischen Hilfsmitteln für die Flugsteuerung und -navigation und überprüft Wettervorhersagen und Luftverkehrsinformationen. Dieses System bietet die Möglichkeit zur Programmierung vertikaler Profile und erhöht durch Kartendarstellungen die Übersicht für den Piloten. Darüber hinaus bestimmt das System die Position des Flugzeuges meist über Trägheitsnavigationssysteme und aktualisiert diese ständig mittels Radionavigation und/oder GPS.

Weitere bedeutende Instrumente, die jetzt benutzt werden, sind das Primary Flight Display (PFD)und das Navigation Display (ND). Das PFD zeigt den Status des Autopiloten, verschiedene Phasen, in denen sich das Flugzeug befindet und vor allem den künstlichen Horizont, mit dem der Pilot die Lage des Flugzeugs in der Luft bestimmen kann. Zudem zeigt das Display neben Fluglage und Flughöhe die Fluggeschwindigkeit und die Grenzen der Geschwindigkeit auf. Der Flugweg und Steuerkurs wird vom ND aufgezeigt. Darüber hinaus stellt das Display Verkehrsinformationen und Bilder des Wetterradars dar [3].

Seit etwa 25 Jahren wurde Zivilluftfahrt beträchtlich sicherer, was offene Statistiken der UN-Luftfahrtorganisation ICAO bestätigen. Die Zahl der Passagiere stieg dreimal, und

die Zahl der Verunglückten sank 2,5 mal [4]. Die noch verbliebene Risiken lassen die Ingenieure immer neue Geräte entwickeln, die die Navigation in der meist betroffenen Anflug- und Landephase leichter und sicherer machen, darunter das Instrumenten lande system, das Flight-Management-System, das Primary Flight Display und das Navigation Display. Diese Systeme ermöglichen die Instrumentenlandung und schließen mögliche Pilotenabsagen aus.

#### Literatur

- 1. Animationzeigt Europas kompletten Flugverkehr [Электронный источник] // Режим доступа: https://www.focus.de/wissen/videos/wahnsinnige-zahlen-massenverkehr-ueber-europa\_id\_ 3677779.html.
- 2. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents World wide Operations 1959 2017 [Электронный источник] // Режим доступа: https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about bca/pdf/statsum.pdf.
- 3. Sicherheit in der Luft [Электронный источник] // Режим доступа: http://archiv.technik journal.de/cms/front content.php?idcat=58&idart=1723&lang=1.
- 4. Luftverkehr war 2017 so sicher wie nie [Электронный источник] // Режим доступа: https://www.flugrevue.de/zivil/erste-bilanz-luftverkehr-war-2017-so-sicher-wie-nie.

УДК 004.896

# АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СВЕТОФОРНЫМ ОБЪЕКТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

#### © Остапенко П.В., Сапрыкин О.Н.

e-mail: pave-ostapenk@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Высокие темпы урбанизации и рост уровня автомобилизации бросают новые вызовы в области организации транспортной инфраструктуры городов. Среди прочих, можно указать следующие актуальные проблемы:

- увеличение транспортных расходов, связанных с дорожно-транспортными задачами, что негативно влияет на национальную производительность и конкурентоспособность;
- $\bullet$  увеличение выбросов  $CO_2$  от транспортных средств, из-за увеличения времениих простоя;
- общественное недовольство по поводу отсутствия эффективного управления движением и увеличения время достижения пункта назначения поездки.

Один из способов решения данных проблем — интеллектуальное регулирование техническими средствами управления дорожным движением. В частности, в данной работе рассматривается адаптивное управление светофорными объектами. С появлением первых светофоров возникла потребность в оптимизации времени ожидания транспортных средств на перекрестке. Первые адаптивные методы регулирования светофора появились в начале 70-х годов [1]. Эти методы основаны на использовании датчиков движения, собирающих информацию о насыщенности потока на перекрестках. Системы SCOOTS, SCATS, RHODES и др. зарекомендовали себя во многих городах мира и по сей день используются для оптимизации дорожного движения.

Представленные выше методы требуют заранее определенной модели среды. То есть они работают эффективно, когда дорожное движение на перекрестке стабильно с течением времени. Но в реальных условиях, трафик имеет стохастическую природу. В связи с этим, для управления дорожным движением в последнее время стали использоваться методы машинного обучения, в частности – обучение с подкреплением. Методы, основанные на искусственном интеллекте, все чаще применяются для управления светофорами, благодаря своей возможности адаптироваться к изменениям трафика.

Для того, чтобы смоделировать перекресток, использован микросимулятор дорожного городского движения SUMO (Simulation of Urban MOility) [2]. Пакет SUMO позволяет строить различные типы дорожных сетей, добавлять автомобили различных типов, строить их маршруты, а также устанавливать светофорные объекты и датчики.

Для исследования выбран перекресток на пересечении улиц Партизанская и Аврора в г. Самара. На данном перекрестке наблюдается большое скопление транспортных средств, особенно в часы пик.

В исследовании использовался марковский алгоритм принятия решений Q-learning [3]. Для этого мы вводим функцию Q, отражающую ценность каждого возможного действия агента a (в нашем случае — светофора) для текущего состояния моделирования s, в котором он находится

$$Q(s,a) \tag{1}$$

Процесс обучения – итерационное уточнение функции Q на каждом шаге. Величина максимальной возможной награды на следующем шаге определяется как:

$$max_a Q(s_{j+1}, a) (2)$$

Состояние зависит от длины светофорной фазы, размера очереди и времени ожидания на перекрестке и имеет следующую зависимость:

$$(lightphases) * [(queuesizes) * (waitingtimes)]^{(edges)}$$
 (3)

Величина награды, которую получит агент обозначим переменной  $r_t$  Вознаграждение записывается по следующей формуле:

$$r = \sum_{edgei=1}^{4} \beta_q (queuesizq)_i^{\theta q} + \beta_w (waitingtime)_i^{\theta w}$$
 (4)

С учётом дисконтирующего коэффициента  $\gamma$ , снижающего ценность будущих наград для светофора по сравнению с немедленными, была получена формула для функции Q.

Для того чтобы моделирование было максимально точным и приближённым к реальности, подсчитаны основные показатели исследуемого перекрёстка, такие как: длина цикла светофорного объекта, интенсивность движения транспортных средств на перекрёстке за 60 минут. Данные приведены к формату программы SUMO и записаны в файл модели.

В ходе работы рассмотрены современные методы адаптивного управления светофором. В программе SUMO создана модель перекрестка улиц Авроры и Партизанской, для которого предложен метод оптимизации работы светофора на основе алгоритма Q-learning.

В дальнейшем планируется разработка нейросети, сравнение метода Q-learning с другими методами оптимизации и расширение моделируемой дорожной сети.

- 1. Sims, A.G. The Sydney coordinated adaptive traffic (SCAT) system philosophy and benefits [Tekct]/ A.G. Sims, K.W. Dobinson// IEEE Transactions on vehicular technology, 1980 130–137p.
- 2. Krajzewicz, Recent development and applications of SUMO Simulation of Urban MObility [Tekct]/ Krajzewicz, Daniel, Erdmann, Jakob, Behrisch, Michael, and Bieker, Laura// International Journal On Advances in Systems and Measurements, 2012 -128–138p.
- 3. Arel, I. Reinforcement learning-based multi-agent system for network traffic signal control [Текст]/ I. Arel, C. Liu, T. Urbanik, A. Kohls// Intelligent Transport Systems, IET, 2010 -128–135р.

УДК 629.78

# ДИАГНОСТИКА ОТКАЗОВ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ

### © Пандие А.Р., Кириллов А.В.

e-mail: andrey.renaldy@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Целью данного исследования является изучение системы противопожарной защиты самолета Boeing 737, ее состава, решаемых задач, а также моделирование процедуры устранения неисправности типа «OVHT/FIRE TEST: Test failed, warning lights and alarm do not operate — engine 1». Для выполнения поставленной задачи используется программа-симулятор Aerosim. Идеология технического обслуживания самолета Boeing 737 предполагает, что при обнаружении неисправности, необходимо обратиться к Fault Isolation Manual (FIM) — технической документации, разработанной компанией Boeing, и регламентирующей процедуры тестирования оборудования и устранения неисправностей компонентов, которые вышли из строя.

#### 1.1 Принцип действия и работа

При проектировании систем противопожарной защиты самолета компания Boeing использует принципы разделения, изоляции и управления. Эти принципы включают в себя разделение трех основных элементов – потенциальных источника пожара (топливо, источник возгорания и кислород), изолирование очагов пожара от распространения на другие части самолета и активную систему пожаротушения в случае его возникновения [1].

Противопожарные системы контролируют самолет на наличие таких условий: пожар, дым, перегрев и утечка из пневматических каналов [2].

У самолета Boeing 737 имеется возможность обнаружения огня / перегрева в следующих частях [2]: пожар/ перегрев двигателя; пожар вспомогательной силовой установки (ВСУ); перегрев воздуховода; наличие дыма в грузовом отсеке, в туалете.

Когда противопожарная система обнаруживает одно из перечисленных условий, в кабине самолета срабатывает визуальная сигнализация, в салоне самолета действуют визуальные и звуковые сигналы тревоги. Соответствующая индикация высвечивается на противобликовой защитной панели Р7, а также на панели управления двигателем и ВСУ [2].

#### 1.2 Перечень неисправностей

В рамках данной работы с помощью симулятора технического обслуживания Aerosim смоделирована следующая неисправность: «OVHT / FIRE TEST: проверка не пройдена, контрольные лампы и аварийные сигналы не работают – двигатель 1».

Процедуры и задачи по устранению этой неисправности изложены в FIMBoeing 737-600 / 700/800/900 стр. 19 от 15 июня 2013 г.

Устранение неисправности начинается с выполнения процедуры Bild-In Test Equipment (BITE) — встроенный контроль оборудования. Выполнение процедуры проверки BITE светодиоды, расположенные на лицевой панели блока FDCU (Fire Detector Control Unit), указывают, что его необходимо дополнительно проверить из-за возможности отказа, который отмечается светосигнализаторами: оранжевый индикатор указывает на неисправность зоны: «engine 1 loop A»; красный индикатор указывает на

неисправность детектора на нижнем вентиляторе. Таким образом, было обнаружено, что система воспринимает некорректный сигнал от датчика пожара, расположенного на первом двигателе в зоне нижнего вентилятора: «ДВИГАТЕЛЬ 1 – LOOPA – FAN LOWER». Возможные причины: Жгут проводов детектора МW0325 или МW0326; Жгут проводов вентилятора МW0315 или MW0316; Внутренние элементы датчика пожара М1757, М1758, М1759 или М1760; Модуль управления обнаружением пожара М279.

Последовательная проверка перечисленных причин выявила, что неисправен элемент датчика пожара М1758. Процедуры тестирования и удаления / установки см. в главе 26 ATA FIM: неисправности противопожарной защиты, 15 июня 2015 г., страницы 19-21, 28-31 [3].

В результате данной работы была изучена противопожарная система самолета Boeing 737, выполнено моделирование процесса устранения неисправности: «OVHT/FIRE TEST: Test failed, warning lights and alarm do not operate – engine 1 (OVHT / FIRE TEST: проверка не пройдена, контрольные лампы и аварийные сигналы не работают – двигатель 1)», выявлена и устранена причина неисправности – элемент датчика пожара М1758, произведена его замена.

- 1. Hariram, Sham. Fire Protection: Engines and Auxiliary Power Unit [Text] // Sham Hariram // Aeromagazine. 2010. AERO 2010 Q4 article3 c 2.
- 2. ATA Chapter 26: Fire Protection. Boeing Training and Professional Services FS009 [Tekct]. 2018-02-01 Boeing Company. 2018.
- 3. ATA Chapter 26: Fire Protection. Fault Isolation Manual [Текст]. 2015-06-15 Boeing Company. 2015.
- 4. Medianto, Rully. Lecture material 8th: Fire Protection System [Текст] // Rully Medianto // Adisutjipto College of Technology, Yogyakarta, Indonesia.

УДК 629.78

# ДИАГНОСТИКА СИСТЕМЫ ПОЛНОГО И СТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ПАРАМЕТРАМ

#### © Пандие А.Р., Кириллов А.В.

e-mail: andrey.renaldy@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Целью данного исследования является изучение трубки Пито как датчика воздушных давлений самолёта Boeing 737, ее компонентов, принципа работы, входных и выходных параметров, а также методов диагностики и устранения неисправностей системы полного и статического давлений.

Трубка Пито широко используется для определения скорости воздушного судна, скорости воды на судне и для измерения скорости жидкости, воздуха и газа в промышленных целях. Трубка пито используется для измерения локальной скорости в данной точке потока, а не средней скорости в трубе или трубопроводе.

Основа трубки Пито представляет из себя трубку, направленную непосредственно в поток жидкости или газа. Жидкость или газ, попавшие в трубку останавливаются (застаиваются), так как нет выхода для продолжения потока. При этом создаётся давление, представляющее собой застойное давление жидкости (газа), также известное как полное давление или (особенно в авиации) давление Пито.

На основе трубки Пито созданы приёмники воздушных давлений (ПВД), представляющие собой прибор измерения давления, используемый для измерения скорости воздушного потока. Так же самолёты имеют «Статическую систему Пито», воспринимающим атмосферное (статическое) давление воздуха снаружи самолёта. С помощью этих давлений бортовое оборудование определяет высоту и воздушную скорость самолёта.

Система Пито (давление Пито и статическое давление) подается на один или несколько компонентов бортового оборудования: указатель вертикальной скорости самолёта, высотомер, модуль обработки воздушных параметров, бортовой самописец, сигнализатор воздушной скорости, комбинированный указатель воздушной скорости, указатель «высоты в кабине» и перепада давления, систему контроля давления воздуха и модуль управления.

Однако существуют некоторые практические ограничения: если скорость самолёта низкая, разница в давлениях очень мала и трудно точно измерить воздушные параметры полёта. Погрешность измерения может быть больше, чем измеряемая величина! Так что трубки Пито не работают на низких скоростях. Если скорость очень высокая (сверхзвуковая), то нарушаются положения уравнения Бернулли — на фронте трубки появляется ударная волна, которая изменит общее давление и измерение снова окажется неверным. Для решения этой проблемы применяют поправки для ударной волны, которые позволяют использовать трубки Пито для высокоскоростных самолётов.

#### Диагностирование трубки Пито

Air Data Module (ADM) – специализированный переносной измерительный модуль, предназначенный для контроля и диагностирования системы Пито на

самолётах. ADM обеспечивает цифровой выход измеренных давлений. Он может использоваться для контроля полного и статического давления. Набор параметров тестирования воздушных данных позволяет быстро калибровать высотомеры, индикаторы скорости движения, индикаторы скорости вращения, индикаторы вертикальной скорости, компьютеры с воздушными данными (ADC), тестирование зондов системы измерения углов атаки (Angle of Attack – AoA) и других бортовых статических компонентов (см. рис.).



Рис. Модуль воздушных данных

Для применения на разных воздушных судах существуют адаптеры, которые разработаны таким образом, чтобы все важные практические соображения были выполнены, например: герметичное крепление к зонду; обеспечение позиционирования датчика; используемый материал, подходящий для рабочей среды и другие.

Характеристики трубки Пито самолёта Boeing 737:

- Рабочее давление: постоянно установленные узлы из углеродистой или нержавеющей стали могут работать до 1400 PSIG (97 бар) при температуре  $100^{\circ}$ F (38°C) или 800 PSIG (55 бар) при температуре около  $700^{\circ}$ F (371°C).
- Рабочая температура: для постоянных установок до 750°F (399°C) в стали и до 850°F (454°C) в конструкции из нержавеющей стали.
- Диапазоны расхода: Может использоваться в трубах или каналах размером 2 дюйма (50 мм) или больше; нет верхнего предела.
  - Минимальное число Рейнольдса: от 20 000 до 50 000.

Для выполнения процедур технического обслуживания, проверки на утечку/герметичность используется техническая документация ATA Chapter 34: Navigation», разработанная компанией Boeing, раздел «Taskcard, ATAchapter 34».

В результате данной работы изучены особенности эксплуатации и принципа действия системы полного и статического давлений самолёта Boeing 737.

- 1. Liptak, B.G. Process Measurement and Analysis [Текст] / В.G. Liptak CRCPress: 2003-1868 с.
  - 2. ATA Chapter 34: Navigation [Текст]. 2015-02-15 Boeing Company. 2015.
- 3. Marchiori, D. MPS27C Extended Range Air Data Test Set [Элетронныйресурс] / D. Marchiori //dma-aero.com— 2016. URL: https://www.dma-aero.com/sites/default/files/downloads/eu-27c-web.pdf (Дата обращения, 6.12.2018 г.)

УДК 656.07

# АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ АВТОМАТИЗАЦИИ СКЛАДСКИХ ОПЕРАЦИЙ

#### © Поминова К.А., Кольцов И.В.

e-mail: koltsov.iv@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г.Самара, Российская Федерация

В настоящее время ни один сегмент рынка не может оставаться прежним при постоянном росте и развитии автоматизированных систем. Эта тенденция коснулась и логистической сферы деятельности на всех ее ступенях работы, начиная от места производства товара и заканчивая доставкой его до конечного потребителя [1]. Работа склада определяется множеством параметров, однако его основные функции остаются неизменными, а именно: приемка груза, его унитизация, концентрация запасов и их хранение, поставка клиенту и прочие логистические услуги [2]. Вектор развития за последние годы сложился так, что на каждой из ступеней работы склада ведётся активное внедрение простых в использовании для пользователей технических систем автоматизации и роботизации.

С развитием технологического прогресса в 21 веке заметно увеличилась количественная и качественная составляющая построек складов, что следует из проведенного анализа статистических данных по количеству вакантных мест за последние 6 лет, что показано на рисунке.

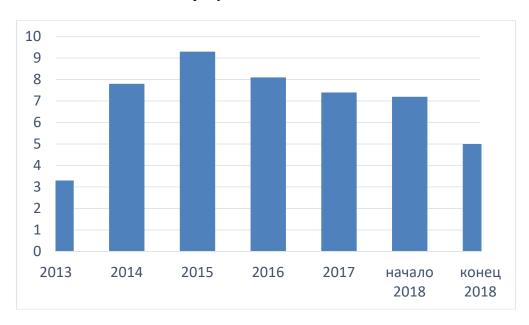


Рис. Количество вакантных мест в процентном соотношении по годам

По итогам 2018 года большая часть от объема качественных складских площадей класса A и B на территории европейской части Российской Федерации сосредоточена в Московской и Ленинградской областях.

В работе были произведены расчёты по данным одного из складских помещений грузового терминала аэропорта. На складе рассматривалась посуточная работа двух

бригад, каждая из которых состояла из 6 сотрудников. На исследуемой модели была проведена реорганизация одной из бригад на 3 электропогрузчика NIO 51 AGV, которые могут быть куплены на торговых площадках Aliexpress или Alibaba, и оператора, который контролирует и корректирует действия роботизированной спец. техники [3].

Таким образом, были получены базовые значения окупаемости и сравнение производительности двух бригад частично роботизированной и не роботизированной соответственно. Параллельно с внедрением роботизации на склад интегрирование технологии RFID (с использованием искусственного интеллекта) позволит увеличить оборачиваемость товара в несколько раз, уменьшая при этом риск воздействия человеческого фактора на функционирование склада в целом. Повышение концентрации роботов на складе позволит сократить затраты на 30-35% от первоначальных данных. Окупаемость трёх электропогрузчиков данного типа при нормированной работе на складе составляет около года.

Однако стоит брать в учёт, что при частичной или полной роботизации склада необходимо программное обеспечение для реализации управления и контроля техники. При найме специалистов данной области, нужных для разработки такой системы, её установки и настройки, интеграции с механизмами таких программ как 1С Склад, 1С Предприятие, компания потратит около 1 млн руб. Эта сумма была учтена и во время оценки окупаемости всей автоматизированной и роботизированной системы на исследуемой модели склада.

Независимость «умного» склада от влияния внешних факторов делает его очень выгодным предложением для нашей страны при внедрении его в логистическую сферу. Большинство предпринимателей положительно интересуются внедрением новых технологий для увеличения прибыльности своего бизнеса и экономии затрат в использовании рассматриваемых систем. 92% собственников ожидают повышения эффективности, а 64% из них планируют увеличение выручки на сотрудника. Качество, безопасность, низкозатратность, простота использования и гибкость — всё это преимущества роботизации на складе.

Было установлено, что даже частичная роботизация реализуема и окупаема в установленные сроки. Иностранные производители предлагают качественные готовые решения, проверенные многократно, для автоматизации и роботизации склада, а современные технологии разработки программного обеспечения могут позволить достигнуть максимального взаимодействия ПО и роботизированной спецтехники.

- 1. Гаджинский А.М. Логистика. Учебник 15-е изд., перераб. и доп. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и  $K^{\circ}$ », 2008. 472c.
- 2. Гаджинский А.М. Современный склад. Организация, технологии, управление и логистика: учебно-практическое пособие. М.: ТК Велби; Проспект, 2005. 176с.
- 3. Ширяев С.А., Гудков В.А. Миротин Л.Б. Транспортные и погрузо-разгрузочные средства: учебник для ВУЗов / под ред. С.А.Ширяева. М: Горячая линия Телеком, 2007. 848 с.

УДК 621.793

# ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

#### © Попов Д.Р., Еськина Е.В.

e-mail: zibar00@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Качество продукции является важнейшим показателем деятельности предприятия, так как в значительной степени определяет его выживаемость в условиях рынка. Выпуск качественной продукции — это один из наиболее надежных способов для фирмы обеспечить себе путь к достижению и поддержанию высокой прибыли.

Факторы, влияющие на качество продукции, можно представить в виде 2-х крупных блоков: внешние факторы и внутренние факторы

Внешние факторы: экономические, политические, рыночные, технологические, конкурентные, социальные, международные.

Факторы внешней среды являются основой для формирования качества в условиях рыночных отношений. Особое значение среди данных факторов занимают конкурентные, которым на предприятиях должно уделяться пристальное внимание. Предприятие не может оказать влияние на факторы внешней среды, однако, своевременный учет их действия с целью прогнозирования возможных колебаний способен обеспечить более быструю адаптацию организации в конкурентной среде.

Внутренние факторы:

- *технический фактор* это фундамент качества продукции. Он предполагает внедрение новой техники и технологии, использование новейших материалов, которые и являются базой для выпуска конкурентоспособной продукции
- *организационный фактор* фактор, связанный с решением вопросов на производстве, к которым можно отнести организацию труда и управление, повышение ответственности за качество производимой продукции, оперативно-производственное планирование, обеспечение культуры производства, повышение квалификации персонала и т.д.
- экономические факторы обусловлены затратами на выпуск и реализацию продукции, на обеспечение необходимого уровня качества продукции, политикой ценообразования и системой экономического стимулирования персонала за производство высококачественной продукции, материальная ответственность работников за изготовление недоброкачественной продукции;
- социальные факторы характеризуют квалификацию работников, уровень их образования, социально-психологический климат в коллективе, профессиональная структура кадров, повышение квалификации, мотивация персонала и др.;
- эксплуатационные факторы факторы, влияющие на качество изделия в процессе его эксплуатации. Это факторы текущего, планового и капитальных ремонтов, проведение регламентных работ, соблюдение технической документации;
- производственные факторы факторы, которые возникают в процессе производства продукции и аспекты оперативного их устранения;
- фактор информационной оперативности— это фактор, призванный обеспечивать своевременное поступление всей необходимой информации лицам, призванным предотвращать появление брака.

УДК 629.7.054.07

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ НАВИГАЦИОННЫХ СПЕЦИФИКАЦИЙ ПРИ ПОЛЕТАХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

© Рубцов Е.А., Кудряков С.А.

e-mail: rubtsov.spb.guga@rambler.ru

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Для обеспечения ускоренного освоения арктического региона России важную роль играет авиатранспортный комплекс, который часто является единственным средством, обеспечивающим оперативную доступность [1]. Для эффективного использования летательных аппаратов необходимо развитие радиотехнических средств навигации, способных обеспечить требования навигационных спецификаций в условиях крайнего севера, при отсутствии глобальных навигационных спутниковых систем или ухудшения их характеристик.

Согласно рекомендациям ИКАО в ближайшее время на смену применяемой для воздушных трасс навигационной спецификации RNAV 5 должна прийти спецификация RNP 2 [2]. Рекомендуемая инфраструктура навигационных средств включает глобальные навигационные системы, а также системы DME/DME при достаточном количестве наземных маяков. В арктической зоне задача обеспечения требуемой точности самолетовождения, а, следовательно, и безопасности полетов ложится на автономные инерциальные навигационные системы (ИНС), которые требуют периодической коррекции с применением систем ближней навигации VOR/DME и DME/DME [2]. Зоны коррекции системы VOR/DME составляют 150 и 60 км, системы DVOR/DME — 300 и 115 км для навигационных спецификаций RNAV 5 и RNP 2 соответственно[3]. Размер и форма зоны коррекции DME/DME зависят от взаимного положения навигационных маяков [4].

Решение задачи обеспечения требуемой точности и безопасности полетов методом коррекции замещением нецелесообразно, поскольку требует внедрения достаточно большого количества маяков ближней навигации. Например, для обеспечения высокоточной навигации в районе аэродрома Пулково потребуется до семи маяков DME [5].

Выходом из сложившейся ситуации может служить комплексная обработка информации, позволяющая уменьшить погрешность навигационных измерений и увеличить размер зон коррекции, тем самым, сократив потребное количество наземных средств. Для решения навигационных задач могут применяться не только системы VOR/DME и DME/DME, но и обзорные радиолокаторы (ОРЛ). В настоящее время радиолокационная информация может передаваться в автоматическом режиме без участия экипажа и диспетчера УВД в рамках сервиса TIS-B (TrafficInformationService – Broadcast). Точность измерения дальности у радиолокаторов сравнима с точностью DME, а по точности измерения азимута ВС радиолокаторы намного превосходят маяки VOR и DVOR [6, 7].

Задача комплексирования данных о местоположении воздушного судна (ВС) сводится к синтезу необходимых комплексных навигационных систем (КНС). Двухкомпонентная КНС строится с применением оптимального фильтра Калмана, реализованного в бортовой цифровой вычислительной машине, где происходит

комплексная обработка данных, полученных от ИНС и VOR/DME (или ИНС и ОРЛ). В трехкомпонентной КНС производится обработка данных, полученных от ИНС, VOR/DME и ОРЛ [7].

Применение комплексной обработки данных позволяет значительно увеличить размер зон коррекции, как для спецификации RNAV 5 (практически до границ зоны действия), так и для спецификации RNP 2 (см. таблицу) [7].

Метод коррекции	Радиус зоны коррекции для спецификаций, км				
	RNAV 5	RNAV 2, RNP 2			
Комплексирование ИНС и VOR/DME	300	184			
Комплексирование ИНС и ОРЛ	350	216			
Комплексирование ИНС, VOR/DME и ОРЛ	350	221			

Таблица. Размеры зоны коррекции для различных случаев

Применение комплексной обработки данных на борту ВС позволит обеспечить точность, сравнимую с точностью системы DME/DME при значительно меньшем количестве потребных радионавигационных средств. Ключевой особенностью разработанного подхода является то, что в КНС могут использоваться в качестве корректора ИНС данные, полученные от ОРЛ. Это актуально для регионов, не имеющих развитой сети маяков ближней навигации, что характерно для арктической зоны России.

- 1. Радиотехническое обеспечение полетов военной и гражданской авиации стратегическая проблема арктической зоны России/ Н.И. Диденко, Б.П. Елисеев, О.И. Саута, А.Ю. Шатраков, А.В. Юшков // Научный вестник МГТУ ГА, серия Транспорт. 2017. Том 20, №5. С. 8—19.
- 2. Performance-based navigation (PBN) manual: ICAO Doc. 9613 AN/937, Fourth Edition,  $2013.-396\,\mathrm{p}$ .
- 3. Аль-Рубой Мудар. Обзор методик расчета рабочей области азимутально-дальномерных радиотехнических систем / Аль-Рубой Мудар, Е.А. Рубцов // Естественные и технические науки. -2014.- N8(76).- C. 137-144.
- 4. Соболев, Е.В. Определение формы и размеров рабочей области при навигации по двум маякам DME / Е.В. Соболев, Е.А. Рубцов // Научный вестник МГТУ ГА, серия Радиофизика и радиотехника. -2013. -№193. -C. 59–63.
- 5. Рубцов, Е.А. Обеспечение зональной навигации в районе аэродрома Пулково / Е.А. Рубцов // Естественные и технические науки. 2014. №8(76). С. 145-148.
- 6. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь. Учебное пособие/С.А. Кудряков, В.К. Кульчицкий, Н.В. Поваренкин, В.В. Пономарев, Е.А. Рубцов, Е.В. Соболев, Б.А. Сушкевич//СПб.: Свое издательство, 2016. -287 с.
- 7. Рубцов, Е.А. Комплексная обработка данных о местоположении воздушных судов, полученных от радиолокатора и системы ближней навигации / Е.А. Рубцов, Е.В. Соболев, Аль-Рубой Мудар // Материалы Юбилейной Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы 2015». Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН. 2015. С. 91—95.

УДК 656.02, 339.564

# ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА КООРДИНАЦИИ ЭКСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПАО «АВТОВАЗ»

#### © Рябикина М.А, Немчинов О.А.

e-mail:marusya.riabikina@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

На сегодняшний день в Госавтоинспекции зарегистрировано более 46,8 млн. легковых автомобилей, более 6,4 млн. грузовых, 895,5 тысячи автобусов, 2,3 млн. единиц мототранспорта и более 3,2 млн. прицепов и полуприцепов [1]. Даже несмотря на кризисные явления на рынке новых автомобилей, в среднем количество транспортных средств ежегодно возрастает на 2-2,5 млн. единиц, среди них большую часть составляют легковые автомобили [2]. Только за первый месяц 2019 года в России было реализовано 102,5 тысячи новых легковых автомобилей. Самым продаваемым автомобилем в январе стала LadaVesta: реализовано 6696 машин [1].

Ни для кого не секрет, что производителем данного автомобиля является публичное акционерное общество «АВТОВАЗ». Оно является крупнейшим в России автопроизводителем и компанией, активно работающей в 46 странах.

В ходе исследования проведен анализ логистических экспортных потоков ПАО «АВТОВАЗ». В качестве поставок для экспортёров выступают такие автомобили, как LadaNiva 21,31, LadaGranta, LadaLargus, LadaXRAY, LadaVesta (седан и универсал) [3].

Чтобы доставить товар всему множеству экспортёров ПАО «АВТОВАЗ» прибегает к различным условиям поставки Инкотермс с использованием разнообразных видов транспорта. Основными для него являются три: CFR, FCA, CIP [4]:

- условие поставки FCA обязывает продавца доставить товар к месту приема его перевозчиком в соответствии с условиями договора;
- при условии CFR перевозка груза осуществляется до порта, указанного в договоре;
- условие поставки CIP подразумевает, что в зоне ответственности продавца не только перевозка до обозначенного места, но и страховка груза.

Например, с помощью морского транспорта осуществляются перевозки на Кубу, Чили. Также морской транспорт задействован в поставке таким странам как Боливия, Иордания, Ливан, Тунис, Турция. Таким доставкам соответствуют условия поставки CFR.

С помощью автовозов осуществляются поставки в страны Европы. Стоит отметить, что при поставке автомобилей в Казахстан используются условия поставки FCA (единственная страна, предоставляющая своего транспортёра). Кроме того, автовозы необходимы для промежуточной перевозки автомобилей к морским портам для дальнейшей перевозки по морю. Имеется два основных порта, откуда отправляются морские суда. В России это порт Новороссийск, а в Эстонии – порт Палдиски.

Железнодорожным транспортом осуществляют поставку в страны Азии, такие как Узбекистан, Азербайджан, Таджикистан и Киргизия (условия поставки СІР).

По результатам анализа деятельности автомобилестроительного предприятия были составлены маршруты перевозки готовой продукции экспортёрам, а также произведён расчёт затрат на их транспортировку [5].

Качество выполняемых перевозок анализируется путём ежемесячного проведения КРІ-оценки работы перевозчиков и их взаимной оценки работы отдела организации экспортных поставок.

Существует 5 показателей КРІ-оценки по которым ПАО «АВТОВАЗ» оценивает перевозчика (у самого перевозчика данные показатели несколько отличаются):

- а) Подтверждение заявки. Подтверждение заявки должно происходить в течение трёх часов;
- б) Срок реакции (количество дней, за которые автовоз должен приехать на загрузку). Автовоз должен явиться под погрузку в течение четырёх дней от даты получения заявки;
- в) Срок доставки (количество дней, за которые автовоз доставляет автомобили покупателю). Срок доставки определяется условиями договора и, как правило, разный у каждого перевозчика и экспортёра. Число дней варьируется от 4 (страны, в которых не требуется проходить таможню Беларусь) до 14 дней;
- г) Качество доставки (состояние машины после транспортировки и т.п.). Данный показатель отдел экспорта получает от экспортёров;
- д) Выставление счетов. Перевозчики обязаны предоставлять счета за предоставленные ими услуги каждую неделю.

По результатам оценки каждого перевозчика проводится Фрахт-аудит, где обговариваются все недостатки работы транспортных компаний и принимаются меры для решения данных проблем.

ПАО «АВТОВАЗ» имеет возможность возмещения логистических затрат на экспорт в размере до 80%. Данная процедура называется субсидированием и проходит путём подачи от предприятия всех необходимых бухгалтерских документов (СМR, копии контрактов с компаниями, копии накладных, счета) в Московский экспортный центр, после проверки министерство подтверждает факт выполнения услуг и их оплаты и возмещает АВТОВАЗу 80% от этой стоимости. Полученная сумма идёт в прибыль предприятия.

Таким образом, по результатам анализа работы отдела организации экспортных поставок и показателей производственных затрат были намечены пути оптимизации экспортных потоков предприятия, а также способы их реализации для улучшения и ускорения работы экспортного отдела и экономии денежных ресурсов предприятия.

- 1. ABTOCTAT: Статистика легковых автомобилей [Электронный ресурс]. URL: https://www.autostat.ru/news/34037.
- 2. Активность населения в использовании транспортах услуг [Электронный ресурс]. URL: http://ac.gov.ru/files/publication/a/7059.pdf.
- 3. Инкотермс 2018. Условия поставки [Электронный ресурс]. URL: http://anvay.ru/incoterms-2018.
- 4. Гришина П.А. Внутренний контроль, аудит и оценка рисков: опыт ABTOBA3a [Электронный ресурс]. URL: https://www.iia-ru.ru/inner\_auditor/publications/articles/ praktika-vnutrennego-audita/vnutrenniy-kontrol-audit-i-otsenka-riskov-opyt-avt.
- 5. Годовой отчёт ПАО «АВТОВАЗ» за 2017 год [Электронный ресурс]. URL: http://info.avtovaz.ru/pages/section 61/186.html.

УДК 656.7.025, 656.032

# ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА УСЛУГ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВИАКОМПАНИЙ

#### © Седнева А.А., Немчинов О.А.

e-mail: sednewasyper@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Экономическая эффективность услуг авиаперевозчиков, в основном, определяется качеством перевозочного процесса, характеризуемого надежностью, безопасностью и выполнением сроков перевозки. При этом наибольший выигрыш на конкурентном рынке авиаперевозчиков имеет тот, кто способен предоставить приемлемые для клиентов услуги по соотношению цена-качество [1].

Основными составляющими авиатранспортного продукта, формирующими имидж авиакомпании и влияющими на величину тарифа, являются: удобство расписания; комфорт в салоне; бортовое питание и обслуживание на борту; программы лояльности; безопасность полетов и др. Маркетинговой службе авиакомпании необходимо постоянно производить мониторинг цен и качества собственных перевозок, а также аналогичных услуг конкурентов. В настоящее время большинство авиакомпаний при тарифообразовании ориентируются не только на собственные издержки, но и на среднерыночный уровень цены на аналогичную услугу, а также на взаимосвязь тарифа с качеством и сервисом предоставляемых услуг [2].

В рамках исследования были рассчитаны показатели качества услуг пассажирских авиаперевозок для выбранной авиакомпании — объекта исследования на заданной маршрутной сети, оценивающие: время, потраченное пассажиром при оформлении посадочных документов; количество выполняемых рейсов авиакомпанией по рассматриваемым маршрутам в неделю; перечень оказываемых пассажирам услуг в аэропортах обслуживания и на борту воздушного судна; доступность услуги по критерию среднемесячного дохода потенциальных потребителей; количество выполненных рейсов без задержек относительно расписания полетов и др. После чего найдено значение интегрального показателя, позволяющего производить оценку конкурентоспособности авиакомпании, как на отдельных авиалиниях, так и по всей маршрутной сети в целом.

В связи с проведенным исследованием можно сделать вывод, что основной целью изучения рынка воздушных перевозок авиакомпаниями является анализ особенностей, связанных с прогнозированием величины спроса на авиаперевозки при изменении тарифов в зависимости от уровня качества предоставляемых услуг и, на основе этого, построение зависимости дохода авиакомпании от характера изменения тарифов.

- 1. Муров А.Е. Повышение эффективности и конкурентоспособности услуг авиаперевозчиков в условиях рынка // Вестник Чувашского университета, №4, 2007. С. 408-414.
- 2. Немчинов О.А. Авиатранспортный маркетинг: экономическая эффективность эксплуатационной деятельности авиакомпании: учеб. пособие / О.А. Немчинов, О.М. Жуков. Самара: Издательство Самарского университета, 2018. 116 с.

УДК 338.51, 658.5

# АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КООПЕРАЦИИ КАК ФАКТОРА ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ВОЗДУШНОГО СУДНА

#### © Сысоева Е.В., Немчинов О.А.

e-mail: snerk1996@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

После перехода страны к рыночной экономике российская авиационная промышленность столкнулась с достаточно весомой проблемой — высокой конкуренцией с иностранными производителями летательных аппаратов гражданского назначения, эксплуатируемыми как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Стремясь повысить конкурентоспособность гражданских самолётов отечественного производства, в современных образцах производимой авиатехники было принято решение использовать в большей мере международную производственную кооперацию.

Международная производственная кооперация — одна из форм организации совместного либо взаимосогласованного производства массовой или серийной продукции с участием двух или более стран. Она основана на специализации производства и имеет долговременный характер. Предприятия, участвующие в кооперации, обычно являются самостоятельными хозяйствующими субъектами.

Производственная кооперация признана базой международного промышленного сотрудничества, глобализации мировой экономики.

Одной из причин развития международного производственного кооперирования служит усложнение производимой машиностроительной продукции, что практически исключает возможность массового, крупносерийного и, зачастую, даже серийного выпуска всех компонентов машин.

Но основным преимуществом использования коопераций является ужесточение конкурентной борьбы на международном и внутреннем рынке и базирующееся на этом стремление корпораций максимально возможно снизить затраты на производство и реализацию каждой единицы выпускаемой продукции, добившись тем самым ее конкурентоспособности, что и является ключевой задачей для российского авиапрома на сегодняшний день [1].

В работе рассмотрено АО «Гражданские самолёты Сухого (ГСС)» как пример предприятия, осуществляющего сотрудничество с международными партнёрами при производстве самолётов.

Основной стратегической задачей АО «ГСС» является реализация конкурентоспособного на международном рынке гражданского пассажирского самолёта (в сегменте вместимостью от 60 до 120 кресел), который может занять существенную долю рынка, позволяющую в долгосрочной перспективе стать одним из глобальных игроков в данном сегменте.

Таким образом, главным проектом компании является программа по созданию семейства региональных самолётов Sukhoi Superjet 100 (SSJ-100), реализующаяся в широкой кооперации с зарубежными поставщиками и разработчиками систем и комплектующих самолёта.

Сотрудничество с крупными международными партнерами при создании данного самолёта способствовало применению принципиально новой модели производства. Если раннее воздушное судно сначала проектировали, а затем искали рынки сбыта, то при создании SSJ-100 первостепенной задачей являлось удовлетворение спроса заказчиков [2].

Проведенный в ходе работы анализ показал, что международная производственная кооперация — современная эффективная модель создания конкурентоспособной авиационной техники. Для этого были проанализированы международные кооперационные связи при создании самолётов двух иностранных конкурентов рассматриваемого SSJ-100: Embraer-190 (Бразилия) и Bombardier CRJ-1000 (Канада).

Установлено, что при их создании используется еще большее количество международных участников, что вызвано современной необходимостью.

Также следствием изменения подхода к производству авиационной техники стал выход Superjet-100 на внешний рынок, о чем свидетельствует перечень действующих эксплуатантов самолёта, среди которых авиакомпании таких стран как Мексика, Таиланд, Швейцария и Ирландия [3].

В рамках исследования была проведена сопоставительная оценка экономической эффективности применения коопераций в авиастроительной отрасли.

Во-первых, в работе был произведен сравнительный анализ кооперационных проектов с разной долей международных участников на этапе производства воздушного судна. Производство самолётов, ориентированное только на российский внутренний рынок, не способно выйти на приемлемые показатели рентабельности. В ходе исследования удалось установить, что участие нескольких стран в создании авиационной техники позволяет увеличить долю мирового рынка реализации, что, в свою очередь, приводит к сокращению производственных затрат.

Во-вторых, была осуществлена экономическая оценка показателей эксплуатации отечественных самолётов, произведенных с разной долей международной кооперации. Результаты расчетов показали, что современные самолёты, созданные с участием международных партнеров, конкурентоспособны и на внутреннем, и на внешнем рынке пассажирских перевозок.

Таким образом, международное сотрудничество в области авиации способствует созданию и продвижению на рынке конкурентоспособных воздушных судов, что позволяет укреплять позиции России на мировом рынке авиационной техники и обеспечивает поступление значительных финансовых ресурсов в экономику страны, в том числе в интересах развития авиационной промышленности.

Международное производственное кооперирование в самолётостроении является важным фактором наращивания внешнеэкономического потенциала отечественного авиапромышленного комплекса, развития его внешнеэкономических связей и занятия достойной позиции на мировом рынке.

- 1. Денисов, Д. Д. Развитие международных кооперационных связей в самолетостроении [Электронный ресурс]. URL: http://vestnik.osu.ru/2013 8/4.pdf
- 2. Сысоева, Е. В. «Организационно-экономический механизм управления кооперацией авиастроительных предприятий при создании высокотехнологичной продукции» // Материалы III международной научно-практической молодежной конференции «Творческий потенциал молодежи в решении авиакосмических проблем» (Февральские чтения 2018), 12-14 февраля 2018 г., Баку, Азербайджан. Центр Полиграфии Национальной Академии Авиации, С. 216-219.
- 3. Суперджет (SSJ-100): реальность против домыслов. Список компаний-экслуатантов [Электронный ресурс]. URL: http://superjet.wikidot.com/plane-operation-stat

УДК 621.45.022.7

# ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД

#### © Тимофеева К.Р., Гурьянова М.М.

e-mail: crist.timofeewa2011@yandex.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

На газодинамическую эффективность камеры сгорания (КС) ГТД влияет входной профиль скорости, который может быть несимметричным по сечению канала преддиффузора из-за нестационарного взаимодействия последней ступени компрессора и направляющего аппарата, а также остаточной закрутки потока. Формирование входной несимметричной эпюры скорости снижает эффективность охлаждения жаровой трубы (ЖТ), равномерность распределения воздуха во фронтовом устройстве и качество перемешивания [1].

В современных низкоэмиссионных КС наиболее признанной в мировой практике является схема горения LP (lean, premixed) («бедное» горение) со значением коэффициента избытка воздуха  $\alpha=1,8-2,2$  с предварительно перемешанной топливовоздушной смесью в горелочных модулях.В таких камерах отсутствуют пояса охлаждающих отверстий для предотвращения создания переохлажденных областей вблизи стенок ЖТ, то есть 100% воздуха подается через фронтовое устройство [2].

Выполнено исследование совместного влияния входной несимметричности профиля скорости и локального перераспределения расхода воздуха через пояса охлаждающих отверстий на газодинамику КС и величину гидравлических потерь с верификацией структуры потока экспериментальным методом визуализации.

Проведены численные расчеты на модели проточной части 15° сектора камеры сгорания. Для создания несимметричности разработаны генераторы с геометрией искажающей эпюру скорости на выходе из них, отличающихся коэффициентом несимметричности профиля скорости:

$$K = w^{\text{Bep}}/w^{\text{HUЖ}},\tag{1}$$

где  $w^{\text{вер}}$ ,  $w^{\text{ниж}}$ — среднерасходная скорость в верхнем и нижнем полуканалах генераторов несимметричности скорости соответственно, м/с.

Минимальное значение коэффициента гидравлических потерь  $\xi$  во всех основных элементах и в камере в целом наблюдается при симметричном профиле скорости. При несимметричном величина  $\xi$  возрастает.

Увеличение относительной доли площади закрытых охлаждающих отверстий приводит к изменению коэффициента гидравлических потерь в КС и во всех основных её элементах. Величина этих потерь минимальна при полностью открытых поясах охлаждающих отверстий. При закрытии первого и последующих поясов  $\xi$  увеличивается.

Для визуализации структуры потока в КС выполнены эксперименты на модели её проточной части проливкой в гидравлическом лотке с использованием системы подкрашенных струй при ламинарном течении.

Исследования показали, что при симметричном профиле входной скорости (K=1)линии тока, формируемые в проточной части, визуализируют равномерный характер течения в преддиффузорном канале (рис. 1). В области внезапного расширения образуется зона обратных токов.

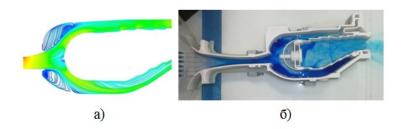


Рис. 1. Структура течения в преддиффузоре (K=1): а) — численный расчёт; б) — эксперимент

За фронтовым устройством визуализируется нестационарная структура течения в отличие от результатов численных исследований, выполненных в стационарной постановке, при этом осредненная по времени структура имеет подобный характер как в расчетах, так и в эксперименте (рис. 2).

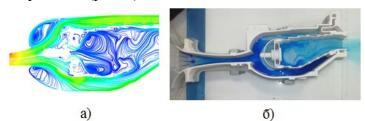


Рис. 2. Структура течения в объеме жаровой трубы (K=1): a) — численный расчет; b0 — эксперимент

При внесении на вход несимметричной эпюры скорости, например для случая K>1, зона обратных токов в преддиффузоре смещает ядро потока в верхний полуканал, прижимая его к стенке. Направление импульса струи, ударяющейся в обтекатель, ориентировано практически по касательной к нему. Это обуславливает наличие высокой скорости во внешнем канале, на который приходится максимум расхода рабочего тела. На выходе из ЖТ неравномерное распределение линий тока, что отрицательно повлияет на работу турбины (рис. 3).

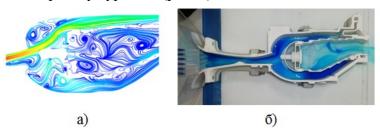


Рис. 3. Структура течения в КС (K=1,63): a) — численный расчет; b0 — экспериментальное исследование

С точки зрения проектирования камеры важным моментом является сохранение величины несимметричности близкой к 1, что позволяет обеспечить максимально полную величину давления на выходе из КС и минимум гидравлических потерь. Выполненный комплекс расчетно-экспериментальных исследований позволил получить структуру потока в условиях несимметричности профиля скорости на входе в КС и верифицировать численные расчеты результатами экспериментов.

- 1. Gur'yanova M.M., Piralishvili S.A. Joint effect of input asymmetrical velocity profile and initial turbulence intensity on hydraulics of a separated diffuser of GTE combustion chamber // Russian Aeronautics. 2016. T. 59. № 2. C. 197—205
- 2. Nafiz Kahraman, Selim Tangöz, S.Orhan Akansu. Numerical analysis of a gas turbine combustor fueled by hydrogen in comparison with jet-A fuel // Fuel. 2018. No. 181, pp. 66-7

УДК 656.065.2

## ТРАНСПОРТНЫЕ СХЕМЫ ДОСТАВКИ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ C-CHECK CAMOЛЕТОВ SJ-100 В ЦЕНТРАХ ТОИР

#### © Фадеева О.С., Кропивенцева С.А.

e-mail: kropivenceva.sa@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В качестве объекта исследования рассматривается организация поставки комплекта запасных частей для проведения планового технического обслуживания по форме C-Check на самолёте SukhoiSuperjet 100 (SSJ-100). Производство самолёта является ярким примером международной кооперации, в котором участвует ряд иностранных компаний совместно с отечественными. Производители комплектующих для SSJ-100 находятся во Франции («Thales», «Messierdowty», «Intertechnique»), Германии («Liebherr»), США («B/Aerospace», «Autronics», «HamiltonSundstrand», «Goodrich»), Великобритании («Іресо») и Швейцарии («Vibro-meter»). В процессе организации поставки комплектующих необходимо оптимально сократить затраты на доставку изделий от производителей к пунктам назначения – это является приоритетной целью исследования. Актуальными для исследования задачами являются: определение комплекта запчастей в расчёте на одно воздушное судно и масса партии поставки, изучение парка воздушных судов и определение среднегодового налёта SSJ-100 для получения сроков проведения TO, анализ и оценка оптимальных вариантов поставки комплектующих в центры ТОиР (технического обслуживания и ремонта). Самолёт SSJ-100 эксплуатируют многие российские авиакомпании, но только три из них – «Аэрофлот», «Якутия», «Азимут» – способны проводить техническое обслуживание по форме C-Check самостоятельно на своих базах в Москве, Якутстке, Ростове-на-Дону соответственно (далее – центры ТОиР).

Для решения поставленных задач и достижения цели исследования были изучены весовая сводка самолёта SSJ-100 и регламент проведения работ в ходе C-Check, это позволило определить массу партии комплектующих в расчёте на одно воздушное судно.

По каждой авиакомпании был проанализирован среднегодовой налёт воздушных судов данного типа и определено количество SSJ-100, рекомендованных к проведению C-Check на пятилетний срок. Для каждого центра ТОиР были рассчитаны массы партий запчастей, необходимые для выполнения ремонтных работ конкретного числа Суперджетов.

Следующим шагом исследования было решение транспортной задачи, которая была формулирована следующим образом. Требуется организовать доставку деталей от представленных производителей в центры ТОиР с минимальными экономическими затратами, а также определить оптимальные варианты доставки. Рассматривается прямая доставка воздушным, автомобильным и железнодорожным транспортом, а также смешанная — воздушно-железнодорожная перевозка. Имеются данные по себестоимости транспортной работы для каждого вида транспорта, а также расстояния перевозки от компаний-производителей до центров ТОиР.

В результате полученных расчетов были сформулированы следующие выводы. Доставка комплектующих в Якутск и Москву из американских городов возможна только воздушным транспортом, однако в Ростов-на-Дону детали целесообразнее доставлять смешанной перевозкой с участием воздушного и железнодорожного транспорта через промежуточный пункт в Москве. В остальном большинстве преимущество отдается прямой перевозке на железнодорожном транспорте, конечно же, с учетом налаженного железнодорожного сообщения между пунктами. Автомобильный транспорт предпочтительнее применять для поставки комплекта деталей для каждого центра ТО из Германии.

Полученные в результате исследования стоимостные показатели доставки представлены в таблице.

Таблица 1. Стоимость доставки комплектующих изделий, руб.

Компании	Якутск	Москва	Ростов	
«Thales»	38 532 912,00	100 119 360,00	9 393 296,00	
«Liebherr»	57 742 200,00	57 742 200,00 134 330 400,00		
«Messierdowty»	324 881 920,00	844 800 000,00	77 777 920,00	
«Intertechnique»	171 161 100,00	288 773 760,00	26 590 960,00	
«B/Eaerospace»	158 116 140,00	1 790 268 480,00	156 574 704,00	
«Autronics»	769 272,00	8 379 504,00	736 167,20	
«Ipeco»	10 025 400,00	25 333 862,40	2 433 692,80	
«HamiltonSundstrand»	78 397 200,00	831 675 600,00	73 567 260,00	
«Vibro-meter»	72 346,56	293 736,96	25 608,00	
«Goodrich»	1 207 899 000,00	13 852 792 800,00	1 216 893 480,00	

УДК 656.7.025, 339.137.2

#### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ИГР В СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКЕ АВИАКОМПАНИЙ НА РЫНКЕ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

#### © Харитонова Е.Н., Немчинов О.А.

e-mail: lena.haritonova1998@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

С каждым годом российский авиатранспортный рынок эволюционирует, развивая эксплуатационные, качественные и сервисные характеристики. Каждый субъект отрасли настроен на экономически эффективную работу своего предприятия, при этом постоянно производя анализ рыночной ситуации, действующее положение компании на рынке, определение приоритетных факторов, оказывающих влияние на конечный результат [1].

Авиаперевозки имеют вид олигополистического рынка. Характерными чертами данной рыночной структуры являются:

- 1) Немногочисленность фирм в отрасли. Обычно их число не превышает десяти;
- 2) Высокие барьеры для вступления в отрасль;
- 3) Всеобщая взаимозависимость. Каждая из фирм при формировании своей экономической политики вынуждена принимать во внимание реакцию со стороны конкурентов.

Возможны два основных поведения участников рынка в условиях олигополистической взаимозависимой структуры: некооперативное и кооперативное. В случае некооперативного поведения каждый продавец самостоятельно решает проблему определения цены и объема выпуска продукции (в нашем случае — объемы продаж авиаперевозок). Кооперативное поведение означает, что фирмы договариваются об объемах выпуска и ценах.

Отношения в рассматриваемой отрасли можно описать как некую игру, где решения, принимаемые каким-либо из игроков, влияют на решения остальных и на исход взаимодействия в целом. Взаимодействие такого типа называются стратегическим. Игра понимается как конфликт игроков, оптимальное разрешение которого для его участников опирается на математический инструментарий выбора оптимальных стратегий поведения [2].

Стратегий ведения конкурентной борьбы на рынке авиаперевозок насчитывается более десяти. При начале работы нужно проанализировать положение компании на рынке, определить цели и планируемые результаты деятельности [3]. Примеры существующих стратегий представлены в таблице.

В данной работе представлены результаты применения концепции теории игр для установления доминирующего положения предприятий гражданской авиации в конкурентной борьбе на рынке пассажирских воздушных перевозок в целом или отдельном его сегменте. Проанализирована тарифная политика трех авиакомпаний на выбранной воздушной линии: ИЗ Домодедово (г. Москва) В Толмачево (г. Новосибирск). Рассматриваемые авиакомпании выступают на данном направлении с различными предложениями. Опорными критериями оценки преимуществ были выбраны следующие показатели: тариф на перевозку (средняя цена эконом-класса), частота выполняемых рейсов, время вылета и прилета, наличие бизнес-класса.

		•	
Название стратегии	Краткое описание	Примеры	
«Зуб за зуб»	Льготы могут быть использованы в качестве знака конкурентам воздержаться от снижения цен на ключевых маршрутах	Авиакомпании «Northwest» и «Continental Airlines»	
Удовлетворение потребностей клиентов	Разрабатывается такой продукт, который будет отвечать запросам потребителей	«Trans World Airlines»	
Отслеживание доходов и расходов	Правильное распределение собственных ресурсов и сил	Авиакомпании- лоукостеры	
«Одна цена для всех»	Не претендуя на большие выигрыши, компания удерживается на рынке путем предложения выгодной цены за услугу	«Kiwi International AirLines»	
Программы лояльности	Клиент пользуется дополнительными возможностями, становясь постоянным покупателем услуги, а это образует	«Аэрофлот – российские авиалинии», «ЮТэйр», «Сибирь», «Уральские	

Таблица. Примеры стратегий на рынке авиаперевозок

При изучении предложений каждого авиаперевозчика создана модель определения суточной интенсивности движения воздушных судов с учетом критериев (и их весовых коэффициентов) привлекательности перевозчиков для пассажира. Проведенное исследование позволяет определить, какие стратегические решения следует предпринять для оптимизации экономических показателей деятельности авиакомпании и как создавать и поддерживать востребованное предложение для целевой аудитории.

авиалинии»

стабильный доход

В рамках исследования установлено, что, анализируя действия ключевых игроков рынка авиаперевозок, авиакомпании, располагающие более скромными ресурсами, могут вырабатывать эффективную стратегию своего поведения при конкурентной борьбе. Применение принципов теории игр позволяет руководству предприятий гражданской авиации предпринимать обоснованные меры по вводу новых ресурсов в эксплуатационную деятельность, выходу на новые рынки авиауслуг, применению новых маркетинговых инструментов, что непосредственным образом сказывается на экономической эффективности финансово-хозяйственной деятельности.

- 1. Немчинов О.А. Авиатранспортный маркетинг: экономическая эффективность эксплуатационной деятельности авиакомпании: учеб. пособие / О.А. Немчинов, О.М. Жуков. Самара: Издательство Самарского университета, 2018. 116 с.
- 2. Дуплякин В.М. Теория игр: учеб. пособие / В.М. Дуплякин Самара: Издательство Самарского государственного аэрокосмического университета, 2011.-191 с.
- 3. Бранденбургер А. Правильная игра: теория игр и стратегия бизнеса [Электронный ресурс] / Адам Бранденбургер, Барри Нейлбафф. Журнал «Harward Business Review Россия», май 2008. URL: http://www.germostroy.ru/art\_884.php.

УДК 004.02

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА

© Чекина Е.В., Михеев С.В., Михеева Т.И.

e-mail: ev-chekina@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) многовинтового типа востребованы во многих областях деятельности. Актуальным является их применение для точной адресной доставки малогабаритных грузов как в городской среде с высоким уровнем урбанизации, так и на труднодоступной пересеченной местности [1]. Определение оптимального маршрута БПЛА в различных условиях функционирования является сложной и длительной процедурой, связанной с многообразием вариантов выбора из возможных решений.

Сложность задачи состоит в определении набора точек в пространстве, которые бы отвечали траектории полёта БПЛА и определялись бы на карте. На выбор маршрута оказывают влияние следующие факторы:

- ограниченное время полёта;
- безопасность полёта;
- множественность маршрутов.

Ограниченность времени полёта предполагает определение такого маршрута, который позволил бы решить поставленную задачу в установленное время. Из практических соображений маршрут БПЛА должен состоять из прямолинейных участков и участков кривизны, соединяющих прямолинейные участки.

Безопасность полёта определяется набором соответствующих ограничений: соблюдение заданного эшелона и коридора полёта, облёт препятствий на пути, расстояние до аварийной посадочной платформы, расстояние от запретных для полётов зон, изменение погодных условий. В случае учета первого и второго факторов возникает совместная задача, как сокращение маршрутного времени, так и уменьшения длины траектории. Последний фактор говорит о неоднозначности пути, по которому могут следовать БПЛА. Решение этой задачи требует выдвижения критерия, по которому следует выбирать наиболее подходящий маршрут.

Анализ литературы показывает, что наиболее подходящим для решения задачи построения оптимального маршрута является мультиагентный подход, обладающий высокой точностью и скоростью решения задач. Мультиагентные системы, заимствованные из общественных биосистем, к которым относят муравейник, привлекательны по некоторым признакам, таких как автономность действий отдельных агентов, децентрализация управления за счет реализации в системе коллективного интеллекта и обучаемость агентов [2].

Задачи построения оптимальных маршрутов БПЛА являются ключевыми в области логистики и являются NP-сложными задачами комбинаторной оптимизации. Эвристические методы решения задач маршрутизации БПЛА требуют экспоненциального времени вычислений [3]. При использовании алгоритма муравьиной колонии определение наилучшего маршрута производится путем многократного исследования пространства поиска в различных направлениях.

Особенностью предполагаемого перемещения является наличие феромона, выделяемого агентами на пути в процессе своего перемещения. Наилучшим является маршрут с наибольшим содержанием феромона [4]. Алгоритм муравьиной колонии является одним из алгоритмов метаэвристики, используемых для решения задачи коммивояжера. Начальным шагом алгоритма является инициализация уровня феромона, с последующим анализом критерия остановки и модификацией феромона. Критерием закрытия цикла алгоритма может стать заданное число итераций или число итераций, не приносящее улучшение ожидаемого решения. Значение феромона при принятии решения увеличивается на компонентах лучших решений и, соответственно, уменьшается на компонентах худших решений [5].

Описанный алгоритм использован при решении задачи построения траектории облета территории в среде интеллектуальной транспортной геоинформационной системе «ITSGIS», отражающей на интерактивной электронной карте территории траектории движения (станции подзарядки, посадочные платформы и т.д.), а также граф транспортной сети [6].

Анализ работы алгоритма проводился по предполагаемому времени прохождения БПЛА построенного маршрута при различных размерах графа транспортной сети и различных условиях полета. На каждом цикле автоматически формируется граф транспортной сети с заданными характеристиками [7].

В результате работы выявлено, что достоинством метода муравьиного алгоритма является возможность нахождения квазиоптимального маршрута, что достигается многократным повторением процедуры прохождения агентов по маршруту.

Данный подход целесообразен при выборе кратчайшего маршрута с использованием БПЛА при наличии значительного количества препятствий на маршруте, воспринимаемых как дополнительные опорные точки.

В задачах же с малым количеством опорных точек правильный выбор маршрута в большинстве случаев является очевидным, и поэтому подход муравьиной колонии не может быть рекомендован к применению.

- 1. Михеева, Т.И. Система формирования полётных планов для беспилотного летательного аппарата [Текст] / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин // Труды Международно-технической конференции «Перспективные информационные технологии» (ПИТ-2017) / Самарский университет. Самара, 2017. С. 669-672.
- 2. Козуб, А.Н Интеграционный подход к задаче выбора маршрута группы БПЛА [Текст] / А.Н. Козуб, Д.П. Кучеров // Искусственный интеллект. №4, 2013. С. 333-343.
- 3. Валеева, А.Ф. О задаче доставки однородного продукта различным клиентам с учетом решения задач управления запасами, маршрутизации и складирования [Текст]/ А.Ф. Валеева, Р.С. Валеев, Т.Д. Тарасова, Э.И. Газизова // Логистика и управление цепями поставок. №2, 2015. С. 54-69.
- 4. Пугин, К.В. Генетические алгоритмы с частичной параллелизацией в системах с общей памятью на примере задачи коммивояжера [Текст] / К.В. Пугин, С.С. Ефимов // Математические структуры и моделирование. Вып. № 26, 2012. С. 110-117.
- 5. Штовба, С.Д. Муравьиные алгоритмы [Текст] / С.Д. Штовба // Exponenta Pro. Математика в приложениях. №4, 2013. С. 70-75.
- 6. Муравьиный алгоритм [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/ wiki/ Муравьиный алгоритм (дата обращения 5.02.2019)
- 7. Михеева Т.И., Золотовицкий А.В. Применение теории графов в задачах управления дорожным движением // Вестник СГАУ. Сер. «Актуальные проблемы радиоэлектроники» Самара: СГАУ, -2003. С. 20-24.

УДК 004.02

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РЕКУРСИВНАЯ ГИПЕРМЕДИЙНАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ УЧЕТА ДТП

© Чугунов А.И., Чекина Е.В., Михеев С.В.

e-mail: 4ugunov63@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Развитие геоинформационных технологий делает возможным их успешное применение в области развития интерактивных электронных карт. Интеллектуальная транспортная геоинформационная рекурсивная гипермедийная система решения задачи учета ДТП «ITSGIS», представляющая собой комплекс плагинов сбора, анализа, визуализации, дислокации, моделирования геообъектов и транспортных процессов транспортной инфраструктуры.

«ITSGIS. Учет ДТП» состоит из двух модулей: модуль разработчика и модуль пользователя. Модуль разработчика позволяет настраивать параметры создаваемой системы. В нее входит набор вспомогательных программ для отладки частей проекта, примеры создания мультфильмов с исходными текстами программ и объектный код файлов, задающих структуру файлов мультфильмов, который должен присоединяться к проекту мультфильма. После создания обучающей программы становится возможным использование пользовательского модуля, который и используется в обучении пользователя при заполнении, моделировании и анализе данных. Учебный процесс представляется деревом учебных кадров, каждый из которых может быть или теоретическим блоком, или мультфильмом, или тестом. Пользователь последовательно перемещается по дереву учебных кадров, переходя от одной темы к другой и проходя тесты. Перемещения пользователя отслеживаются и заносятся в картотеку пользователей. Программа запоминает пользователей и хранит данные по просмотренному ими материалу. Реализована возможность просмотра произвольных учебных кадров, но их просмотр при этом не регистрируется.

Теоретический блок представляет собой полноценную Web-страницу, которая также может ссылаться на другие страницы. Все они будут показаны плагином по требованию пользователя. Мультфильмы в данном случае не являются заранее созданной анимацией. Анимационные кадры генерируются плагином в процессе работы, что дает пользователю возможность задать начальные параметры вручную, иначе они будут заданы по умолчанию либо случайным образом — это зависит от разработчика мультфильма. Мультфильмы реализуются файлами определенной структуры, что позволяет избежать перекомпиляции при создании новой обучающей части.

Дислокация ДТП визуализируется (для чего введены соответствующие параметры), предоставляется возможность просмотра в реальном времени любых параметров ДТП с необходимой детализацией. Основным инструментом исследования являются точки дислокации, координаты которых отслеживаются «ITSGIS. Учет ДТП». Базовый инструментарий по работе с точками дислокациями ДТП и местами их концентрации составляют: треки движения транспортных средств, графики координат, скоростей и ускорений. Места концентрации ДТП реализованы на основе методов триангуляции Делоне. Вся графическая информация, получаемая в ходе работы «ITSGIS. Учет ДТП», сохранена в базе данных и отражена на тематических слоях электронной карты.

УДК 629.7.08: 519.876.5

#### МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПИСАНИЯ УЗЛОВОГО АЭРОПОРТА С УЧЕТОМ НАЛИЧИЯ РЕЙСОВ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ

#### © Ямщикова А.Н., Романенко В.А.

e-mail: yamsh.alina@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Рассматривается вопрос оптимизации расписания узлового аэропорта, используемого авиакомпанией в качестве пункта массовых пересадок пассажиров. Целью оптимизации расписания является сокращение упущенной выгоды авиакомпании, вызванной отказами от ее услуг некоторой доли пассажиров, которые сочтут продолжительность пересадки неприемлемой [1].

Оптимизация состоит в определении на заданном временном промежутке моментов времени прилета и вылета, которые минимизируют упущенную выгоду благодаря сохранению потенциального трансферного пассажиропотока за счет обеспечения комфортного времени пересадки.

Чтобы обеспечить комфортное время пребывания трансферных пассажиров в хабе, движение самолетов рассматривается в виде последовательных «волн». Начало волны — массовый прилет самолетов в узловой аэропорт, затем пересадки пассажиров на другие рейсы, после чего с массовым вылетом самолетов из хаба волна завершается [2]. Оптимизация расписания рассматривается в пределах одной «волны» с использованием сетевого графика, связывающего все основные операции наземного обслуживания. Учитываются особенности формирования расписания при наличии начальных и конечных рейсов.

При моделировании задачи рассматривается некоторый промежуток времени («волна»), в течение которого прилетают рассматриваемое количество самолетов. Задается время прилета и вылета каждого самолета. Обозначается пара самолетов, первый из которых прилетает в хаб, а второй вылетает из хаба. Известен объем начальных, конечных и трансферных пассажиров и тарифы на авиаперевозку. В качестве критерия оптимизации выступает минимизация упущенной выгоды. Учитываем ограничения на: временные интервалы между взлетно-посадочными операциями (не должны быть меньше заданного минимума); момент времени вылета самолета (не раньше, чем момент окончания его подготовки к вылету); необходимую численность ресурсов хаба. Задача оптимизации сводится к задаче математического программирования, предполагающей определение значений, которые минимизируют целевую функцию при заданных ограничениях.

- 1. Bootsma P D 1997 Airline Flight Schedule Development: Analysis and Design Tools for European Hinterland Hubs (Utrecht: University of Twente) p 296
- 2. Романенко В.А. Моделирование производственных процессов узловых аэропортов: монография Saarbrucken: LAP Lambert Academic Publishing GmbX&Co. KG, 2012. 286c

### Секция 5

Теория, конструкция, надежность, прочность и технология производства двигателей летательных аппаратов

УДК 811.111+662.76

## TECHNOLOGIES EXPLOTING THE ENERGY OF LIQUEFIED NATURAL GAS IN THE REGASIFICATION PROCESS

© Uskov I.A., Kuznetsova E.P., Avdeiko S.A.

e-mail: vanyajet@gmail.com; simpson.elizaveta100500@yandex.ru

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

Liquefied natural gas (LNG) is a non-toxic, environmentally friendly and very energy-efficient fuel that is more convenient to transport and store than conventional gas. LNG is becoming more and more popular every year as a source of energy for heating networks and as a fuel for power plants and engines.

The article presents an analysis of technological solutions to increase the efficiency of liquefied natural gas use.

The purpose of the work is to show how to make this fuel more economically advantageous with the help of special equipment.

To liquefy gas, it needs to be cooled to a temperature of 162 degrees Celsius, which greatly increases its cost. This is the reason why many companies are abandoning more environmentally friendly and modern fuels in favor of refined products that cause irreparable damage to the environment.

More than half of the world's liquefied natural gas is now being regasified, cooling the atmosphere and thus wasting a lot of energy. The use of low potential liquefied gas energy in the regasification process improves the overall efficiency of this fuel.

After theoretical calculations and analysis of 2 gas-fired power plants, we concluded that thermal cycles use the "cold" energy of LNG increased thermal efficiency by an average of 3-8%. Also, the environmental friendliness of this energy source provides tax benefits for enterprises using liquefied natural gas.

This work aims to show that special equipment can be used to make this fuel more cost-effective, so the development of power plants, allowing the use of energy regasification of LNG, will improve the energy efficiency of this fuel, which in the future will allow not only to cut down feedstock costs but may save the ecology of some regions. Besides, the environmental friendliness of this energy source provides tax benefits for enterprises using liquefied natural gas.

These studies allow us to assert that the solutions we have proposed can be very useful for both consumers and LNG producers.

#### References

- 1. X.J. Shi, B. Agnew, D.F. Che, J.M. Gao Performance enhancement of conventional combined cycle power plant by inlet air cooling, inter-cooling and LNG cold energy utilization//App. Thermal Eng., 30 (2010), pp. 2003-2010
- 2. Qiang W.Yanzhong L. and Jiang W. Analysis of power cycle based on cold energy of liquefied natural gas and low-grade heat source//App. Thermal Engineering 24 539–548.2004
- 3. T.S. Kim, S.T. RoPower augmentation of combined cycle power plants using cold energy of liquefied natural gas// Energy, 25 (2000), pp. 841-856

УДК 629.7.036, 004.942

#### РАЗРАБОТКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИХ ИЗМЕРЕНИЙ В «УМНЫХ» ФАБРИКАХ БУДУЩЕГО

#### © Балякин Д.М., Печенин В.А., Болотов М.А.

e-mail: dimulya.balyakin@mail.ru, gdi@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

При выполнении измерений параметров объекта неизбежно возникают погрешности измерений, которые имеют место в действительных моделях. По этой причине важной задачей является рассмотрение процесса измерения интересующих параметров, присущих погрешностей и путей их снижения. Действительные модели могут описывать геометрические, механические, физические, химические и другие параметры описываемого объекта. В качестве рассматриваемых объектов могут выступать: заготовки, детали, сборочные единицы, изделие, технологические объекты и Важными рассматриваемыми геометрическими параметрами объектов авиационных двигателях являются: форма поверхностей; параметры расположения; отклонения формы и расположения; случайные и систематические погрешности.

Важными рассматриваемыми физическими параметрами объектов в авиационных двигателях являются центр масс, главная центральная ось инерции, распределение масс по объёму рассматриваемых объектов. В работе рассматриваются проблемы создания геометрических действительных моделей, поскольку геометрия изделия оказывает значительное влияние на его показатели качества.

Действительная модель объекта, отражающая его геометрические параметры, может быть сформирована на основе измерений и обработки их результатов. Значимую роль в создании действительных моделей объектов занимают алгоритмы и процедуры обработки измеренных данных. В общем виде последовательность создания геометрических действительных моделей на основе информации, получаемой с использованием координатных средств измерений, может быть представлена в следующем виде:

$$X_k \xrightarrow{F_{t,C}} RM.$$
 (1)

 $X_k \xrightarrow{F_{t,C}} RM$ . (1) где  $X_k$  — измеренные данные, полученные с использование координатных средств измерений, представленные в виде координат точек поверхностей объектов либо других параметров;

F — функция, выполняющая формирование действительных геометрических моделей на основе измеренных данных O;

t, C-соответственно трудоёмкость и стоимость создания действительной модели *RM*.

Создание геометрических действительных моделей на основе результатов измерений является процессом, включающим несколько основных этапов. Функцию F можно представить как сложную функцию включающую ряд последовательных функций:

$$F = f_n(...f_3(f_2(f_1(O)))...),$$
(2)

где  $f_1, f_2 f_3, f_n$  — соответственно функции 1, 2, 3 и n-го этапов обработки данных при создании действительных геометрических моделей.

На первом этапе создания действительных моделей объектов выполняется подготовка измеренного массива координат точек поверхностей в следующей последовательности: 1) предварительная обработка измеренных данных; 2) фильтрация [1]; 3) создание полигональной модели. Содержание предварительной обработки зависит от используемого средства измерения. При измерении на координатно-измерительных машинах величина погрешностей при фильтрации составляет до 50% от величины случайной погрешности, то есть достигают 1,5 мкм.

В ходе второго этапа выполняется предварительное математическое базирование с целью определения собственной системы координат измеряемого объекта, которое включает: аппроксимацию измеренных координат точек поверхностей заменяющими геометрическими элементами; формирование последовательности трансформации систем координат в соответствии со схемой базирования объекта и трансформация системы координат. Погрешности базирования вносят до 7 мкм в общую погрешность.

На третьем этапе создания действительных 3D моделей объектов выполняется формирование поверхностей деталей посредством аппроксимации или интерполяции измеренных массивов координат точек поверхностей посредством сплайнов в виде профилей или поверхностей [2].

Четвёртый этап создания действительных 3D моделей включает оценку отклонения формы и расположения поверхностей [3], в том числе сложнопрофильных, а также уточнение базирования. Выполняется, главным образом, для объектов, имеющих сложнопрофильные поверхности, которые задаются конструктором относительно систем координат, включающих в себя совокупность осей и начальных точек.

В процессе выполнения пятого этапа проводится уточнение базирования и рассчитанных геометрических параметров исходя из функционального назначения объекта [4]. Выполнение пятого этапа позволяет учесть функциональные и конструкторские особенности измеряемых изделий, возникающие в процессе сборки и эксплуатации изделий, которые выявляются в ходе анализа конструкции и выполняемых функций объекта.

Заключительный шестой этап предназначен для проверки достоверности созданной действительной модели. Выполнение повторных измерений и сравнение их результатов с созданной действительной моделью объекта позволит оценить погрешности создания поверхностей. Приведенные этапы создания действительных 3D моделей объектов характеризуются повышением значимости измерений отдельных координат точек поверхностей, а также обработки результатов измерений при создании действительных моделей объектов.

#### Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках стипендии Президента Российской Федерации (номер СП-262.2019.5).

- 1. Pechenin, V.A. Determination of the bilateral filter's parameters for the analysis of surface geometry deviations [Text]/ V. A. Pechenin, M. A.Bolotov, E. R. Stepanova // CEUR Workshop Proceedings,  $2016.-V.\,1638.-P.\,386-392.$
- 2. Печенин, В.А. Модель и программный модуль для прогнозирования погрешностей координатных измерений в NX OPEN API [Текст]/ В.А. Печенин, Н.В. Рузанов, М.А. Болотов // Сборник трудов IV Международной конференции и молодёжной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2018). 2018. С. 1454-1460.
- 3. Печенин, В.А. Повышение точности оценки отклонения расположения в координатных измерениях профилей лопаток компрессора и турбины ГТД [Текст]/ В.А. Печенин, М.А. Болотов, Н.В. Рузанов // Вестник СГАУ, 2014. № 5-3 (47). С. 202-211.
- 4. Печенин, В.А. Исследование неопределённостей измерений геометрических параметров профилей лопаток компрессора газотурбинного двигателя [Текст]/ В.А. Печенин, М.А. Болотов, Н.В. Рузанов, М.В. Янюкина // Вестник СГАУ, 2016. Т.15, № 2. С.162-170.

УДК 629.036

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫПУСКА ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СОПЛОВОГО АППАРАТА ГТД

© Волков А.А., Бузин В.М., Акунец М.В.

e-mail: gdi@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В современном авиационном двигателестроении широко применяется численное моделирование для выполнения термогазодинамических расчетов, в том числе и расчета охлаждаемых турбин. Однако, несмотря на то, что численное моделирование охлаждаемых турбин позволило существенно сократить стоимость и время проектирования, проблема дороговизны исследований и времени проектирования остается актуальной и в настоящее время. Обеспечение достаточной точности численного моделирования требует значительных вычислительных ресурсов из-за сложности моделей. В свою очередь, создание более простых численных моделей или альтернативных способов численного моделирования, обеспечивающих достаточную точность расчетов, позволяет сократить время расчетов и требуемые вычислительные ресурсы. Цель данной работы заключается в создании относительно простой численной модели охлаждаемого соплового аппарата ГТД, обеспечивающей приемлемую точность.

Работа началась с исследования отчета NASA с экспериментальными данными продувки охлаждаемого соплового аппарата [1]. С использованием приведенных в отчетах данных была сформирована геометрия лопатки. В программном пакете NUMECA AutoGrid 5 была создана сеточная модель со следующими характеристиками: y+=1; expansionRatio – 1.2; aspectratio – 1000; Количество элементов – 2 085 651.

Постановка и решение задачи осуществлялись в программном пакете NUMECA FINE/Turbo. Отверстия для охлаждения моделировались с помощью Cooling/Bleedmodel в FINE/Turbo. Расчетная область определялась: на входе — значениями полного давления и температуры при стандартных условиях; на выходах из отверстий — значениями полной температуры и расхода вторичного потока; на выходе основного потока — значением статического давления в среднем сечении проточной части. Модель рабочего тела — воздух (реальный). Модель турбулентности — Spalart-Allmaras.

Основываясь на результатах, полученных из расчета, был построен график характеристики: зависимость коэффициента скорости от приведенной скорости. Из графика видно, что выпуск охлаждающего воздуха приводит к росту вторичных потерь на величину от 2 до 3%.

В дальнейшем планируется провести верификацию модели на основе вышеупомянутого отчета NASA и оптимизацию численного моделирования в направлении упрощения численной модели с сохранением требуемой точности.

#### Благодарность

Результаты работы были получены с использованием средств гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (номер гранта МК-3168.2019.8)

#### Библиографический список

1. Goldman L.J., McLallin K.L. Effect of endwall cooling on secondary flows in turbine stator vanes, 1977

УДК 629.036

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТУРБИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ЕЗ-GE

© Волков А.А., Горячкин Е.С., Ращупкина А.В.

e-mail: gdi@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

На данный момент активно развивающимся направлением является численное моделирование рабочих процессов ГТД в различных специализированных программных пакетах таких как NUMECA FINE<sup>TM</sup>/Turbo, ANSYS и др. В данной работе выполнено создание численной модели турбины высокого давления двигателя  $E^3$ -GE.

Двигатель Е<sup>3</sup>-GE это совместная разработка таким фирм как NASA и GeneralElectric 1970-80х годов. На базе этого двигателя создано целое семейство турбовентиляторных зарубежных современных двигателей для гражданской авиации GE90, GEnx, GE9x. Исходными данными для данной работы послужили отчеты фирмы NASA и GeneralElectric [1], в которых приведены основные данные по различным узлам данного ГТД [2].

Целью данной работы является создание и верификация численной модели турбины высокого давления двигателя  $E^3$ -GE. Для этого были поставлены такие задачи как: получение геометрической модели турбины высокого давления с помощью исходных данных, построение сеточной модели в программном обеспечении NUMECAAutoGrid5, расчет полученной численной модели в программном обеспечении как NUMECA FINE<sup>TM</sup>/Turbo. Исследуемая турбина высокого давления, состоит из двух ступеней (рис. 1). Исходные данные по геометрии профилей лопаток и меридиональному сечению тракта были взяты из отчёта NASA [1].

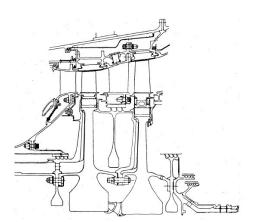


Рис. 1. Турбина высокого давления двигателя Е3-GE

Для профилирования лопаток турбины высокого давления в программном обеспечении Profiler по заданным координатам из таблиц были созданы сечения каждой лопатки турбины. Каждая лопатка построена по трём сечениям: втулочное, среднее и периферийное. Далее в программном обеспечении КОМПАС по известным геометрическим данным построены меридиональные обводы данной турбины. Все

полученные геометрические модели были перенесены для расчетов в программное обеспечение NUMECA, в котором выполнялся расчёт.

Создание сеточной модели выполнено в программном обеспечении NUMECA AutoGrid 5 [3]. Расчет проводился с использованием модели идеального газа Air (Real gas). Для расчета задавалась математическая модель Turbulent Navier-Stokes, так как она является наиболее универсальной, а модель турбулентности была выбрана Spalart-Allmaras, так как она является наиболее экономичной для вычислительных ресурсов. Граничными условиями (рис. 2) являлись полное давление газа на входе в турбину  $p_{\rm r}=1241056\Pi a$ , полная температура газа на входе в турбину  $T_{\rm r}=1520,928$ К и статическое давление на выходе из турбины высокого давления  $p_{\rm r}=234648,56\Pi a$ , которые были известны из технического отчета. Расчёт выполнялся при частоте оборотов турбины  $n=12520 \frac{o6}{MH}$ .

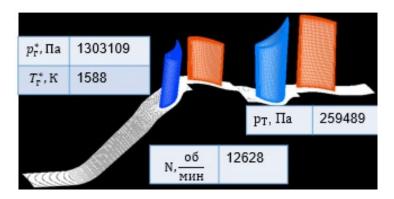


Рис. 2. Граничные условия для расчета

В результате работы была получена рабочая точка турбины высокого давления. В ходе дальнейшей работы планируется выполнить расчет характеристики турбины высокого давления и исследование влияния параметров численной модели на результаты расчета.

#### Благодарность

Результаты работы были получены с использованием средств гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (номер гранта МК-3168.2019.8)

- 1. Timko L.P. Energy efficient engine high pressure turbine component test performance report, 1985.
- 2. Johnston R.P., Hirschkron R., Koch C.C., Neitzel R.E., Vinson P.W., ENERGY EFFICIENT ENGINE Preliminary Design and Integration Studies, 1978
- 3. Попов Г.М. Численное моделирование рабочего процесса и расчета характеристик вентилятора ГТД с помощью методов вычислительной газовой динамики [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Г.М. Попов, Е.С. Горячкин, Ю.Д. Смирнова; О.В. Батурин Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королёва (нац. исслед. ун-т). Электрон. текстовые и граф. дан. (11,4 Мбайт). Самара, 2014.

УДК 629.7: 929

## СТРОЧЕЧНЫЙ МЕТОД ШЛИФОВАНИЯ ПРОФЕССОРА ЮНУСОВА Ф.С.

© Гарипов М.М., Юнусов Р.Ф.

e-mail: maratnua@ya.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н.Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

В статье анализируется жизнь и творческий путь одного из корифеев отечественной технологии, заслуженного профессора КНИТУ-КАИ Юнусова Файзрахмана Салаховича (1924-2012). Рассматриваются не только достижения профессора, но и люди, с которыми он активно сотрудничал. Через призму воспоминаний разных людей создается атмосфера той эпохи, в которой работал академик АТН РФ Юнусов Ф.С., а также многогранная личность самого профессора.

Гордостью и достоянием КАИ является заслуженный профессор Юнусов Файзрахман Салахович, о судьбе и творчестве которого была выпущена книга из серии «ЖЗЛ» КАИ [1]. Разработанный им строчечный метод шлифования позволил значительно увеличить ресурс и надежность авиационных двигателей и деталей [2-5]. Файзрахман Салахович добровольцем в 16 лет ушел на фронт и прошел все суровые испытания Великой Отечественной войны от обороны Москвы до взятия Берлина. Затем после двухлетней службы в Германии Юнусов Ф.С. (см. рис.) возвращается на родину, поступает в Казанский авиационный институт и заканчивает его с отличием.



Рис. Юнусов Ф.С. в Берлине. 1945 г.

Сам по себе этот факт можно считать удивительным. Действительно, какое качественное образование можно было получить в деревенской школе? Нужно учесть также перерыв в обучении, связанный с участием в боевых действиях и службой в Германии, трудности с переходом обучения на русский язык. В годы учебы Юнусов Ф.С. все пять лет был отличником учебы, являлся старостой потока, председателем культурно-массовой работы института, членом профкома института, его фотография все годы обучения находилась на доске почета. Следует отметить, что и организация

производственной практики в то время, время подъема производства и выпуска разнообразной техники моторостроительными заводами, была поставлена не формально. Уже на производственной практике в Пермском (бывший Молотов) авиационном заводе Юнусов Ф.С. сделал свое первое изобретение: новый способ изготовления главного шатуна девятицилиндрового поршневого двигателя. Полученное за инновацию вознаграждение было неплохой материальной поддержкой, так как он жил полностью самостоятельно. Во время очередной практики на том же заводе он предложил новую технологию обработки компрессионных колец поршней и получил уже в несколько раз большее вознаграждение. Отметим, что эти изобретения позволили уменьшить долю тяжелого ручного труда при изготовлении детали. После окончания КАИ встал вопрос о распределении выпускников.

Для Файзрахмана Салаховича были предложения из конструкторского бюро С.П.Королёва, а также других организаций в области ракетостроения, но он решил остаться в аспирантуре при КАИ. Как отмечает сам Юнусов Ф.С. в годы учебы и работы в КАИ большую поддержку ему оказали такие московские и казанские ученые как: А.В. Подзей, В.С. Корсаков, Ю.Г.Одиноков, М.И.Лысов, Ю.К. Застела (ректор КАИ), Р.Ш. Нигматуллин (ректор КАИ), Т.К. Сиразетдинов, Г.Л.Дегтярев (ректор КАИ). Казанское моторостроительное производственное объединение Файзрахман Салахович считал своим вторым рабочим местом, так как именно здесь претворял в жизнь все свои инновационные проекты, станки и инструменты, именно здесь среди производственников находил он своих учеников, будущих кандидатов, докторов наук, академиков, руководителей организаций и заводов. Приведем воспоминания только одного из многочисленных учеников Файзрахмана Салаховича, изложенных в уже упомянутой книге. Доцент кафедры технологии машиностроительных производств КНИТУ-КАИ Моисеева Лия Тагирджановна так описывает встречу с Файзрахманом Салаховичем и его ролью в своей судьбе: «В 1968 году после окончания школы я поступила в КАИ и закончила его в 1974 году по специальности инженер-математик. Сначала я шесть лет проработала по распределению на Казанском оптико-механическом заводе, а в 1980 году перешла в КАИ на кафедру, которая тогда называлась «Производство двигателей летательных аппаратов» и заведовал ею профессор Юнусов Ф.С.

Файзрахман Салахович умел сплотить коллектив кафедры так, что все помогали друг другу. Сообща мы делали большую работу и внедряли ее в производство на наших заводах. По нашим разработкам было сделано немало хоздоговорных работ, много изобретений, которые в одиночку не осилил бы, наверное, никто. В нескольких из них я являюсь соавтором. Следствием этих работ явилось то, что на Казанском моторостроительном производственном объединении были изготовлены и внедрены специальные станки для финишной обработки крупногабаритных лопаток ГТД.

- 1. Файзрахман Салахович Юнусов в воспоминаниях современников и фотографиях/ Г.Ю. Даутов, Г.Л.Дегтярев, Р.Ф.Юнусов. Изд. второе, доп. и испр.- Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. -184 с.
- 2. Юнусов Ф.С. Формообразование сложнопрофильных и крупногабаритных поверхностей полусвободным инструментом. Монография/Ф.С. Юнусов, А.Н.Лунев, Р.Ф. Юнусов. Казань, Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2011.-280 с.
- 3. Юнусов Ф.С., Юнусов Р.Ф., Валитов Р.А. Формообразование поверхностей строчечной подачей// Вестник машиностроения. М., 2006. №8. С. 58-60.
- 4. Юнусов Ф.С., Юнусов Р.Ф. Исследование полусвободного шлифования локальных дефектов//Вестник машиностроения. М.,2012. № 10. С.46-50.
- 5. Юнусов Ф.С., Юнусов Р.Ф. Исследование точности обработки и стабилизации силы резания при полусвободном шлифовании//Вестник машиностроения. М., 2012. № 9. С.52-57.

УДК 629.036

#### МЕТОДИКА ПРОФИЛИРОВАНИЯ ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

#### © Горячкин Е.С., Кудряшов И.А., Сулейманов А.Р.

e-mail: gdi@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В осевых компрессорах и вентиляторах современных авиационных газотурбинных двигателей, таких как GE-90, GEnx, Leap X, CFM56 и др. используются лопатки с дуговыми или двухдуговыми профилями. Применение данных типов профилей обусловлено особенностями течения в осевых компрессорных машинах. При поиске методики построения двухдугового и одногодугового профилей в отечественных публикациях не было найдено необходимой информации по двухдуговому профилю. И в связи с этим выполнен поиск по зарубежным источникам. В ходе поисков был найден технический отчет NASA [1] в котором приведено описание построения средней линии профиля типа Double Circular Arc (DCA), Multiple Circular Arc (MCA) (см. рис.).

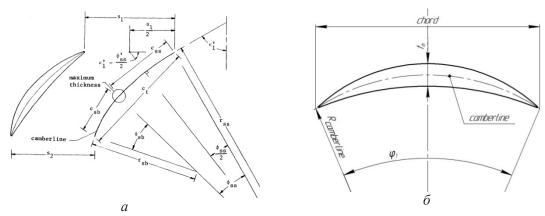


Рис. Профиля лопаток: a - MCA, 6 - DCA

DCA — это тип профиля, средняя линия которого описывается одной дугой окружности, в отечественной литературе — дуговой профиль. Спинка и корытце описываются дугами окружности. В основном используется для ступеней с числом маха  $0.7 \le M \le 1.2$  [2].

МСА – это тип профиля, у которого средняя линия описывается двумя дугами окружностей и на котором присутствует два участка – сверхзвуковой и дозвуковой, в отечественной литературе – двухдуговой профиль. Спинка и корытце описываются двумя дугами окружностей каждая. Используется для высоконагруженных, сверхзвуковых ступеней с числом маха  $1,1 \le M \le 1,5$  [2], обычно это лопатки вентилятора и первые ступени компрессора высокого давления.

В методике, изложенной в отчете NASA, создание средней линии профиля выполняется при следующих исходных данных:  $\beta_1, \beta_2, \varphi_{SS}/\varphi_t, s_1$  и др., однако, не указано как определять некоторые параметры, необходимые для расчета готового профиля лопатки. Кроме того, предложенный алгоритм предполагает расчёт угла установки по заданному значению отношения угла поворота потока на сверхзвуковом

участке к углу поворота потока на дозвуковом участке —  $\varphi_{SS}/\varphi_t$ . Но такой подход неудобен в случае, если угол установки профиля известен заранее. Выполнена корректировка методики создания средней линии. В разработанной методике в исходных данных задаются параметры:  $\gamma$ (угол установки),  $c_m$  (положение максимальной толщины профиля относительно хорды). Вычисляются параметры  $\varphi_{SS}/\varphi_t$  (относительная угловая координата положения максимальной толщины),  $s_1$  (окружная координата максимальной толщины). Стоит отметить, что в указанном отчёте показан алгоритм построения средней линии профиля, однако отсутствует алгоритм построения спинки и корытца профиля. В ходе работы был выполнен и апробирован алгоритм задания толщины в виде 2 дуг окружности (DCA), 4 дуг окружностей (MCA).

Алгоритм разработанной программы приведен далее. На основе исходных данных (входной и выходной углы, угол установки, длина хорды и положение максимальной толщины) по методике, описанной в отчете [1] рассчитываются координаты точек средней линии. Затем для рассчитанных точек средней линии выполняется расчёт точек спинки и корытца профиля по разработанной методике. Полученные значения экспортируются в файл с расширением ".geomturbo", который используется для создания моделей лопатки в программном пакете NUMECA FINE<sup>TM</sup>/Turbo.

Главной особенностью данной работы является то, что на основе методики расчета, изложенной в документе NASA [1] удалось адаптировать алгоритм расчета средней линии профиля для исходных данных представленных в виде входного, выходного углов, угла установки, хорды, положения максимальной толщины профиля. В программе возможно изменение точки стыка сверхзвуковой и дозвуковой части профиля и как следствие изменение положения точки максимальной толщины.

В результате работы разработана методика расчета, которая позволяет выполнить моделирование лопатки с типами профилей: DCA и MCA как по данным из технических отчётов, так и по данным получаемым после 1D расчета осевого компрессора. Данная методика реализована в виде программы.

В дальнейшем планируется реализовать различные способы распределения толщины и другие средние линии профилей лопаток осевых компрессоров и турбин.

- 1. Seyler, D.R., Smith L.H. Single stage experimental evaluation of high mach number compressor rotor blading. Part 1- Design of rotor blading [Terct]/ Seyler D.R., Smith L.H. Lynn, Massachusetts, Ohio, 1967.-83 c.
- 2. Wright, L. C., Blade Selection for a Modern Axial-Flow Compressor [Текст]/ Wright L.C. NASA Lewis Research Center, 1975. 24 с.

УДК 621.452.3

#### ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕСА СТУПЕНИ ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ЕГО ЛОПАТОК

#### Горячкин Е.С., Кудряшов И.А., Сулейманов А.Р.

e-mail: gdi@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

При разработке конструкции лопатки компрессора необходимо удовлетворить множеству разнообразных требований, которые предъявляются к газодинамическим, прочностным и массовым характеристикам проектируемого изделия [1]. При этом также необходимо учесть технологические и конструктивные ограничения.

Разнообразие этих требований приводит к такой проблеме, что при модификации конструкции лопатки рабочего колеса с целью улучшения одних её характеристик, другие ухудшаются [2]. В данной работе для решения описанной проблемы разработана единая автоматизированная параметризованная многодисциплинарная модель лопатки компрессора, содержащая аэродинамическую и прочностную подмодели.

Разработанная модель позволяет исследовать различные схемы параметризации лопатки для получения оптимальной с точки зрения аэродинамики и прочности конструкции. В ходе работы согласно выбранным критериям и ограничениям выбираются несколько оптимальных схем параметризации.

В качестве объекта оптимизации выбран экспериментальный компрессор NASARotor 37 [3]. Данный компрессор имеет степень повышения давления 2,05 и КПД 0,84 при расходе рабочего тела 20,74 кг/с.

Расчёт газодинамических параметров работы ступени NASA Rotor 37 выполнялся с использованием CFD пакета Numeca Fine/Turbo [4].

Геометрия лопаток компрессора ротора и статора была воссоздана на основе информации, полученной из отчета NASA [3].

Для выполнения сеточного исследования был создан набор расчётных сеток, различающихся количеством и распределением слоев сети по высоте проточной части ступени, а также набор расчётных сеток различающихся количеством элементов в одном слое сети.

Распределение слоев элементов в расчётной сети характеризовалось параметрами:

ER – фактор роста ячеек, показывает во сколько раз высота одного слоя КЭ больше следующего;

MR — максимальная относительная высота ячеек канала, определяется максимальным отношением высоты элемента в канале к высоте первой пристеночной ячейки.

В процессе сеточных исследований значение ER варьировалось от 1,2 до 1,8; значение MR варьировалось от 500 до 2000. Количество элементов в одном слое сетки варьировалось от 1,04 млн. до 3,13 млн.

В качестве граничных условий на входе в ступень задавалось значение полного давления  $p^*=101,325$  кПа и полной температуры  $T^*=288,15$  К. Направление потока на входе в расчетную область было задано осевым. На выходе задавалось значение

статического давления. Значение параметра y+ во всех созданных моделях было обеспечено равным 1. Использовалась модель турбулентности  $k-\varepsilon$  (Low Re Yang-Shih).

Анализируя рассчитанные параметры работы компрессора с использованием разных сеток и экспериментальные данные, было определено, что наилучшая сеть для выполнения оптимизации с параметрами  $ER=1.2,\ MR=500$  и количеством элементов в одном слое сети 1,84 млн.

С использованием программного комплекса Numeca AutoBlade были созданы параметрические модели лопаток рабочего колеса и направляющего аппарата компрессора.

Двухмерное перепрофилирование каждой из лопаток выполнялось в трёх сечениях: втулочном, среднем и периферийном. В каждом сечении лопатки ротора и статора менялась форма средней линии, заданной в виде квадратичного сплайна Безье. Форма сплайна определялась расположением полюсов сплайна, координаты которых рассчитывались NumecaAutoBlade автоматически на основе значений: угла установки  $\gamma$ ; величины хорды лопатки Chord; входного лопаточного угла  $\beta_1$ ; выходного лопаточного угла. Также в каждом сечении рабочей лопатки менялась форма спинки и корытца. Форма спинки и корытца определялась сплайном Безье, построенным по нескольким полюсам. Количество полюсов на спинке и корытце менялось в зависимости от схемы параметризации. Всего было рассмотрено четыре схемы параметризации с количеством полюсов от 5 до 11.

Для каждой схемы параметризации ступени NASARotor 37 задача оптимизации решалась в следующей постановке.

Критерии оптимизации: максимизация КПД ступени; минимизация центробежной нагрузки от лопатки на диск  $F_{u\delta}$ .

В качестве ограничений задавались: расход рабочего тела через ступень не более  $\pm 0.5\%$  от базового значения; степень повышения полного давления в ступени не более  $\pm \pm 0.5\%$  от базового значения; угол выхода потока из ступени не более  $\pm \pm 2,5$  градуса от базового значения; максимальное значение напряжений в лопатке не выше 400 МПа; обеспечение отстройки первых 5-ти собственных частот от опасных резонансов.

Во всех постановках задачи оптимизации удалось получить повышение КПД ступени при выдерживании прочностных ограничений. При этом результаты, полученные в результате решения задачи с 11 полюсами практически идентичны результатам решения задачи с 7 полюсами, что свидетельствует о том, что повышение количества переменных, описывающих спинку и корытце, больше, чем задано в задаче с 7 полюсами, нецелесообразно. Максимальное повышение КПД составило 1,2 % по сравнению с базовым вариантом.

- 1. Кулагин, В.В. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок / В.В. Кулагин. –М.: Машиностроение, 2003.-618 с.
  - 2. Н. Кампсти, Аэродинамика осевых компрессоров, М, Мир, 2000 год, 688с.
- 3. Lonnic Reid, Royce D. Moore. Design and Overall Performance of Four Highly Loaded, High-Speed Inlet Stages for an Advanced High-Pressure-Ratio Core Compressor. NASA Technical Report 1337, 1978
- 4. FINE/Turbo v9.0 Flow Integrated Environment. User Manual. NUMECA International, Belgium, 2013

УДК 620.172.24

#### ОТРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ ПРОВОЛОЧНОЙ ОСНОВЫ МАТЕРИАЛА МР

© Десюкевич К.Ю., Шипунов В.В., Давыдов Д.П.

e-mail: kipdla@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В работе [1] предложена оригинальная методика определения механических свойств проволоки, используемой при изготовлении материала МР (металлический аналог резины). Материал МР представляет собой однородную упругопористую массу, получаемую холодным прессованием определённым способом уложенной, растянутой и дозированной по весу металлической проволочной спирали.

Знание механических свойств позволит изучить процессы навивки и прессования металлорезины на принципиально новом уровне с применением современных средств компьютерного математического моделирования, таких как ANSYS и LS-DYNA. Для реализации данного метода авторами настоящей работы был разработан уникальный датчик [2], на который подана заявка на регистрацию изобретения (рис. 1).



Рис. Оптоэлектронный датчик измерения деформаций проволочной основы материала МР

С целью отработки методики были проведены исследования механических характеристик холоднотянутых проволочных образцов диаметром 0,2 мм из хромоникелевой стали 12X18H10T ГОСТ 18143-72 при одноосном растяжении. Испытания проводились с использованием разрывной машины GaldabiniQuasar 25. Для закрепления указанных образцов в машине были спроектированы зажимы [3], обеспечивающие одноосное напряжённое состояние в проволоке и исключающие

концентрацию напряжений. Регистрация усилия осуществлялась с использованием штатного тензодатчика установки, а регистрация деформации проволочного образца при помощи указанного выше оптоэлектронного датчика [2].

Результатом проведённых экспериментов являются численные значения удлинения проволочных образцов в зависимости от приложенной к ним нагрузки.

По известным геометрическим параметрам поперечного сечения и базовой длины образцов построена зависимость напряжения в проволоке от её деформации (рис. 2).

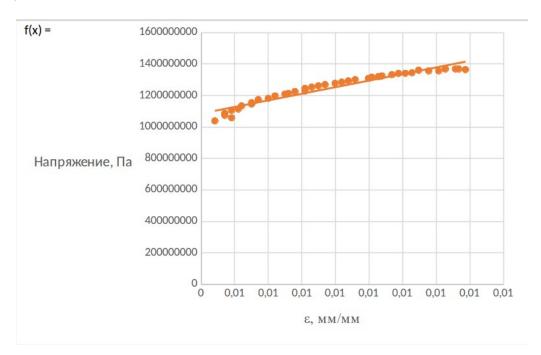


Рис. 2. Диаграмма растяжения проволочного образца из материала 12X18H10T

В процессе обработки экспериментальных данных было установлено, что для образцов из материала 12X18H10T средние значения модуля упругости —  $E=2,003\cdot 10^{11}$  Па, предела прочности  $\sigma B=1368$  МПа, предела текучести  $\sigma 02=1038$  МПа. При этом справочное значение модуля упругости составляет  $1,98\cdot 10^{11}$  Па, а предела прочности 1350 МПа.

Сравнение экспериментальных данных со справочными показало хорошее согласование. Отклонение экспериментальных данных от справочных не превышает 1,12%.

По результатам исследования сделано заключение о корректности предложенной методики определения механических характеристик проволочных образцов при одноосном растяжении.

Полученные значения механических свойств проволоки будут использованы в создании математической модели процесса навивки и прессования. Предварительно материал планируется задавать в виде билинейной модели (Рис.2).

#### Библиографический список

1. Десюкевич, К.Ю., Шипунов, В.В. Разработка методики и датчика измерения деформаций проволочной основы материала МР при испытаниях на разрыв // Г12 Гагаринские чтения — 2018:XLIV Международная молодёжнаянаучная конференция: Сборник тезисов

докладов. Том 3: М.: Моск. авиационный ин-т (национальный исследовательский университет), 2018. 453 с.

- 2. Десюкевич, К.Ю., Шипунов, В.В. Методика измерения деформаций проволочной основы материала МР при испытаниях на разрыв // Молодежь. Техника. Космос: труды X Общероссийской молодежной науч.-техн.конф. Т.1/ Балт. гос. техн. ун-т. СПб.; 2018. 467 с.
- 3. Десюкевич, К.Ю., Шипунов, В.В. Проектирование установки для исследований механических свойств проволочной основы материала МР // Студенческая научно-техническая конференция «Лукачёвские чтения 2017». Самарский университет, 2017. 76с.

УДК 535.282

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗНОСА ШАРИКА ПОДШИПНИКА

#### © Долгих Д.Е., Балякин В.Б.

e-mail: diman121198@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В ряде случаев в процессе работы подшипников качения наблюдается проскальзывание тел качения [1]. Это приводит к износу тел качения в процессе работы и увеличению радиального зазора в подшипнике [2].

Для оценки износа тел качения в процессе проскальзывания была разработана методика испытаний шариков подшипника качения с использованием трибометра швейцарской фирмы СЅМ. После испытаний измеряется диаметр площадки износа шарика на электронном и инструментальном микроскопе. При известном диаметре следа износа можно определить объём изношенного сегмента шара. Путём деления объёма стёртого материала на пройденный шариком путь, вычисляется коэффициент изнашивания, соответствующий определённому контактному напряжению.

По рассчитанным данным строятся графики зависимости коэффициента интенсивности изнашивания от контактного напряжения. График, представленный на рисунке, для стали ШХ15Ш был аппроксимирован нелинейной зависимостью.

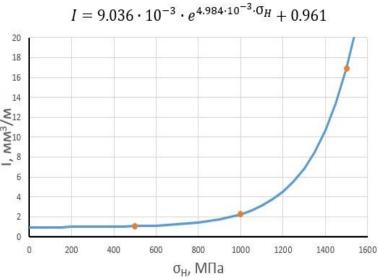


Рис. График зависимости коэффициента интенсивности изнашивания от контактных напряжений

В процессе работы шарик совершает сложное движение вращения, верчения и скольжения. Если предположить, что шарик имеет одинаковые скорости вращения и верчения, то износ шарика за счёт скольжения будет равномерным. Таким образом, зная коэффициент изнашивания данного материала при заданных условиях работы, можно определить изменение диаметра шарика за определённый период работы.

- 1. Подшипники качения: Справочник-каталог/ Л.В.Черневский, Р.В. Коросташевский, Б.А. Яхин и др.: Под ред. Л.В.Черневского и Р.В. Коросташевского.- М.: Машиностроение, 1997.-896c.
- 2. Силаев Б.М., Даниленко П.А. Метод расчёта высокоскоростной опоры качения двигателей летательных аппаратов с учётом изнашивания // Трение и износ. -2015. -том.36, №4. С.453- 460.

УДК 621.452.32

#### ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ РАБОТЫ ВОЗДУШНОГО ТУРБОСТАРТЕРА И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

#### © Зубанов В.М., Новикова Ю.Д., Ростовцев Д.И.

e-mail: y.d.novikova@gmail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Процесс запуска ГТД начинается с раскрутки ротора, путем подвода механической энергии, а также подачи и розжига топлива в камере сгорания. Система подвода механической энергии, состоит из вспомогательной силовой установки (ВСУ), системы патрубков для подвода рабочего тела и воздушного турбостартера (ТСВ), жестко связанного валом с ротором двигателя.

Так как BCУ и TCB это лопаточные машины, необходимо учесть, что у каждой из них есть свои характеристики. Но работа TCB зависит от параметров на выходе из BCУ, поэтому их работа должна быть согласованна. В данной работе описан алгоритм согласования работы BCУ и TCB.

Параметры на выходе из ВСУ были получены путем учета: потерь расхода воздуха (до 6%), полного давления  $(0,8\frac{\hat{e}\tilde{a}}{\tilde{n}\hat{i}^{2}})$  и полной температуры (60 K).

Далее характеристики ВСУ и ТСВ были сопоставлены на одном графике (см. рис.). Из рисунка 4 видно, что характеристики ВСУ и ТСВ имеют точки пересечения. Однако, можно заметить, что при температурах наружного воздуха  $t_{H2}$  и  $t_{H3}$  точек пересечения нет, это означает, что при этих условиях совместная работа ВСУ и ТСВ невозможна. Координаты точек пересечения соответствуют значениям параметров  $K_G$  и  $\pi_{\text{ТСВ}}$ , описывающим совместную работу ВСУ и ТСВ.

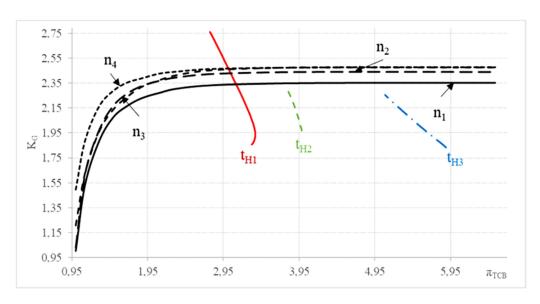


Рис. Характеристики ВСУ и ТСВ

В результате проведенного исследования графическим методом были получены параметры  $K_G$  и  $\pi_{\text{TCB}}$ , при которых ВСУ и ТСВ будут работать согласованно. При

анализе рисунка было выявлено, что совместная работа ТСВ и ВСУ обеспечивается не при всех значениях температуры наружного воздуха. А, следовательно, запуск двигателя при пониженных температурах будет невозможен. Для согласования совместной работы ТСВ и ВСУ при иных температурах наружного воздуха необходимо обеспечить регулированием работы ВСУ, например, за счет регулируемого ВНА.

- 1. Иноземцев, А.А. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учеб. / А.А. Иноземцев, М.А. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. М.: Машиностроение, 2008. T.2. 368 с.
- 2. Кулагин, В.В. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник /В.В. Кулагин. М.: Машиностроение, 2002. 616 с.

УДК 621.454

#### ПРИМЕНЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ В РЕАКТОРАХ ИДЕАЛЬНОГО СМЕШЕНИЯ

#### © Игтисамов Р.Р., Крюков В.Г.

e-mail Igtisamovr@yandex.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г.Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

Известно, что в высокотемпературных агрегатах наблюдается и зачастую используется пульсационное горение. Исследованию этого типа горения посвящено множество работ, относящихся, к колебаниям: в камерах сгорания двигателей [1], в котлах пульсирующего горения, в установках по бездымному сжиганию твердых промышленных отходов [2, 3] и др. В этих работах процесс горения рассматривался как источник механической или тепловой энергии, который под воздействием колебаний газа приобретает периодическую составляющую.

Однако, процесс горения может обладать собственной неустойчивостью, например неустойчивость фронта пламени [4] или кинетическая неустойчивость химических реакций при взаимодействии топлива с окислителем. В работе [5] предлагается «аналитическая модель» расчета неустойчивого (в том числе и пульсационного горения) в реакторе идеального смешения (РИС), а реагирующая среда описывается всего 2-мя последовательными реакциями. Но для реальных реагирующих систем, описываемых сложными механизмами, зоны пульсационного горения теоретически можно выявить только численными исследованиями на базе инвариантных программ расчета горения [6].

Этот прием применен здесь для выявления пульсирующих режимов горения в РИС для реагирующей системы «СН<sub>4</sub> + воздух». Расчеты выполнялись около линии «затухания» и было выявлено несколько таких режимов. Ниже даны описание и анализ одного из них при следующих величинах коэффициента избытка окислителя, времени пребывания и давления:  $\alpha_{ax}=0.66$ ;  $\tau_{\rm np}=163~\mu s$ ;  $P=16~{\rm atm}$ . Показатель подвода тепла ( $Q_s$ ) на единицу массы входного потока реагентов  $Q_s=153{\rm kJ/kg}$  выбирался так, чтобы химически равновесная температура $T_{eq}$  (т.е. температура в реакторе при  $\tau_{np}\to\infty$ ) достигла значения  $T_{eq}=2050{\rm °K}$ . Реагенты входят в реактор с параметрами:  $T_{in}=298~{\rm °K}$ ;  $r_{CH_4}=0.1361$ ;  $r_{O_2}=0.1814$ ;  $r_{N_2}=0.6825$ . Механизм реакций, заимствованный, из работы [7], включает 47 реакций и 28 веществ. Начальные состав реагирующей смеси и температура в реакторе задавались химически равновесными при  $T_{eq}=2050{\rm K}$  а затем по мере протекания в нем процессов горения, характеристики продуктов сгорания приближались к стационарным значениям. В этом расчете был получен автоколебательный установившийся режим с периодом колебаний  $\tau_{ps}=68~\mu s$ .

При сохранении параметров  $\alpha_{ox}$  и P и изменении времени пребывания  $\tau_{np}$  режим горения может изменяться. На рисунке показано изменение температуры в реакторе  $T_g$  при различных  $\tau_{np}$  .

Как видно из представленных изменений температур:

- при  $\tau_{np} = 150$   $\mu s$  горение после нескольких осцилляций прекращается;
- пульсационный режим при  $\tau_{np}=163~\mu s$  попадает уже в область горения (дублирует приведенный пример);

- при увеличении времени пребывания до  $\tau_{np} = 200~\mu\,s$  (т.е. при перемещении точки горения в реакторе от линии затухания вглубь зоны горения) также устанавливаются пульсации, но значительно меньшей амплитуды;
- при  $\tau_{\it np}$  = 300  $\mu \it s$  после окончания этапа установления процесс горения протекает без пульсаций.

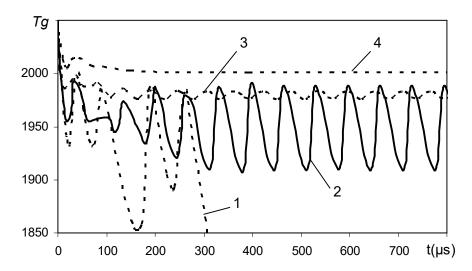


Рис. Характер режимов горения в РИС топлива «СН4 + воздух» при  $\alpha_{ox} = 0.66$  P = 16 atm. и различных временах пребывания:  $I - (\tau_{np} = 150 \ \mu s); \ 2 - (\tau_{np} = 163 \ \mu s); \ 3 - (\tau_{np} = 200 \ \mu s); \ 4 - (\tau_{np} = 300 \ \mu s)$ 

- 1. Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1989, 464с.
- 2. Павлов Г.И., Кочергин А.В., Ситников О.Р. и др. Переработка изношенных шин и резинотехнических изделий в инертную крошку при использовании установок пульсирующего горения // Вестник казанского технологического университета», №19, 2011, стр.174-179
- 3. С.Е. Филипов, В.М. Ларионов, Д.В. Рукавишников. Механизмы возбуждения и теоретическая модель вибрационного горения твердого топлива в трубе.Проблемы энергетики, 2006, №, стр. 20-28
- 4. Раушенбах Б.В. Вибрационное горение М. Государственное издательство физикоматематической литературы, 1961.-500 с.
- 5. Андрианова,3.С.,. Деюн Е.В, Самойленко Н. Г.,. Кустова Л.В. Автоколебания в проточном реакторе идеального смешения с двухстадийной последовательной реакцией, Химическая физика, 2009, Т. 28, № 7, стр. 87.
- 6. Naumov V.I., Krioukov V.G., Abdullin A.L. Chemical Kinetics Software System for the Propulsion and Power Engineering. Proceedings of 41-st-Aerospace Sciences Meeting and Exhibit., USA, 2003, v.1, 12pp.
- 7. Glarborg P., Miller J.A., Kee R.J. Kinetic modeling and sensitivity analysis of nitrogen oxide formation in well-stirred reactors. combustion and flame, 1986, Vol.65, PP.177-202.

УДК 621.45.01

#### ОБЗОР ЗАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ ГТД СТ

© Колмакова Д.А., Гильманова А.Н., Поветкин И.С.

e-mail: daria.kolmakova@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Важнейшим этапом жизненного цикла газотурбинных двигателей являются их испытания, которые проходят все серийные и опытные двигатели. В экспериментальных стендах ТВаД для утилизации двигателя и измерения его мощности используются загрузочные устройства [1]. Существует несколько типов загрузочных устройств: электрические, пневматические и гидравлические.

Гидравлическое тормозное устройство, или гидротормоз, превращает механическую энергию вращения турбины в тепло, которое передается воде и рассеивается в воздухе, то есть полезно не используется, из-за чего у гидротормоза нет такого показателя как КПД. Основными его характеристиками являются минимальная скорость вращения и максимальная тормозная (эффективная) мощность [2]. Высокая точность гидротормоза (погрешность менее 0,5%) и большой диапазон регулирования мощности (3-20 МВт) делает его наиболее применяемым загрузочным [2]. Но его использование не самое рациональное, так как требует большого количества воды, проходящей через устройство ежеминутно.

Пневматическое тормозное устройство (или пневмотормоз) — это воздушный компрессор, который утилизирует мощность ГТД, сжимая газ. Механическая энергия, получаемая компрессором, переходит в потенциальную и кинетическую энергию газа за счет взаимодействия потока газа с лопатками [3]. Пневмотормоз работает на большом диапазоне мощности (3-35 МВт) и легко регулируется с помощью редуктора, который уменьшает обороты и, следовательно, давление газа [3]. Недостатком этого загрузочного устройства является сложность и высокая стоимость разработки.

Электрическое тормозное устройство представляет собой генератор, вырабатывающий электроэнергию при заборе мощности испытуемого двигателя. Принцип действия основан на явлении ЭМИ, создающееся во вращающемся ротореэлектромагните при прохождении по его обмотке постоянного тока. Удобен в использовании из-за простоты регулирования количества оборотов и скорости, но его частота ограничена 3000 об/мин [4]. Также проблема стоит в утилизации выработанной электроэнергии: ее нельзя применить в общей сети из-за высоких требований к частоте и напряжению, аккумулировать дорого, единственный выход — гашение на сопротивлениях (см. рис.).

Проанализировав патенты и испытательные стенды двигателестроительных предприятий, был сделан вывод, что гидравлическое тормозное устройство используется для испытаний менее мощных двигателей. Пневматическое — для испытаний мощных двигателей, а также на производствах, где хорошо развит выпуск и ремонт компрессоров. Электрическое тормозное устройство мало распространено в испытаниях ГТД, т.к. оно сильно ограничено по количеству оборотов, а новые разработки еще не внедрены на производства.

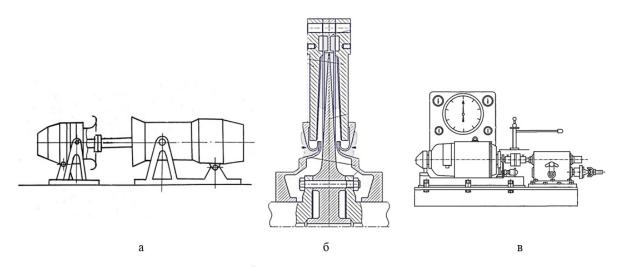


Рис. Загрузочные устройства а – пневматическое, б – гидравлическое, в – электрическое

- 1. Испытания воздушно-реактивных двигателей/ А.Я.Черкез, И.И.Онищик, В.А.Овсянников, Е.М.Таран, В.Б.Рутовский. М.: Машиностроение, 1992.
- 2. Двигатель/ А.Головащенко, В.Спицын, А.Боцула, С.Косе // «Осьминог» или о роли тормоза в процессе турбиностроения. -2004. №4 (32). С. 16-54.
- 3. Способ испытания газотурбинного двигателя и устройство для его осуществления: пат.2318195 Рос.Федерация: МПК G01M 15/14 /М.В.Коротов, заявитель и патентообладатель ОАО Самарский научно-технический комплекс им.Н.Д.Кузнецова. -№2001127609/06; заявл. 10.10.01; опубл. 20.06.03, Бюл.№6. -9 с.: ил
- 4. Стенд для испытаний газотурбинных двигателей: пат.2623625 Рос.Федерация: МПК G01M 15/14 / Матюхин Н.Ф., Зайцев В.М., Тур В.В., Потапов А.Ю., Кужель О.С., Могильда А.П. заявитель и патентообладатель АО "НПЦ газотурбостроения "Салют" №201612874; заявл. 14.07.16; опубл. 28.06.2017

УДК 621.438

# РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВО ВХОДНОЙ ШАХТЕ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

© Колмакова Д.А., Акунец М.В., Бузин В.М.

e-mail: daria.kolmakova@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В представленной работе проводится численное исследование течения воздуха через входную шахту газотурбинного двигателя, используемого в качестве привода газоперекачивающего агрегата, состоящей из погодного козырька, блока фильтров с двухступенчатыми кассетными фильтрами Folter с классом очистки G4/F8, вертикальной шахты и трубопроводов противообледенительной системы.

Численное моделирование было выполнено с помощью программного комплекса Ansys CFX. Расчетная модель учитывала полную трехмерную геометрию шахты. В расчетной модели все фильтры считались равномерно загрязненными. Величина падения давления на фильтрах была принята равной максимальной по данным изготовителя. Таким образом моделировалась работа шахты при предельном уровне загрязнения фильтров.

Исследовалась структура течения и уровень потерь во входной шахте в безветренную погоду, а также при наличии ветра скоростью от 0 до 35м/с пяти различных направлений. Также рассматривались различные варианты конструктивного исполнения блока фильтров, погодного козырька и вертикального канала.

В результате было показано, что потери давления во входной шахте в безветренную погоду не превышают 750 Па. Основные потери во входной шахте имеют место при повороте потока на вход в двигатель (в среднем 150 Па) и в блоке фильтров (непосредственно на фильтрующих элементах (450 Па)). Потери, не связанные с фильтрами, в блоке фильтров составляют приблизительно 70 Па). Вертикальный канал обладает высокой степенью совершенства. Потери в нем составляют приблизительно 40 Па (в каждом) и мало не меняются при рассмотренных изменениях конструкции и изменении направления и силы ветра. Также было обнаружено, что часть фильтров имеют малый расход рабочего тела или выпускают его обратно.

При наличии ветра до 15 м/с интегральные величины потерь мало меняются относительно безветренной погоды, но при дальнейшем увеличении скорости ветра – растут лавинообразно. С увеличением скорости ветра основное увеличение потерь имеет место при входе в погодный козырек и фильтры (до 500 раз при скорости 35 м/с), а также при повороте потока (до 70%). Наибольшие потери полного давления имеют место при боковых ветрах (45...135°). При этих же ветрах, наибольшее число фильтров исключается из работы.

Опираясь на полученные результаты, был предложен вариант исполнения входной шахты, который обеспечивает получение уровня гидравлических потерь на 10% ниже, чем у исходного варианта. В частности, упрощена форма блока фильтров, во входном сечении были установлены перегородки, упорядочивающие поток, на входе в погодный козырек установлена «юбка», уменьшающая отрывы на входе, разработана новая двухступенчатая противообледенительная система.

УДК 621.454.2

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕРЫ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

© Максимов А.Д., Чубенко Т.А., Зубанов В.М.

e-mail: asddsa2014@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Характеристики жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) — это зависимости его выходных параметров от внешних и внутренних, определяющих работу двигателя. К выходным параметрам ЖРД относятся тяга, удельный импульс тяги и другие. К внешним параметрам — давление и температура компонентов топлива на входе в двигатель, их плотность, давление, температура и влажность окружающей среды, температура конструкции, положение регулирующих органов.

Внутренними параметрами ЖРД являются давление в камере сгорания, массовые расходы, соотношение компонентов топлива и другие параметры внутрикамерных процессов, отклонение размеров и формы гидравлических трактов агрегатов и трубопроводов от проектных, точность изготовления элементов двигателя, чистота обработки поверхностей деталей и т.д. [1]

Наиболее существенное влияние на тягу и удельный импульс тяги ЖРД оказывают следующие параметры:

- давление в камере сгорания;
- соотношение компонентов топлива;
- давление окружающей среды.

В данной статье были рассмотрены три, представляющие наибольший практический интерес, характеристики для камер двигателей, работающих на жидком кислороде и жидком водороде, и на жидком кислороде и керосине:

- по составу топлива (изменения соотношения компонентов);
- дроссельная (изменение давления в камере сгорания);
- высотная (изменение давления окружающей среды).

Двигатели имели следующие параметры:

- тяга 1760 кН;
- давление в камере сгорания 14,6 МПа;
- номер ступени -2;
- относительная расходонапряжённость  $1,55 \cdot 10^{-4} \, \text{кг/H} \cdot \text{c}$ ;

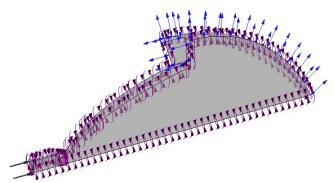
Для проведения исследования в программе NX 7.5 была создана геометрия расчётной области. Сетка конечных элементов была создана с помощью программы ANSYSMeshing и имела следующие параметры:

- использовалась 30 град. секторная модель;
- количество элементов 1500000;
- параметр скошенности (Skewness) 0.98;

Расчётная модель (рис. 1) создаваласьпутём наложения граничных условий:

- массовый расход на входе;
- статическое давление на выходе;
- полная температура на входе 3700 К;
- полная температура на выходе 300 К;

- модель теплопередачи TotalEnergy;
- процессы абсолютно установившиеся (моделирование проводилось в стационарной постановке);
  - модель турбулентности k- $\varepsilon$ ;
  - интенсивность турбулентности на входе 5%.



Puc. 1. CFD-модель камеры

Сходимость решения оценивалась по математическим и интегральным параметрам, которые были постоянны для установившегося решения.

В результате исследования были получены зависимости тяги и удельного импульса тяги от давления окружающей среды (рис. 2), от соотношения компонентов и от давления в камере сгорания.

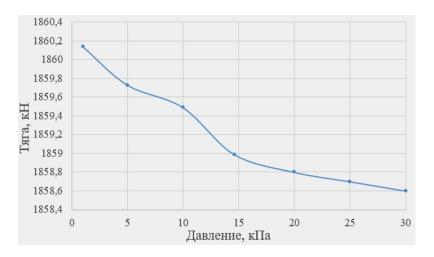


Рис. 2. График зависимости тяги от давления окружающей среды

- 1. Алемасов, В.Е. Теория ракетных двигателей [Текст]: учеб. для студентов втузов / В.Е. Алемасов, А.Ф. Дрегалин, А.П. Тишин; под ред. В.П. Глушко.— М.: Машиностроение, 1989.— 464 с.
- 2. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей [Текст]: учеб. для авиац. спец. вузов. В 2 кн. / А.П. Васильев, В.М. Кудрявцев, В.А. Кузнецов [и др.]; под ред. В.М. Кудрявцева. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк, 1993.
- 3. Ракетные двигатели [Текст] / Т.М. Мелькумов, Н.И. Мелик-Пашаев, П.Г. Чистяков [и др.].— М.: Машиностроение, 1976. 399 с.
- 4. Егорычев, В.С. Термодинамический расчет и проектирование камер ЖРД с СПК TERRA: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013.-108 с.: ил.

УДК 621.454.2

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ПАРЫ «ВОДОРОД – КИСЛОРОД» ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА В КАМЕРЕ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

© Максимов А.Д., Чубенко Т.А., Зубанов В.М.

e-mail: asddsa2014@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

При проектировании жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) необходимо иметь подробные сведения о: газодинамических параметрах в проточной части, предопределяющих совершенство рабочих процессов, энергетических характеристиках, состоянии конструкции. Не так давно, задачи по нахождению этих параметров, в основном, решались экспериментальным методом.

Существенно уменьшить время определения характеристик ЖРД позволяет моделирование рабочих процессов с помощью вычислительной гидрогазодинамики.

Процессы горения, протекающие в камере, особенно важны, поэтому их следует учитывать при определении параметров камеры. На процесс горения влияет большое количество факторов, сильно усложняющих его описание и расчет.

Целью данной работы является выбор наиболее адекватной модели горения «кислород-водород» для моделирования рабочих процессов в камере ЖРД.

В качестве предмета исследования был выбран двигатель с тягой 1760 кН и давлением в камере сгорания 14,6 МПа, спроектированный по методике [1].

Геометрия камеры была построена в программе NX 8.5, её сеточная модель создана в программе ANSYSMeshing. Для повышения качества расчёта проводились следующие мероприятия: была использована 30 градусная секторная модель, создавались выходная область и пристенок, в пристеночном слое сетка измельчалась по наружной поверхности, в критическом сечении и в переходе от ядра к пристенку. Сеточная модель состояла из 880 тысяч элементов (см. рис.).

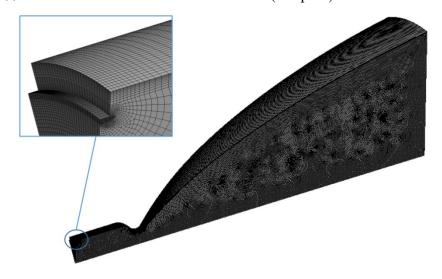


Рис. Сеточная модель камеры

Для расчёта указывались граничные зоны, где задавались массовые доли веществ, соотношение компонентов в ядре и пристенке, давление в камере сгорания и на срезе сопла.

Было проведено исследование нескольких моделей горения, результаты которого приведены в таблице:

- 1) Замороженное течение, в котором в качестве рабочего тело использовались продукты сгорания, компонентный состав которых был определён с помощью термодинамического расчёта в программе TERRA [2].
- 2) Модель горения тонкого фронта пламени Flamelet из стандартной библиотеки ANSYSCFX [3].
  - 3) Система реакций [4] с моделью горения Eddy Dissipation.

Параметр		Модель горения				
		Замороженное течение [2]	Flamelet [3]	Система реакций [4]	TERRA [1]	
T, K		oc	3628	3361	4555	3702
		*	3306	3323	4185	3518
		a	1092	1067	1584	1780
р, МПа		oc	13,8	12,36	14,88	14,6
		*	8,13	7,213	8,811	8,46
		a	0,0147	0,0133	0,0168	0,0146
Массовые доли		oc	0,8253	0,493	0,9925	0,8253
	H2O	*	0,8263	0,494	0,9925	0,8456
		a	0,8264	0,4939	0,9925	0,9982
I уд, м/с			3885	3405	4301	4460
Р, кН			1673	1477	1845	1763

Таблица. Результаты моделирования

В результате выявлено, что адекватные результаты, близкие к экспериментальным, даёт система реакций горения топлива «кислород-водород» [4], но при этом получены завышенные значения температуры.

- 1. Егорычев, В.С. Термодинамический расчет и проектирование камер ЖРД с СПК TERRA: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013.-108 с.: ил.
- 2. Трусов, Б.Г. Программная система ТЕРРА для моделирования фазовых и химических равновесий при высоких температурах // III Международный симпозиум «Горение и плазмохимия». 24 26 августа 2005. Алматы, Казахстан. Алматы: Казакуниверситеті, 2005. С. 52-57.
- 3. Zubanov V. M., Egorychev V. S., Shabliy L. S. Design of Rocket Engine for Space craft Using CFD-Modeling // 2015. Vol. 104. P. 29-35
- 4. Моделирование внутрикамерного рабочего процесса РДМТ на газообразных кислороде и водороде в ANSYSCFX: учеб. пособие В.С. Егорычев, Л.С. Шаблий, В.М. Зубанов Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2014.-135 с.: ил.

УДК 629.78

# ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ПРОБЕГА ДО ОТРЫВА НА ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА АВИАЦИОННОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

© Матвеев А.А., Филинов Е.П.

e-mail: vut.13@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Проектирование самолета является очень сложным и дорогостоящим процессом, включающим в себя в том числе проектирование и создание силовой установки. Перечень летно-технических параметров и характеристик самолета определяется его назначением. Так, для пассажирских и транспортных самолетов при задании летнотехнических характеристик необходимо указать основные параметры крейсерского режима - крейсерскую скорость и высоту полета, а также взлетно-посадочные характеристики – посадочная скорость, длина разбега. В зависимости от габаритных характеристик самолета, его массы и тяговооруженности и пр. он имеет соответствующие значения длины разбега И пробега. Взлетно-посадочные характеристики напрямую зависят от параметров согласования самолета и двигателя (удельная нагрузка на крыло и относительный размер силовой установки). Согласованность проектирования планера и силовой установки напрямую влияет на безопасность конечного продукта, поэтому уже на начальном этапе проектирования двигателя к нему предъявляются требования при взлете и посадке. К этим требования относится потребная длина взлетно-посадочной полосы (ВПП).

В современных реалиях проектирование силовой установки в системе двигателя осуществляется на основе выбора предполагаемых характеристик летательного аппарата и нахождения зависимости от параметров рабочего процесса. Затем устанавливается допустимая степень отклонения от выбранных критериев и определяется граница области компромиссов, на которые затем накладываются ограничения. От экономических критериев (они являются самыми важными) осуществляется переход к массовым критериям, от них к летно-техническим [2]. Целью данной работы является определение степени влияния использования в качестве параметров оптимизации на этапе концептуального проектирования двигателя длины потребной ВПП и экономичности будущего ЛА (планируется исследование влияния на внешний вид, удельную массу и т.д.). Экономический параметр (потребное количество топлива на перевоз одного пассажира или же одной тонны коммерческого груза) вводится для получения наибольшей эффективности на крейсерском участке полета. В данном случае планируется одновременная оптимизация по двум переменным и наивыгоднейшего соотношения  $\mathcal{C}_{\text{т/км}}$  и потребной  $\mathcal{L}_{\text{ВПП}}$ .

Еще при обозначении концепции самого самолета определяются область его применения и основные технические характеристики, на основании которых вычисляется тяга двигателей, необходимая для выполнения взлета самолета на взлетном участке за определенный промежуток времени. Взлетный участок включает в себя длину разбега и длину участка, на котором самолет в процессе разгона набирает безопасную высоту. При концептуальном проектировании двигателя для нового самолета длину взлетного участка можно использовать для оценки параметров

будущей силовой установки и приблизительного их вычисления. Так, знание потребной длины ВПП позволяет получить на самых первых этапах проектирования значение тяговооруженности двигателя и сравнить их с первоначальными значениями для уточнения тяги самолета.

Расчет тяговооруженности двигателя, исходя из необходимой длины разбега и пробега, проводится с определенным запасом. При взлете самолета рассчитывается расстояние, необходимое для дополнительного разгона при одном из отказавших двигателей. При достижении самолетом критической скорости (скорость принятия решения) и одновременном отказе одного из двигателей пилот, в зависимости от скорости самолета, должен либо прервать, либо продолжить взлет [1]. Приведенный фактор влияет на потребную длину ВПП и учитывается при проектировании силовой установки.

Длина ВПП, необходимая для взлета и посадки самолета, зависит от массовых и летных характеристик самолета, однако производители стремятся уменьшить длину разбега по экономическим причинам. Класс ВПП определяет ее минимальную длину и максимально возможную нагрузку на ее поверхность; взлетно-посадочные характеристики самолета и соответствие их классу ВПП определяет возможность принятия его на данную ВПП. Чем меньше потребная длина ВПП, тем в большее количество мест данный самолет сможет выполнять рейсы, что повысит его универсальность и экономическую выгоду от его проектирования и его создания.

Выбор соотношения между переменными  $C_{\text{т/км}}$  и  $L_{\text{ВПП}}$  дает примерное представление об облике будущего ЛА и цели его создания. Если необходимо спроектировать самолет для эксплуатации его в горных районах, где длинна ВПП ограничена ландшафтом, что задает жесткие ограничения на потребную ВПП и время взлета, то  $L_{\text{ВПП}}$  принимается за константу и расчет проводится относительно нее, или же есть необходимость создать транспортный самолет для перевозки тяжелых грузов (военная техника и прочее), то ограничения уже накладываются на вторую величину.

В качестве результатов данной работы рассматривается выяснение зависимости между экономическими и взлетно-техническими параметрами самолета и выявление влияния их на характеристики самолета и его внешний вид. Планируется так же выяснить влияние ввода дополнительной целевой функции при проектировании ГТД и сравнить результаты с классической оптимизацией по параметрам рабочего процесса.

- 1. Югов, О.К. Основы интеграции двигателя и самолета // О.К. Югов, О.Д. Селиванов. М.: Машиностроение, 1989. С. 145-155.
- 2. А.Н. Белоусов, С.К. Бочкарев, В А. Григорьев [и др.] Основы теории, расчета и проектирования воздушно-реактивных двигателей // СГАУ им. акад. С.П. Королёва (СНИУ). М.: Машиностроение,  $2011.-C.\ 143-151.$

УДК 620.171.5

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ В ДЕТАЛЯХ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ

#### © Нагурный И.О., Лежин Д.С.

e-mail: ivanronaldo94@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика СП. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Задача определения полей распределения деформаций в деталях при проектировании и доводке изделий является актуальной при исследовании узлов в сборе, а также при реализации сложных видов нагружения и закрепления деталей, исследовании деталей сложных форм с концентраторами напряжений, т.е. в тех случаях, когда тензометрирование (даже большим количеством датчиков) не может дать полного представления о состоянии детали. Результаты экспериментально полученных полей распределения деформаций широко используются для верификации расчетных конечноэлементных методов и экспериментального подтверждения решения тестовых задач. При этом проверяется правильность выбора элементов, качество сетки, корректность задания граничных условий. По результатам экспериментального исследования для сложных деталей и условий нагружения может быть скорректирована расчетная модель.

Известны различные способы экспериментального определения полей деформаций в деталях и конструкциях [1]: оптико-механические, поляризационно-оптические, методы делительных сеток, методы муаровых полос, методы голографической интерференции, методы спекл — интерферометрии.

В данной работе для экспериментального получения полей деформаций использован поляризационно — оптический метод с использованием отражающих оптически чувствительных покрытий. По сравнению с другими он обладает относительной простотой и компактностью применяемой аппаратуры, что обеспечивает мобильность испытаний. Вместе с тем, он обеспечивает наглядность получаемых картин деформаций и позволяет изучать деформации анизотропных тел, деформации в микрообластях, проводить оценку температурных деформаций и напряжений конструкций, работающих при сложных условиях нагружения.

Целью данной работы является освоение оборудования для поляризационно – оптического анализа деформаций, накопление опыта работы с этим оборудованием, получение навыков по подготовке изделий к исследованию и их препарированию и анализ полученных результатов.

Анализ полей деформаций проводится отражательным полярископом LF/Z-2, выпускаемым подразделением Micro-Measurements компании Vishay Precision Group. Использование отражения позволяет проводить исследование реальных деталей, а не модельных образцов, выполненных из оптически прозрачных материалов. В то же время, это усложняет подготовку и препарирование детали пленкой и отражающим покрытием.

Для выполнения поставленной цели было изготовлено несколько тестовых образцов: пластины, пластины с концентраторами в виде отверстий и выточек, пластины с утолщениями на концах, моделирующими соединение пера лопатки газотурбинного двигателя с замковой частью. На этих образцах отрабатывалась

технология закрепления отражающего полимерного покрытия. Проведена серия нагружений образцов увеличивающимися нагрузками с фиксацией результатов полярископом.

В качестве первых объектов исследования выбраны модельные образцы простой формы, на которых реализованы простые способы нагружения — растяжение, сжатие, изгиб, дающие возможность расчета деформаций точными методами. На этих образцах отрабатывался опыт нанесения покрытия на детали, проводились наблюдения за этим покрытием при нагружении, анализировались ошибки, допущенные в ходе технологического процесса препарирования и особенности покрытий. Также, нарабатывался опыт обработки результатов. Полученные результаты легко предсказываются результатами расчетов.

Впоследствии проведены исследования образца с концентраторами напряжений в виде отверстий и выточек. В настоящее время отрабатывается технология нанесения покрытия на модельную лопатку с целью исследования деформаций в пере и зоне перехода от пера к замку. Ранее, с участием автора проводились экспериментальные исследования этой модельной лопатки с использованием тензометрирования для верификации расчетных данных в отдельных точках пера и были получены хорошие результаты [2]

Помимо расчета образцов точными методами, проведено моделирование и расчет их в конечноэлементном пакете ANSYS.

В докладе представлены результаты этих экспериментальных исследований и сравнение значений деформаций и картин их распределения, полученные экспериментальным и расчетным методами.

- 1. Мартыненко А. В. Применение экспериментальных голографических методов при исследовании элементов гидрообъемных передач / А. В. Мартыненко // Вестник Нац. техн. унта "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Машиноведение и САПР. Харьков : НТУ "ХПИ", 2006. № 3. С. 117-132.
- 2. Гаршин Е.А., Нагурный И.О., Давыдов Д.П. и др. Расчётно-экспериментальная оценка несущей способности рабочей лопатки осевой турбомашины // Проблемы и перспективы развития двигателестроения. 2018. С. 268

УДК621.438

## МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА ТУРБИННЫХ РЕШЕТОК ГТД

#### © Никольская А.Д., Белова С.Е.

e-mail: despair849@gmail.com

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Повышение эффективности газотурбинных двигателей (ГТД) идет по пути роста температуры и давления рабочего тела. Рост температуры вызывает необходимость применять все более эффективные системы охлаждения, а высокая газодинамическая нагруженность ступеней турбины способствует расширению зоны вторичных течений в лопаточных венцах — в результате растут потери, связанные со смешением и взаимодействием вторичных вихрей с охладителем.

В последние годы для повышения газодинамической эффективности лопаточных венцов охлаждаемых турбин применяют лопатки со ступенчатой выходной кромкой. Такое конструктивное решение лопаток помогает снизить кромочные потери в турбинной решетке за счет уменьшения диссипации энергии в процессе внезапного расширения потока, имеющей место при обтекании выходной кромки [1].

Применительно к охлаждаемым лопаткам возникает необходимость оптимизации размеров выходной кромки с учетом влияния выдува охладителя.

В работе [2] проанализированы известные исследования и сделан вывод, что оптимальное значение отношения длины выступа 1 к диаметру выходной кромки  $d_{\text{вых}}$  физически определяется не степенью выравнивания потока за ступенькой внезапного расширения, а интенсивностью возвратного течения во впадине канала, поскольку согласно известным экспериментальным данным процесс заполнения впадины заканчивается на значительном расстоянии от ступеньки (более  $10 \ d_{\text{вых}}$ ), а возвратная струйка может сформироваться на расстоянии на порядок меньшим указанного.

Дальнейшее развитие применения ступенчатой кромки можно найти в экстремальном её утончении при выдуве охладителя в ряды перфораций, расположенные на корытце на определенном расстоянии от выходной кромки.

Известно, что уровень потерь определяется величиной аэродинамической кромки. Согласно исследованиям, описанным в работе [2], эффективность решетки растет с ростом вылета ступени. Этот же результат получен и автором при экспериментальном исследовании решеток с четырьмя вариантами геометрии выходной кромки. Поэтому, вызывает интерес случай с экстремально тонкой кромкой — т.е. при максимальном увеличении вылета ступени, снижении его ширины и перенесении таким образом мест выдува по корытцу вверх по потоку.

- 1. Тихомирова Н.В. «Некоторые вопросы аэродинамической оптимизации ступенчатой выходной кромки турбинной лопатки».// XXX Гагаринские чтения: тез. Докл. Международной молодёжной научной конференции: в 5 ч.- М.: Изд-ва МАТИ, 2004. ч.4 С. 84-85.
- 2. Вятков В. В. и др. Разработка конструктивных мероприятий, обеспечивающих снижение вторичных потерь в венцах газовой турбины / В. В. Вятков, С. А. Ковалев, Д. В. Карелин, Т. В. Томилина // Омский научный вестник. 2012. №2 (110). С. 157-161.

УДК 629.7.02

### ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ РАБОТЫ ТУРБОВАЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ И КОМПРЕССОРА ПНЕВМОТОРМОЗНОГО УСТРОЙСТВА

© Новикова Ю.Д., Поветкин И.С., Гильманова А.Н.

e-mail: y.d.novikova@gmail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Среди всех типов газотурбинных двигателей (ГТД) особое место занимают турбовальные двигатели (ТВаД) – тепловые машины, в которых большая часть полезной тепловой энергии преобразуется на свободной турбине в механическую работу и отводится потребителю мощности (воздушный винт, электрогенератор и т.д.). ТВаД широко применяются в качестве силовых установок вертолётов, речных и морских судов, для наземного транспорта, на компрессорных газоперекачивающих станциях магистральных газопроводов, в пиковых тепловых электростанциях, а также в качестве вспомогательных силовых установок (ВСУ). Последние применяются на современных самолетах и вертолетах для пуска основных двигателей, питания систем кондиционирования, привода электрогенератора и другого вспомогательного оборудования. Как и любой другой серийный продукт, а, в особенности, газотурбинный двигатель, ТВаД проходит испытания. В процессе испытаний определяется соответствие созданного изделия заявленным характеристикам. Для того, чтобы их определить используются загрузочные тормозные устройства, которые помимо точного определения крутящего момента также должны воспринимать вырабатываемую в процессе испытаний двигателя мощность.

В некоторых случаях для этих целей используется пневматическое тормозное устройство, выполненное на базе осевого многоступенчатого компрессора. Разработка пневмотормоза для каждого нового двигателя с нуля — затратно и долго. Поэтому на ПАО «Кузнецов» была предложена идея взять уже существующий рабочий компрессор, близкий по своим характеристикам к требуемым, и доработать его с минимальным количеством изменений, что позволит сократить затраты и время разработки пневматического тормозного устройства [1].

Однако анализ совместной работы узлов газотурбинного двигателя довольно сложен, так как параметры узлов взаимосвязаны и эту связь не всегда можно выразить аналитически. Например, характеристики отдельных узлов (компрессора, турбины), необходимые для такого анализа, задаются в графическом виде [2]. В случае турбовального двигателя в систему добавляется загрузочное устройство жестко связанное со свободной турбиной ТВаД. В связи с этим в данной работе описаны результаты оценки согласованности работы турбовального двигателя и компрессора пневмотормозного устройства.

Для проведения оценки была построена дроссельная характеристика испытываемого двигателя в виде зависимости мощности ТВаД от частоты вращения ротора свободной турбины  $N_{e{\rm TBa}}=f(n_{\rm ct})$  при различных частотах вращения ротора высокого давления  $n_{\rm Bd}$  и нормальных условиях на входе в двигатель ( $p_{\rm H}=101,325$ кПа и  $T_{\rm H}=288$ К) (голубые линии на рис. 1). А также была построена мощностная характеристика компрессора пневмотормоза в виде зависимости мощности

компрессора пневмотормоза от частоты вращения ротора свободной турбины  $N_{\rm e\Pi T}=f(n_{\rm CT})$  (черные линии на рисунке). Сопоставление полученных зависимостей на одном графике приведено на рисунке. Также на рисуноке красным цветом нанесены точки, соответствующие рабочим режимам испытуемого двигателя, в которых работа турбовального двигателя и компрессора пневмотормозного устройства должна быть согласованной.

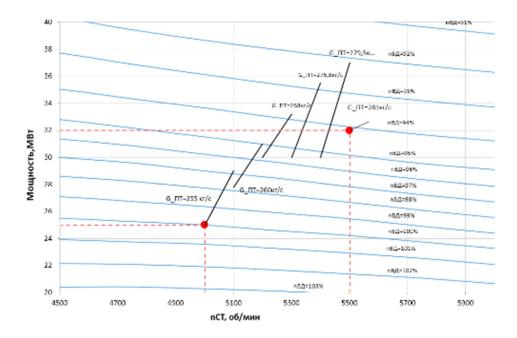


Рис. Сопоставление дроссельной характеристики испытываемого двигателя и мощностной характеристики компрессора пневмотормоза

При анализе рисунка было выявлено, что характеристики компрессора пневмотормоза лежат в потребном для испытания двигателя диапазоне мощностей, следовательно, выбранный компрессор подходит для использования в качестве базового при создании пневматического тормозного устройства для данного испытываемого турбовального двигателя.

- 1. Способ испытания газотурбинного двигателя и устройство для его осуществления: пат. 2318195 Рос. Федерация: МПК8 G01M15/14/ Коротов М. В.; заявитель и патентообладатель ОАО Самарский научно-технический комплекс им. Н.Д. Кузнецова (RU); заявл. 10.10.01; опубл.27.02.08. 9 с. (описание под заглавием)
- 2. Кулагин, В.В. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник /В.В. Кулагин. М.: Машиностроение, 2002. 616 с.

УДК 629.036

## ДОВОДКА КОМПРЕССОРА ПНЕВМОТОРМОЗА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В КАЧЕСТВЕ ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ГТД СТ

#### Новикова Ю.Д., Колмакова Д.А., Корнеева А.И.

e-mail: y.d.novikova@gmail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

При испытании промышленных ГТД, предназначенных для привода электрогенераторов, насосов нагнетателей и т.д. существует проблема утилизации и замера вырабатываемой ими мошности.

Врамках данной работы был создан проект пневмотормоза для испытания промышленных ГТД мощностью 25МВт и 32 МВт. Разработка пневмотормоза имела ряд особенностей:

- 1. Разработка велась с использованием CFD программы Numeca FineTurbo. При этом не выполнялось никаких предварительных расчётов турбомашин с использованием 1D/2D методик;
- 2. Разработка велась, главным образом, с использованием уже существующих деталей и узлов.

Подобные особенности позволили сократить время разработки, а также позволили снизить стоимость разработки и производства пневмоторомоза.

В ходе разработки пневмотормоза успешно были решены следующие задача:

- 1. Создана модель рабочего процесса трёхступенчатого КНД и выполнена её валидация;
- 2. Увеличены запасы устойчивой работы пневмоторомоза за счёт меридионального поджатия проточной части;
- 3. Спрофилирован спрямляющий аппарата, позволивший устранить закрутку за пневмотормозом;
- 4. Спроектировано унифицированное сопло, обеспечивающее работу пневмотормоза в необходимых точках на характеристиках.

Фрагмент чертежа полученной конструкции представлен на рисунке.

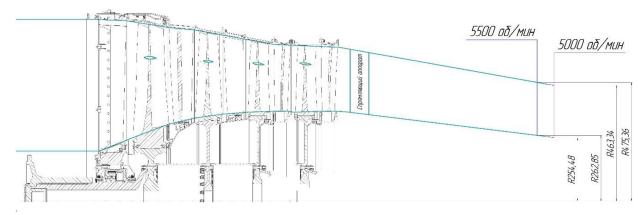


Рис. Фрагмент чертежа, полученной конструкции пневмотормоза

УДК 621.454.2

# ПРИМЕНЕНИЕ ПОРИСТОЙ СМЕСИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ ИЗ МАТЕРИАЛА МР ДЛЯ БЕСПЛАМЕННОГО ИНФРАКРАСНОГО ГОРЕНИЯ В ЖРД МТ

#### © Оглезнева П.С., Белоусов А.И.

e-mail:polina.oglezneva@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Актуальность данной работы заключается в том, что создаётся конкурентоспособная модель жидкостного ракетного двигателя малой тяги (ЖРД МТ). Для выполнения этого необходимо обеспечить:

- 1) инновационный характер конструкции;
- 2) качество (надёжность) ЖРД МТ;
- 3) экономичность ЖРД МТ.

Исследование рабочего процесса ЖРД МТ показало, что основным фактором, определяющим его топливную эффективность, является процесс смесеобразования, который обуславливается временем существования жидкофазного контакта и перемешивания окислителя и горючего. Об эффективности процессов преобразования компонентов топлива в продукты сгорания можно судить по качеству процессов перемешивания в жидкой фазе в смесительном элементе двигателя.

В данной работе рассмотрен новый метод проектирования смесительной головки ЖРД МТ. Предметом исследования является смесительная головка из пористого материала МР с излучающей металлокерамической насадкой.

Предлагается использовать пористые металлические материалы в качестве накопителя тепла. Причем замечено [1], что материалы с высокой пористостью наиболее склонны к самовозгоранию. Этому способствует развитая поверхность и низкая теплопроводность пористого материала, благодаря которому происходит фильтрационное горение. Фильтрационным называют такое горение, при котором имеет место фильтрация газа через зону горения. В связи с этим изучение закономерностей фильтрационного горения пористых материалов представляется весьма актуальным для обеспечения работоспособности конструкции. Одним из основных факторов теплопереноса, наряду с кондуктивным, становится конвективный теплоперенос. Его значимость возрастает с увеличением пористости при снижении газодинамического сопротивления, так как рост пористости материала снижает его теплопроводность.

В качестве излучающей поверхности используют насадку в виде металлокерамической плиты с отверстиями 6. Отверстия имеют диаметр около 1 мм. Применение материала MP повышает количество теплоты, передаваемой излучением, и повышает полноту сгорания.

При расчёте беспламенного инфракрасного излучения в ЖРД МТ на первом этапе были определены следующие величины: площади поперечного сечения пористого огневого днища 3 и размеры излучающей керамической насадки 6 [3]. По полученным расчётам спроектирован ЖРД МТ (см. рис.).

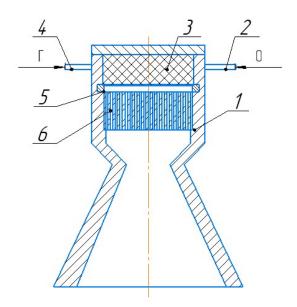


Рис. ЖРД МТ с пористой смесительной головкой и излучающей керамической поверхностью: 1
— корпус камеры ЖРД МТ; 2— подвод окислителя (O);
3— пористая смесительная головка; 4— подвод горючего (Г); 5- втулка;
6— излучающая керамическая поверхность с отверстиями

Второй этап расчёта выполнялся в программном комплексе ANSYSCFX в следующей последовательности:

- 1) создание объемной геометрической модели в программе SOLIDWORKS;
- 2) проведение расчёта для определения температуры по длине камеры, времени пребывания продуктов сгорания в камере, полноты сгорания топлива;
- 3) расчёт лучистого конвективного теплового потока пористой смесительной головки с излучающей керамической насадкой [2].

Использование пористой смесительной головки 3 с излучающей керамической насадкой 6 обеспечивает полное сгорание топлива и короткий фронт пламени. Это позволит не только увеличить КПД, но и уменьшить габариты камеры сгорания.

- 1. Макаренко А. Г., Особенности фильтрационного горения пористых материалов, Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 7, Самара: СамГТУ, 1999. с. 121–126.
- 2. Пелипенко, В.Н. Газовые горелки инфракрасного излучения: учеб. пособие /В.Н. Пелипенко, Д.Ю. Слесарев. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. с. 118.
- 3. А.И. Богомолов, Газовые горелки инфракрасного излучения и их применение/ А.И. Богомолов, Д.Я. Вигдорчик, М.А. Маевский.- Москва: Изд-во литературы по строительству, 1967.- с. 45-50.

УДК 629.036

# АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАСТРОЕК ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА СОПЛОВОГО АППАРАТА ГТД

© Попов Г.М., Акунец М.В., Бузин В.М.

e-mail: y.d.novikova@gmail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В настоящее время в области авиадвигателестроения повсеместно используются численные модели, посредством которых решаются задачи газодинамики. Вместе с тем возникает необходимость верификации полученных результатов и определении зависимостей искомой расчетной характеристики от значений параметров численной модели, в чём и заключается цель данной работы.

Работа началась с изучения отчёта NASA с экспериментальными данными продувки неохлаждаемого соплового аппарата [1]. С использованием приведенных в отчетах данных была сформирована геометрия лопатки. В программном пакете NUMECAAutoGrid5 были созданы несколько групп сеточных моделей, различающиеся количеством элементов в сетке, значением у+, значением величин expansionratio и aspectratio.

Дальнейшая работа осуществлялась в программном пакете NUMECAFINE/Turbo. Расчётная область определялась: на входе — значениями полного давления и температуры при стандартных атмосферных условиях; на выходе — значением статического давления. Модель рабочего тела — воздух (реальный). Модели турбулентности, применяемые при создании численных моделей: Spalart-Allmaras, komega, k-epsilon, SST.

Далее была выполнена серия расчётов на группах численных моделей, которые определялись в зависимости от сеточных моделей и моделей турбулентности.

По данным, полученным из расчетов, были сформированы: несколько серий характеристик зависимости коэффициента скорости от приведенной скорости; графики величины коэффициента скорости и отношения статического давления к полному по высоте лопатки.

На основе анализа обработанных результатов был сделан ряд выводов.

Экспериментальные данные характеристики зависимости коэффициента скорости от приведенной скорости качественно повторяются, в свою очередь, следует отметить количественное расхождение в 0,4-2%.

Экспериментальные данные величин коэффициента скорости и отношения статического давления к полному по высоте лопатки также качественно повторяются. Количественное расхождение по величине профильных потерь менее 1%. Величина вторичных потерь разнится от модели к модели, но полного совпадения получить не удалось.

Среди рассмотренных моделей турбулентности наиболее приближенные результаты позволила получить модель турбулентности k-omega.

Изменение величины aspectratio не дало существенных результатов.

Увеличение количества элементов в blade-to-blade сечении позволило получить значимый прирост в точности определения вторичных потерь лишь при значениях приведенной скорости более 0,85. Точность определения профильных потерь изменялась несущественно.

Аналогичная картина в определении профильных потерь наблюдается при изменении величины expansionratio (рис. 1). В свою очередь, меньшее значение expansionratio позволило с большей точностью определить вторичные потери.

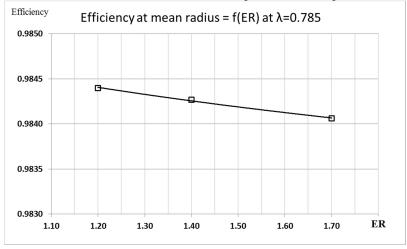


Рис. 1. Влияние параметра expansionratio на эффективность

Было выявлено, что уменьшение величины у+ менее единицы нецелесообразно, т.к. точность расчёта при этом не изменяется (рис. 2).

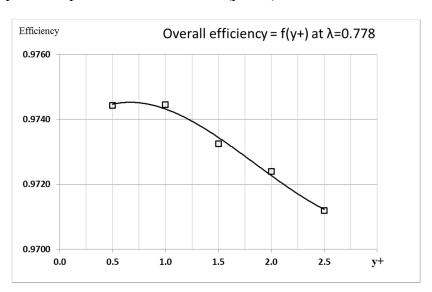


Рис. 2. Влияние параметра у+ на величину эффективности соплового аппарата

В ходе дальнейшей работы планируется провести исследование модели охлаждаемого соплового аппарата и сравнение его характеристик с данной моделью.

#### Благодарность

Результаты работы были получены с использованием средств гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых (номер гранта МК-3168.2019.8).

#### Библиографический список

1. Goldman L.J., McLallin K.L. Cold-air annular-cascade investigation of aerodynamic performance of core-engine-cooled turbine vanes, 1975.

УДК 629.036

### МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В СТУПЕНИ ВЕНТИЛЯТОРА ДВИГАТЕЛЯ ЕЗ-GE

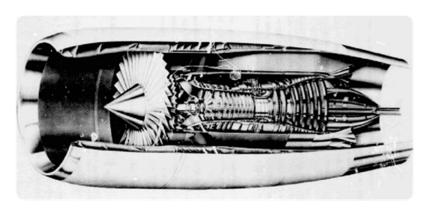
#### Попов Г.М., Кудряшов И.А., Ращупкина А.В.

e-mail: y.d.novikova@gmail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В настоящее время широко применяется численное моделирование рабочего процесса авиационных двигателей с помощью современных программных комплексов таких как NUMECA, Ansys и др. Применение численных моделей позволяет ускорить процесс проектирования и снизить стоимость изготовления изделия. В данной работе выполнено создание численной модели вентилятора и подпорных ступеней двигателя Energy Efficient Engine-General Electric (E³-GE).

Двигатель  $E^3$ -GE (см. рис.) – это совместный научный исследовательский проект таких фирм как NASA и General Electric разрабатываемый в 1970-1980 х годах. Наработки, полученные в ходе данного проекта, послужили основой нового семейства современных турбовентиляторных двигателей компании General Electric для гражданской авиации, таких как GE-90, GEnx, GE9x, и так же применяются в некоторых современных двигателях таких как Leap X и других двигателях.



Puc. Двигатель  $E^3$ -GE

Основной целью данной работы является создание и верификация численной модели ступени вентилятора ТРДДсм Е<sup>3</sup>-GE. Стоит отметить, что в русскоязычных источниках мало работ посвященных созданию численной модели вентилятора. Исходными данными для моделирования послужили отчеты фирмы NASA и General Electric, в которых приведены основные данные по различным узлам данного двигателя, в том числе и по вентилятору.

Объектом данной работы является ступень вентилятора двигателя  $E^3$ -GE. Исходные данные, такие как относительные и абсолютные углы на входе и на выходе ступеней, угол установки, хорда, максимальная толщина, количество лопаток, типы профилей, форма меридиональных обводов и граничные условия взяты из документации NASA данного двигателя [1].

Для профилирования лопаток использовался профилятор — «Система профилирования осевого компрессора», в котором была воспроизведена исследуемая

геометрия с одним допущением — использовано иное распределение толщины. Для каждой из лопаток построено то количество сечений, которое указано в технической документации [1]. Далее, по оцифрованной проточной части узла двигателя, построены меридиональные обводы. Все полученные геометрические модели были перенесены в программное обеспечение NUMECA, в которой выполнено создание конечно-объемной модели и дальнейший расчет ступени вентилятора.

Конечно-объемная расчетная модель создавалась в программном комплексе NUMECA AutoGrid5. Подготовка и настройка численной модели проводилась в программном комплексе NUMECA FineTurbo. В качестве рабочего тела использовалась модель идеального газа, с газовой постоянной  $R=287,9\frac{Дж}{KT\times K}$  и показателем адиабаты k=1,4. В качестве граничных условий при расчете использовались полное давление p=101325 Па, полная температура на входе T=293,15 К и статическое давление на выходе, значения которых соответствовали аналогичным исходным данным [1]. В качестве модели турбулентности была выбрана однопараметрическая модель турбулентности Spalart-Allmaras, так как она является самой экономичной с точки зрения вычислительных ресурсов и соответственно времени [2].

В результате работы была рассчитана точка характеристики внутреннего и внешнего контуров вентилятора и проведено сравнение полученной численном модели с процессами, протекающими в турбомашинах.

- 1. Sullivan, T.J. Energy Efficient Engine Fan Test Hardware Detailed Design Report [Текст]/ Sullivan T.J., Luebering G.W., Gravitt R.D. NASA Lewis Research Center, 1980. 147 с.
- 2. Попов, Г.М. Численное моделирование рабочего процесса и расчета характеристик вентилятора ГТД с помощью методов вычислительной газовой динамики [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Г.М. Попов, Е.С. Горячкин, Ю.Д. Смирнова; О.В. Батурин Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королёва (нац. исслед. ун-т). Электрон. текстовые и граф. дан. (11,4 Мбайт). Самара, 2014.

УДК 629.036

### МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА КОМПРЕССОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ЕЗ-GE

© Попов Г.М., Волков А.А., Сулейманов А.Р.

e-mail: y.d.novikova@gmail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В работе выполнено создание и расчёт численной модели компрессора высокого давления. В качестве двигателя прототипа выбран ТРДДсм Е<sup>3</sup>-GE. Это двигатель, разрабатывался компанией General Electric в 1970-1980 — ых годах, в рамках одноименной программы, финансируемой компанией NASA. На базе этого двигателя создано целое семейство турбовентиляторных зарубежных современных двигателей для гражданской авиации GE90, GEnx, GE9x. Объектом данной работы является десятиступенчатый компрессор высокого давления с рекордной на момент создания степенью повышения давления равной 23.

Целью данной работы является верификация численной модели компрессора двигателя прототипа. Для профилирования лопаток использовался, разработанный на кафедре теории двигателей летательных аппаратов, профилятор — «Система профилирования осевого компрессора», в котором была воспроизведена геометрия с некоторыми допущениями — использовано иное распределение толщины относительно исходных данных, указанных в техническом отчете [2]. Для каждой из лопаток построено двенадцать сечений. Профилятор позволяет сохранять данные геометрии профилей лопаток в формате geomturbo. Полученные файлы импортируются в сеткопостроитель AutoGrid5. Далее по известным геометрическим данным построены меридиональные обводы рассматриваемого узла двигателя.

Создание конечно-объемной модели проводилось в программном обеспечении NUMECA AutoGrid 5. Расчет компрессора происходил в программном пакете NUMECA Fine Turbo. В качестве рабочего тела использовалась модель идеального газа, с газовой постоянной  $R=287,9\,\mathrm{Дж/(kr\cdot K)}$  и показателем адиабаты k=1,4. В качестве граничных условий при расчете использовались полное давление  $p^*=58055,9\,\mathrm{Пa}$  и полная температура на входе  $T^*=301,4\,\mathrm{K}$ , и статическое давление на выходе, значения которых соответствовали аналогичным исходным данным [2]. В качестве модели турбулентности была выбрана однопараметрическая модель турбулентности Spalart-Allmaras, т.к. она является самой экономичной с точки зрения вычислительных ресурсов [1].

В результате рассчитаны первые три ступени компрессора. В дальнейшем планируется выполнить расчет характеристики компрессора, выполнить верификацию полученной модели, а также исследование влияния параметров численной модели на результаты расчета.

- 1. Попов, Г.М. Численное моделирование рабочего процесса и расчета характеристик вентилятора ГТД с помощью методов вычислительной газовой динамики [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Г.М. Попов, Е.С. Горячкин, Ю.Д. Смирнова; О.В. Батурин Минобрнауки России, СГАУ.— Самара, 2014.
- 2. P.R. Hollwny, G.L. Kniqht, C.C. Koch, S.J. Shaffer. Energy efficient engine high pressure compressor detail design report, 1982.

УДК 621.454

# СОКРАЩЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕАКЦИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ХИМИЧЕСКИ НЕРАВНОВЕСНЫХ ТЕЧЕНИЙ В СОПЛАХ

#### © Сыромятников А.Д., Крюков В.Г.

e-mail: RU4PAB@yandex.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г.Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

Для расчета химически неравновесных течений в соплах обычно используется формальная химическая кинетика [1,2]. Для этого некоторый реакционный механизм, включается, например, в обратную задачу сопла Лаваля [2]. Этот механизм обычно является мало обоснованным. Он может быть избыточным (что приводит к ненужному увеличению объема вычислений), или чрезмерно упрощенным (что вызывает значительные ошибки в прогнозировании характеристик течения). Но в связи с развитием методов сокращения, проблему его обоснования можно решить следующим образом:

- формируется исходный (избыточный) механизм, включаемый в модель расчета;
- выбирается какой-либо метод сокращения реакционного механизма или комбинация методов;
- выполняются расчеты по модели неравновесного течения, на основе которых проводится сокращение механизма до обеспечения контролируемой погрешности в прогнозировании характеристик течения.

Современные процедуры сокращения используют следующие положения:

- изначально устанавливается область параметров, охватываемая искомым сокращенным механизмом;
- механизм, сокращенный для одной точки параметров, называется локальным (L-механизм), а для области изменения параметров глобальным (G-механизм); обычно он формируется в ходе объединения L-механизмов.
- задается набор целевых веществ, которые в ходе сокращения не могут удаляться, из механизма в отличие от остальных (зондируемых) веществ.
  - для каждого применяемого метода задается показатель сокращения (порог).

В работе [3] была предложена процедура сокращения, которая состоит из двух методов: DRGEP (Directed Relation Graph Error Propagation) и зацепления. Метод DRGEP [4] ориентирован на поиск и удаление из сокращаемого реакционного механизма только веществ вместе с включающими их реакциями. Но после применения этого метода в механизме могут оставаться еще ряд малозначимых реакций. Такие реакции удаляются методом зацепления [5].

Для проверки предложенной процедуры были выполнены расчеты по сокращению механизмов реакций для течений продуктов сгорания топлива «Керосин +  $O_2$ » в области изменения параметров:

$$P = 0.7...1.2; P_{oc} = 20...100 \text{ arm.}; r_m = 0.006....0.06\text{m},$$
 (1)

(где  $\alpha_{o\kappa}$  — коэффициент избытка окислителя;  $P_{oc}$  — давление на входе в сопло;  $r_m$  — радиус минимального сечения), и сокращенный G- механизм будет охватывать указанную область. С изменением размеров сопла форма его контура не меняется, а геометрическая степень расширения задается постоянной  $f_a = (r_a/r_m)^2 = 50 \ (r_a$  —

радиус среза сопла). Сформированный нами исходный механизм включал 16 веществ и 47реакций [6]. Целевыми веществами считаются: CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO.

Сначала выполнялся расчет базового режима течения с параметрами  $\alpha_{o\kappa}=1.0$ ;  $P_{oc}=20$  атм.;  $r_m=0.006$  м, когда явно проявляются химически неравновесные эффекты, и по нему были установлены значения порогов  $\zeta_d=0.02$  (DRGEP- метод),  $\zeta_{az}=0.02$  (метод зацепления) для всего G- механизма. Далее в области (1) было выбрано около 40 точек  $\{\alpha_{o\kappa}; P_{oc}; r_m\}$ , и для каждой точки был сгенерирован L – механизм. Объединяя эти механизмы, был сформирован G- механизм, включающий вещества (H,  $H_2$ , O,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ , CO, OH, HCO) и 15 реакций.

Полученный результат для одномерных задач не имеет особого значения, т.к. такие задачи на персональных компьютерах решаются за несколько секунд. Но расчет многомерных реагирующих течений может занимать много часов и тогда применение созданного G — механизма позволит существенно сократить время вычислений при приемлемой ошибке в прогнозе характеристик течения.

- 1. Гидаспов В. Ю. «Численное моделирование химически неравновесного течения в сопле ЖРД», *Вестник МАИ* Т. 20. № 2, 2013, стр. 90-97
- 2. Пирумов У. Г., Росляков Г. С. Газовая динамика сопел. М.: Наука, гл. изд. физ.-мат. литературы, 1990.-368 с.
- 3. Крюков В.Г., Абдуллин А.Л., Никандрова М.В., Сафиуллин И.И. «Применение методов DRGEP и зацепления для сокращения механизмов реакций при расчете химически неравновесных течений в соплах двигателей летательных аппаратов», Известия ВУЗов. Авиационнаятехника, № 4, 2018, стр 154-157
- 4. Pepiot-Desjardins P., Pitsch H. "An efficient error-propagation-based reduction method for large chemical kinetic mechanisms", *Combustion and Flame*, 2008, Vol. 154, pp. 67-81.
- 5. Никандрова М.В., Крюков В.Г., Исхакова Р.Л. «Сокращение механизма реакций методом зацепления», *Физико-химическая кинетика в газовой динамике*. ИнститутМеханики, МГУ, 2007, т.5, Стат. 15.
- 6. Glarborg P., Miller J.A., Kee R.J. "Kinetic Modeling and Sensitivity Analysis of Nitrogen Oxide Formation in Well-Stirred Reactors", *Combustion and Flame*, 65, pp.177-202, 1986.

УДК 621.438; 629.735

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАВЕСНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА СПИНКЕ И КОРЫТЦЕ ТУРБИННОЙ ЛОПАТКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ V-ОБРАЗНЫХ ВЫЕМОК

© Торицын А.С., Лебедев О.В., Ремизов А.Е.

e-mail: mr.seriousness@yandex.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Экспериментальные исследования влияния ускорения потока на формирование эффективности завесного охлаждения  $\theta$  проводились, как правило, на плоской стенке [1]. Влияние кривизны поверхности турбинной лопатки на формирование завесного охлаждения выполнялись с помощью численного моделирования [2].

Особенности формирования завесной пелены на спинке и корытце турбинной лопатки в условиях ускорения потока и кривизны стенки экспериментально выполнены с помощью тепловизора FLIR-E64501, с чувствительностью 0.05° С. прототипа для турбинной лопатки использовано среднее сечение соплового аппарата высокотемпературной турбины современного турбореактивного двигателя поколения имеющей повышенную степень реактивности. Выполнены эффективностей завесного охлаждения  $\theta$  при формировании завесной пелены за рядом пилиндрических отверстий, в условиях без использования и с использованием за отверстиями V-образных выемок. Числа Рейнольдса, определенные по выходной скорости истечения основного потока и хорде лопатки составляли . Числа Маха не моделировались. Режимы исследуемых завес задавались параметром вдува  $m = \rho_{s} V_{s} / \rho_{z} V_{z}$ , эффективность завесного охлаждения определялась как относительная температура адиабатной стенки по формуле  $\theta = (T_z - T_{cm})/(T_z - T_s)$ . Здесь  $\rho$ , V плотность и скорость потока, T – температура, индексы  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon m$  – газ (основной поток), воздух (вдуваемый поток), адиабатная стенка соответственно. На рис. 1 приведены данные о перфорации для вдува и на корытце и спинке лопатки и параметры Vобразных выемок.

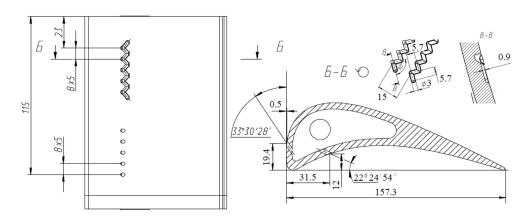


Рис. 1. Геометрия лопатки и перфорации для вдува

Завесная пелена на спинке лопатки наблюдалась в диапазоне параметров вдува  $0.5 \le m \le 2.0$ , на корытце лопатки — в диапазоне  $1.6 \le m \le 3.2$ . На рис. 2 выполнено

сравнение осредненных по шагу отверстий в поперечном направлении эффективностей завесного охлаждения  $\theta$ , в зависимости от относительного расстояния S/d, отсчитываемого от центра отверстий вниз по потоку, при отсутствии V-образных выемок и при использовании расположенных друг за другом двух V-образных выемок.

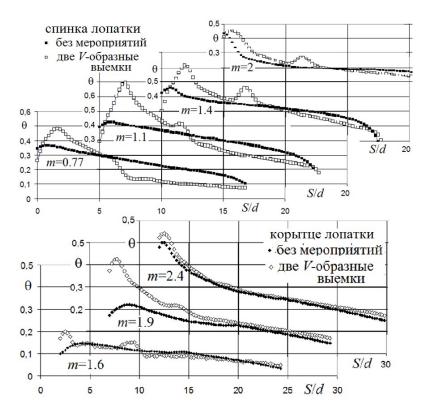


Рис. 2. Сравнительные данные об эффективности завесного охлаждения  $\theta$  на спинке и корытце лопатки

Выявлено: условия формирования завесной пелены на спинке лопатки более благоприятны, чем на корытце. При этом использование двух V-образных выемок на спинке увеличивает максимальные значения  $\theta$  при S/d=4 в 1.3 раза, а максимум  $\theta$  по параметру вдува сдвигается влево к значению  $m\approx 1.1\div 1.2$ . При S/d=10 максимум  $\theta$  достигается при  $m\approx 1.4$  и по значению практически соответствует случаю без V-образных выемок. На корытце расширился диапазон формирования завесной пелены в сторону снижения m до 1.34. Максимум  $\theta$  (для S/d=4) возрастает в 1.2 раза и сдвигается по m к значению 2.15. Для S/d=10 наблюдается пологий максимум, примерно с тем же значением  $\theta$ , что и без использования V-образных выемок, но с сдвигом по m к значению 2.15.

- 1. Халатов, А.А. Перспективные способы пленочного охлаждения: Влияние ускорения основного потока [Текст]/А.А. Халатов, И.И. Борисов, М.В. Безлюдная, Н.А. Панченко, Ю.А. Дашевский // Вісник НТУ «ХПІ».- 2015.- №15(1124).- С. 56-62.
- 2. Петельчиц В.Ю., Оценка влияния кривизны поверхности на эффективность пленочного охлаждения [Текст]/ В.Ю. Петельчиц, Д.Н. Письменный, Ю.А. Дашевский // Вісник НТУ «ХПІ».- 2016.- №9(1181).- С. 50-55.

УДК 629.7.036.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ОПТИМИЗАЦИИ БАЛЛОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ТОПЛИВА

© Уперчук Р.А., Безлапова П.А., Семёнова А.С.

e-mail: uperchuk.roman@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Многообразие конструкций ЖРД вызывает необходимость применения различных систем подач, наиболее подходящих для тех условий, в которых используется двигатель. По типу агрегата, создающего давление подачи, различают насосную, баллонную, а также системы подачи с пороховым и жидкостным аккумуляторами давления [1]. Объектом исследования является баллонная система подачи компонента.

Основной недостаток баллонной системы состоит в том, что в ней баки находятся под давлением подачи компонентов, вследствие чего вес баков, которые должны быть очень прочными, получается очень большим. Кроме того, баллон со сжатым газом, нагруженный высоким давлением, также имеет большой вес [1].

Целью данной работы является исследование эффективности различных способов оптимизации баллонной системы подачи компонента по определённым критериям.

1. Увеличение количества баллонов при постоянном суммарном объёме

Исходные данные: объём баков  $50 \, m^3$ ; давление в баках  $500 \, \kappa \Pi a$ ; отношение коэффициентов  $c_1/c_2$ =0,889; начальное давление в баллоне  $20 \, M\Pi a$ ; перепад давления в редукторе  $2 \, M\Pi a$ . Баллоны сферические, материал баллонов — сталь 12X18H9T. Результаты приведены на рис.  $1 \, \text{в}$  графическом виде.

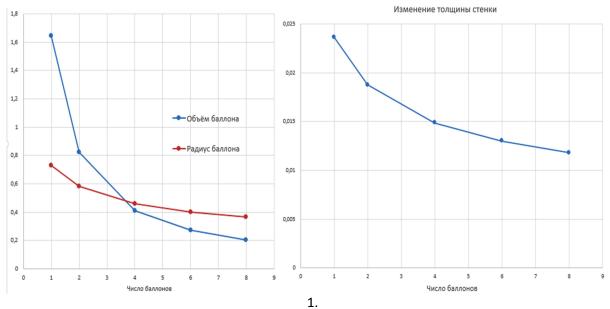


Рис. 1. Изменение объёма баллона  $(м^3)$ , радиуса (м) и толщины стенки (м) при увеличении числа баллонов

Анализ показывает, что увеличение числа баллонов не влияет на суммарную массу и объём системы, однако вносит преимущества в виде уменьшения толщины стенки, что облегчает ремонт и эксплуатацию, а также в виде уменьшения радиуса баллона, что позволяет экономить пространство для размещения приборов и уменьшать мидель ракеты.

#### 2. Изменение давления в баллонах

Расчёты выполнялись для исходных данных из пункта 1 для начальных давлений 20, 30 и 35  $M\Pi a$ . Результаты приведены на рис. 2.

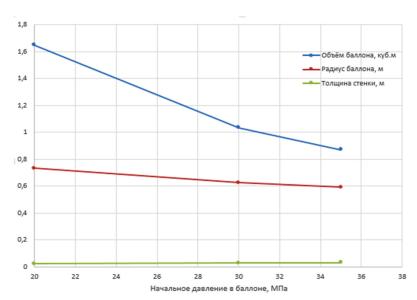


Рис. 2. Изменение объёма баллона, радиуса и толщины стенки при изменении начального давления в баллоне

Расчёт проводился по уравнению Менделеева-Клапейрона [2]. Был сделан вывод о том, что с увеличением начального давления уменьшаются объём и радиус баллона, однако одновременно возрастает толщина стенки.

# 3. Использование материала с большим пределом прочности и газа с меньшей плотностью

Расчёты выполнялись для исходных данных из пункта 1 для начальных давлений 20,30 и 35 *МПа* для стали 12X18H9T и титана. Результаты приведены на рис. 3.

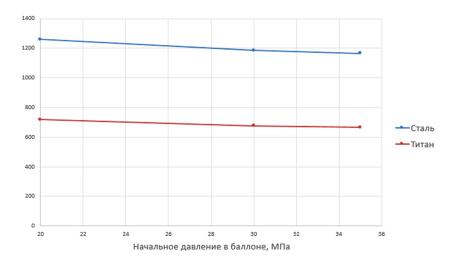


Рис. 3. Изменение массы (кг) одного баллона при использовании стали 12Х18Н9Т и титана

Использование материала с большим пределом прочности позволяет уменьшить массу баллона. Что касается применение газа меньшей плотности, то при давлении 350 атм применение гелия (молярная масса кг/моль) вместо азота (молярная масса кг/моль) снижает массу баллона с газом на 20%. Однако замена азота на гелий сопряжена с эксплуатационными трудностями, поэтому данный способ может быть полезен только в ограниченном диапазоне условий.

В рамках данной работы запланировано исследование эффективности нагрева газа в баллоне или помещения баллона с газом в криогенный компонент.

- 1. Синярев Г.Б., Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Теория и проектирование [Текст]. М.: Оборонгиз, 1955. 499 с.
- 2. Савельев И.В. Курс физики. Т.1. Механика. Молекулярная физика [Текст]. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. —352 с.

УДК 621.438

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОХЛАЖДЕНИЯ НЕСИММЕТРИЧНОЙ ТОРЦЕВОЙ ПОЛКИ ТУРБИННОЙ РЕШЕТКИ

© Ухлин И.В., Белова С.Е.

e-mail: uhlin.ivan@yandex.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Совершенствование газотурбинных двигателей (ГТД) идет в направлении роста степени повышения давления и максимальной температуры рабочего тела в цикле. С одной стороны, это обусловило возрастанием роли лопаточных машин в обеспечении высоких эксплуатационных качеств двигателя, а с другой, привело к существенному усилению зависимости эффективности турбины от негативных влияний вторичных течений в проточной части.

Особенно актуальными указанные проблемы представляются в отношении высокотемпературных турбин ГТД, что связано с их высокой аэродинамической нагруженностью и с необходимостью иметь развитую систему охлаждения лопаток и других элементов конструкции, воспринимающих тепловые потоки от газа. Высокая газодинамическая нагруженность ступеней турбины способствует расширению зоны вторичных течений в лопаточных венцах. В результате этого растут потери, связанные с взаимодействием вторичных вихрей с элементами решетки и с охладителем.

Для нивелирования негативного влияния вторичных течений в последнее время предложено применять несимметричные торцевые полки, т.е. торцевые полки, конструкция которых предусматривает наличие впадин и бугров, расположение которых определяется с помощью оптимизационного процесса.

Применение несимметричных торцевых поверхностей проточной части турбины позволяет увеличить ее КПД на 0,5%. Пошаговая оптимизация проточной части позволяет получить несимметричную геометрию торцевых поверхностей, обеспечивающую более высокий уровень КПД ступени по сравнению с классическими полками. Также можно добиться более равномерных полей параметров за ступенью и необходимого теплового состояния несимметричных торцевых полок. Метод оптимизации наиболее эффективен в ступенях турбин, лопаточные венцы которых работают в условиях начала взаимодействия вторичных течений в межлопаточных каналах, т.е. при величине параметра h/hs = 1-1,75, где h – высота лопатки, а hs – высота начала взаимодействия зон вторичных течений.

Проведенное экспериментальное исследование позволило установить, что снижение потерь кинетической энергии в лопаточных венцах при использовании несиммметричных торцевых поверхностей обусловлено снижением взаимодействия канального вихря в пограничным слоем на торцевых поверхностях и снижением подъема вторичных масс над торцевой стенкой.

- 1. Тихомирова Н.В. «Оптимизация оребрения охлаждаемой лопатки первой ступени турбины».// Сборник трудов молодых учёных. Рыбинск: РГАТА, 2001. С. 89-92.
- 2. Вятков В. В. и др. Повышение эффективности ступени турбины путем оптимизация торцевых поверхностей / В. В. Вятков, С. А. Ковалев, Р. В. Харченко // Вестник РГАТУ. 2017. №4 (43). С. 11-15.

УДК 621.454.2

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ С ТЕПЛООТДАЧЕЙ В ПОЛОСТЯХ ВРАЩЕНИЯ ЭНЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

#### © Фальков В.О., Зуев А.А.

e-mail: dla2011@inbox.ru

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация

Проведено теоретическое и экспериментальное исследование течения с теплоотдачей в стенку в полостях вращения характерных для энергетических установок летательных аппаратов, разработана достоверная математическая модель течения с теплоотдачей в стенку в полостях вращения, обеспечивающая достоверное определение гидравлических и тепловых параметров. Основные результаты экспериментальных и теоретических исследований являются новыми и заключаются в следующем: предложен и исследован новый профиль распределения скорости в поперечном сечении потока; получен закон трения для градиентного профиля распределения скорости; впервые получен закон теплообмена для степенного профиля распределения скорости; разработана методика и алгоритм расчета параметров течения с теплоотдачей в стенку в полостях вращения.

При выводе аналитического выражения для локального коэффициента теплоотдачи использована интегральное соотношение уравнения энергии температурнопространственного пограничного слоя [1,2], с учетом граничных условий полостей вращения энергетических установок летательных аппаратов.

Получено аналитическое выражение для локального коэффициента теплоотдачи в виде критерия Стантона:

для вращательного течения по закону «твердого тела»  $\frac{U}{R} = \omega = const$ :

$$St = \frac{1}{\Pr_{\mathbf{r}}^{\frac{m+1}{m+3}}} \left( \frac{2J\varepsilon \cdot m}{\alpha_{\pi}^{m-1}(m+2)(m+3) \operatorname{Re}_{\omega}} \right)^{\frac{2}{m+3}};$$

для вращательного течения по закону «свободного вихря» UR = C = const:

$$St = \frac{1}{\Pr_{\mathbf{r}} \frac{m+1}{m+3}} \left( \frac{2J\varepsilon}{\alpha_{n}^{m-1}(m+1)(m+2) \operatorname{Re}_{\omega}} \right)^{\frac{2}{m+3}}.$$

Тогда локальный коэффициент теплоотдачи определяется:

$$\alpha = \rho C_n USt$$

Достоверность методики расчета подтверждается сходимостью теоретических и экспериментальных данных исследуемых участков представляющих собой полостивращения характерных для энергетических установок летательных аппаратов. Расхождение результатов теоретических и экспериментальных исследований составляет не более 7%.

Выявлено, что на локальный коэффициент теплоотдачи существенное влияние оказывает окружная составляющая скорости.

Существенный рост температуры воздуха (рабочего тела) над температурой на входе, на начальном участке может оказывать влияние на температуру стенки элементов конструкции агрегатов и снижать прочностные и эксплуатационные характеристики, но как правило этого не происходит, если со стороны теплообменного аппарата находится теплоноситель с достаточно высоким коэффициентом теплоотдачи (вода) и высокой теплопроводностью материала конструкции, что видно из рисунка.

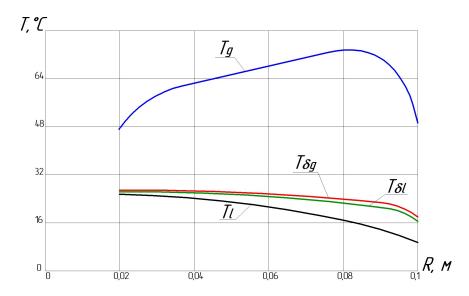


Рис. Распределение по радиусу параметров температуры рабочего тела в полости вращения энергетической установки

В общем случае целью исследования является определение скоростей в потеке, полей температур и термических напряжений в материале конструкций окружающих поток. Уровень температуры непосредственным образом влияет на запас прочности деталей энергоустановок космических аппаратов.

- 1. Романенко П.Н. Тепломассообмен и трение при градиентном течении жидкостей.  $1971.-327~\mathrm{c}.$ 
  - 2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М: Наука, 1969. –744 с.

УДК 621.454.2

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В КАМЕРЕ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЯХ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ПАРЫ «КЕРОСИН – КИСЛОРОД»

© Чубенко Т.А., Максимов А.Д., Зубанов В.М.

e-mail: chubenkott@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

При создании ЖРД необходимо иметь исчерпывающую информацию о газодинамических параметрах в проточной части, предопределяющих совершенство рабочих процессов, энергетические характеристики, состояние конструкции. Не так давно задачи по нахождению этих параметров, в основном, решались экспериментальным методом.

Существенно уменьшить время определения характеристик ЖРД позволяет моделирование рабочих процессов с помощью вычислительной гидрогазодинамики (CFD), так как при этом возможно определить параметры процессов, не прибегая к ресурсоёмким испытаниям.

Процессы горения, протекающие в камере, особенно важны, поэтому их следует учитывать при определении параметров камеры. На процесс горения влияет большое количество факторов, сильно усложняющих его описание и расчет.

Данная работа посвящена исследованию моделей горения «керосин-кислород» для моделирования рабочих процессов в камере ЖРД.

В качестве предмета исследования был выбран двигатель с тягой 1760 кН и давлением в камере сгорания 14,6 МПа спроектированный по методике [1].

Геометрия камеры была построена в программе NX 8.5, её сеточная модель создана в программе ANSYSMeshing. Чтобы увеличить качество расчёта, проводились следующие мероприятия: использовалась 30° моделькамеры, создавались выходная область и пристенок, в пристеночном слое сетка измельчалась по наружной поверхности, в критическом сечении и в переходе от ядра к пристенку. Сеточная модель состояла из 830 тысяч элементов (см. рис.).

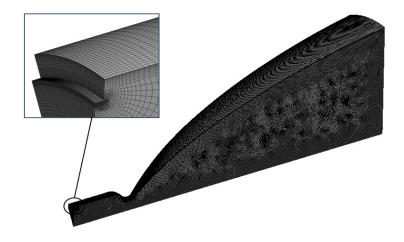


Рис. Сеточная модель камеры

Для расчёта указывались граничные зоны, где задавались массовые доли веществ, соотношение компонентов в ядре и пристенке, давление в камере сгорания и на срезе сопла.

Было проведено исследование нескольких моделей горения, результаты которого приведены в таблице 1:

- 1) Замороженное течение, в котором в качестве рабочего тела использовались продукты сгорания, компонентный состав которых был определён с помощью термодинамического расчёта в программе TERRA [2].
- 2) Модель горения тонкого фронта пламени Flamelet из стандартной библиотеки ANSYSCFX [3].
  - 3) Система реакций [4] с моделью горения Eddy Dissipation.

Модель			Замороженное течение	Flamelet	Система реакций	TERRA
T, K		oc	3729	3763	4421	3815
		*	3487	3513	4122	3632
		a	1121	1382	1511	2081
р, МПа		oc	13,97	15,07	14,85	14,6
		*	9,377	8,602	9,397	8,47
		a	0,0157	0,0164	0,0178	0,01825
Массовые доли	H20	oc	0,241	0,272	0,223	0,241
		*	0,239	0,272	0,223	0,248
		a	0,240	0,272	0,223	0,291
	СО	oc	0,293	-	0,158	0,269
		*	0,292	-	0,157	0,254
		a	0,291	-	0,156	0,119
	CO2	oc	0,337	0,697	0,530	0,351
		*	0,338	0,694	0,531	0,374
		a	0,338	0,691	0,532	0,588
I уд, м/с		3042	3173	3508	3631	
Р, кН			1527	1609	1770	1774

Таблица. Результаты моделирования

В результате выявлено, что адекватные результаты, близкие к экспериментальным, даёт система реакций горения топлива «керосин-кислород» [4], но при этом получены завышенные значения температуры.

- 1. Егорычев, В.С. Термодинамический расчет и проектирование камер ЖРД с СПК TERRA: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013.-108 с.: ил.
- 2. Трусов, Б.Г. Программная система ТЕРРА для моделирования фазовых и химических равновесий при высоких температурах // III Международный симпозиум «Горение и плазмохимия». 24-26 августа 2005. Алматы, Казахстан. Алматы: Казак университеті, 2005. C. 52-57.
- 3. Лепихов А. В. Упрощенная кинетическая схема горения смеси RP-1/O2 для CFD-расчетов ракетных двигателей//Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2016. Т.17, вып. 1. http://chemphys.edu.ru/issues/2016-17-1/articles/626/
- 4. Зеленкин, В.Г. Теория горения и взрыва: конспект лекций / В.Г. Зеленкин, С.И. Боровик, М.Ю. Бабкин. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011.-166 с.

УДК 621.454.2

# АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ТЕЧЕНИЯ С ТЕПЛООТДАЧЕЙ В ПОЛОСТЯХ ВРАЩЕНИЯ ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

#### © Шлоссер Е.В., Зуев А.А.

e-mail: Shlosser88@mail.ru

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация

Одной из основных тенденций развития авиационно-космической техники является повышение качества проектирования, основанного на использовании современных расчетных методик и математических моделей, более корректно отражающих процессы, происходящие как в отдельных агрегатах, так и всего летательного аппарата в целом.

При проектировании проточных частей узлов турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей необходимо учитывать изменение температуры потока рабочего тела по длине рабочего канала, так как параметр вязкости является функцией температуры и определяет режим течения и как следствие потери, в частности дисковое трение и потери мощности на дисковое трение [1-2].

На основе полученных уравнений движения и выражений для определения локального коэффициента теплоотдачи разработан алгоритм расчета течения с теплоотдачей в полостях вращения, позволяющий проводить оптимизацию в области возможных вариаций конструктивных и режимных параметров узлов и агрегатов энергетических установок летательных аппаратов, по основным конструктивным и эксплуатационным параметрам: распределению скоростей, давлений и температур.

При разработке алгоритма расчета вращательного течения по закону «твердого тела»  $\frac{U}{R} = \omega = const$  с теплоотдачей использованы следующие основные уравнения:

– дифференциальное уравнение угловой скорости ядра потока:

$$\frac{d \omega_{g}}{dR} = -\frac{2 \pi}{\rho \dot{V}} \left( \tau_{0 \alpha}^{cm} - \tau_{0 \alpha}^{\partial uc\kappa} \right) - \frac{2 \omega_{g}}{R} ; \tag{1}$$

– дифференциальное уравнение статического давления:

$$\frac{dp}{dR} = \rho \omega \frac{2}{g} R + \frac{\rho \dot{V}^{2}}{4\pi^{2} z_{1}^{2} R^{3}} + \frac{1}{z_{1}} \left( \pm \tau \frac{\partial u c \kappa}{\partial R(\alpha)} \mp \tau \frac{c m}{\partial R(\alpha)} - \tau \frac{\partial u c \kappa}{\partial R(p)} - \tau \frac{c m}{\partial R(p)} \right). \tag{2}$$

Дифференциальные уравнения скорости и давления, полученные при интегрирований уравнений движения, для вращательного течения.

Данная система уравнений течения решается совместно с уравнениями поддержки и представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений приведенных к стандартному виду для численного интегрирования.

Уравнения течения дополняются уравнением энергии:

$$h = C_p(T + 273) + \frac{C^2}{2} - \frac{Q}{\dot{m}} + \frac{N}{\dot{m}}, \tag{3}$$

куда входят: тепловой поток, определяемый с помощью полученных аналитических выражений для локального коэффициента теплоотдачи и диссипация энергии трения.

Уравнения течения и энергии замыкаются уравнением состояния

$$pv = RT (4)$$

Данная система уравнений представляет замкнутую систему уравнений, совместное решение которой позволяет определить температурное поле в потоке, распределение скоростей и давлений, а также дает возможность определить распределение локального коэффициента теплоотдачи для всех точек поверхности. Совокупность упомянутых уравнений называется общим аналитическим описание теплоотдачи.

Основным преимуществом алгоритма по сравнению с алгоритмами, основанными на эмпирических зависимостях, является относительно широкая область применения. Алгоритм расчета течения с теплоотдачей в стенку реализован в программное обеспечение, которое позволяет рассчитывать полости течения различной формы, строить двумерные семейства характеристик различных параметров потока в зависимости от геометрических и режимных параметров.

- 1. Байбиков, А.С. Расчет гидродинамических параметров потока несжимаемой жидкости между вращающимся диском и корпусом. ОФАП. САПР №10387 / А.С. Байбиков, В.М. Харитоненко. М., 1982. 42 с.
- 2. Беляев Е.Н., Чванов В.К., Черваков В.В. Математическое моделирование рабочего процесса жидкостных ракетных двигателей: Учебник / Под. ред. В.К. Чванова М.: Изд-во МАИ, 1999 228 с.: ил.

# Секция 6

Перспективные исследования в машиностроении

UDC 531.36

# ROBUST ATTITUDE STABILIZATION OF A TRACK FOLLOWER MICRO AERIAL VEHICLE USING A VISION-BASED SENSOR

© <sup>1</sup>Nemati H., <sup>2</sup>Mirtajadini S.H., <sup>2</sup>Yazdanshenas A.

e-mail: h.nemati@lancaster.ac.uk

<sup>1</sup>Lancaster University, Lancaster, UK <sup>2</sup>Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Tehran, Iran

Autonomous track follower Micro Aerial Vehicles (MAVs) have been considered by researchers for the past few years. Recently there are many studies on achieving a stable and reliable MAV flight to perform accurate missions with high performance. Since human access is highly restricted in harsh environments, conventional navigation systems are not able to complete many of the required tasks. Track follower MAVs are implemented to many applications such as water channels [1] and railways [2] inspections and etc. Here, we propose a line following method and compare two attitude controllers. The aforementioned line following method can be divided into three tasks: 1) image processing algorithm, 2) path planning strategy and 3) attitude stabilization. The environment under study contains a ground floor with predetermined red tracks in which MAV is allowed to move on. Next, we explain each task briefly.

#### **Image Processing**

First, a colour detection algorithm is applied to form a thresholded image. Then to make the image smoother and to reduce noise effects, a Dilation algorithms is applied (Fig. 1.b). Thereafter, the edge of tracks in thresholded image is extracted using the Sobel algorithm (Fig. 1.c). Next, Hough Transform and "Hough peaks" algorithms are employed to detect the side lines of the tracks (Fig. 1.d). In the next step, the dominant side lines in the previous step are extracted for each side of the track based on their orientations (Fig. 1.e). Then desired lines can be easily found by averaging the side line parameters (Fig. 1.f). Finally the intersections of desired lines and image boundaries tend to provide $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$  and  $p_4$  points in the image frame which can be useful for path planning (Fig. 1.f).

#### **Path Planning**

The intersections of desired lines and image boundaries in pervious section indicate the correct target. The methodology for selecting the appropriate point is to filter out some points that do not contain any filled pixels in the binary image (Fig. 1.b). For the take-off phase, the point with smaller y in the image frame is chosen and for the rest of iterations, the point with lower distance to the former target is selected. Then, the desired velocity in body frame can be derived using the following equations

$$v_x = k_p dx; \ v_y = k_p dy + k_d \acute{\alpha} \tag{1}$$

where  $k_p$  and  $k_d$  are positive constants and  $\alpha$  is shown in Fig. 1.g schematically. dx and dy can be calculated as

$$dx = \|\hat{a}\|\cos\alpha; \ dy = \|\hat{a}\|\sin\alpha \tag{2}$$

where  $\hat{d}$  is the target direction in the body frame with a unit size (Fig. 1.g).

#### **Attitude Controller Design**

Two controllers are considered to stabilise the attitude of the MAV. First, a linear Proportional-Integral-Derivative (PID) controller is selected. Then, a robust nonlinear sliding mode controller is designed and its stability is guaranteed using the Lyapunov's direct

method. Due to the limitation in paper pages, both linear and nonlinear controllers are derived for the roll channel and they can be extended to other channels similarly. A linear PID roll torque is

$$\tau_{\phi} = \kappa_{p}(\phi_{r} - \phi) + \kappa_{i} \int (\phi_{r} - \phi) dt - \kappa_{d} \dot{\phi}$$
 (3)

where  $[\kappa_p \quad \kappa_i \quad \kappa_d] = [0.011 \quad 0.010 \quad 0.003]$  are PID gains and  $\phi_r$  is the command roll. Next, the conventional sliding surface for roll channel can be defined as

$$S_{\phi} = -\dot{\phi} + \lambda_{\phi}(\phi_r - \phi) \tag{4}$$

where  $\lambda_{\phi}$  is a positive sliding gain. As a result, by applying the Lyapunov's direct method, the stability of the system can be guaranteed and the roll control torque can be derived as

$$\tau_{\phi} = I_{x} \left[ \mu_{\phi} signS_{\phi} + \frac{I_{z} - I_{y}}{I_{x}} \acute{\theta} \acute{\psi} - \lambda_{\phi} \acute{\phi} \right] \tag{5}$$

where  $\mu_{\phi}$  is a positive sliding gain. To avoid chattering phenomenon, one can approximate the discontinuous signum function with the hyperbolic one in Eq. (5) (Fig. 1–3).

#### **Simulation Results**

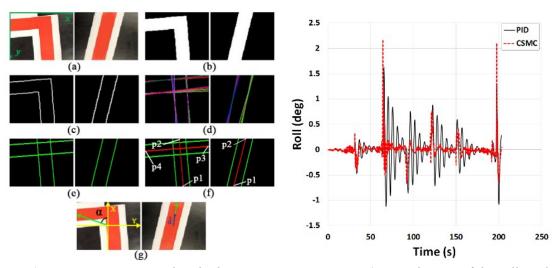


Fig. 1. Image processing and path planning

Fig. 2. Time history of the roll angle

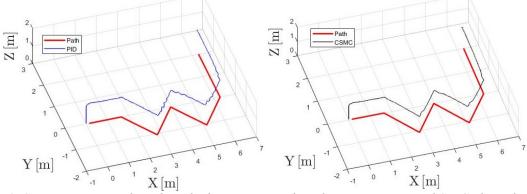


Fig. 3. System trajectory based on the linear PID and nonlinear conventional SMC algorithms

#### References

- 1. Brandao, A.S., Martins, F.M., and Soneguetti, H.B. A vision-based line following strategy for an autonomous UAV, 12<sup>th</sup> Int. Conf. Inform. Contr. Autom. Robot., ICINCO-2015.
- 2. Pali, E., Mathe, K., Tamas, L., Busoniu, L. Railway track following with the A.R.Drone using vanishing point detection. *IEEE Int. Conf. Autom. Qual. Test. Robot.*, 2014.

УДК 629.3.017.5

#### TESTING OF A HYDRAULIC HYBRID HEAVY GOODS VEHICLE

# © William J.B. Midgley<sup>1</sup> and David Cebon<sup>2</sup>

e-mail: w.j.midgley@lboro.ac.uk

<sup>1</sup> Loughborough University, UK

<sup>2</sup> Cambridge University, UK

#### Introduction

Heavy goods vehicles can save energy if they are used for urban delivery instead of smaller vehicles [1]. However, electric machines and batteries are unsuitable for hybridising semitrailer axles, and hydraulic systems are preferable [2]. A hydraulic hybrid regenerative braking system, integrated with trailer steering axles was designed and built for a semitrailer [3–5]. This paper describes some of the results from testing.

#### Method

The system was built as described in [4]. Several component tests were undertaken to determine system parameters such as pressure drops and heat transfer coefficients for the high- and low-pressure accumulators. The vehicle was tested at Bourn Airfield in Cambridgeshire, UK over a series of stop-start cycles. These results were then used to validate a computer model, which was used for further analysis over a range of drive cycles.

#### Results

During testing, the hydraulic hybrid system reduced the fuel consumption of the vehicle by 17.5% over a simple stop-start cycle. This reduction does not consider the added mass of the regenerative braking system, which is estimated at 1,868kg. Under simulation, it was found that the hydraulic components reduced the fuel usage by 7.4% per tonne.km of freight transport. However, if the prototype hardware were replaced with a "commercial" system using carbon fibre accumulators, it is expected that the benefits would increase to a 11% fuel saving over a simple stop-start cycle.

The lighter-weight design was then simulated over a range of urban test cycles, both with and without engine stop-start (turning the engine off when the vehicle is stationary), which is enabled by the 'launch assist' characteristic of the hydraulic system. Under these conditions, the system reduced fuel usage by 6.5-18.1%, depending on the cycle.

There are significant fuel usage gains when moving from rigid vehicles (20t maximum total mass) to articulated vehicles (44t maximum total mass) [1]. These gains can be achieved by the trailer steering technology implemented on the test vehicle [3]. This is also true when looking at regenerative braking – when moving from rigid vehicles to articulated vehicles with regenerative braking and trailer steering, it is apparent that 23%-42% of fuel can be saved, depending on the characteristics of the urban cycle.

#### Conclusions and Further Work

A hydraulic regenerative braking system for a heavy goods vehicle was designed, built and tested. The system saved 17.5% fuel when tested over a simple stop-start cycle. In modelled scenarios, a "commercial system" using carbon fibre accumulators could save up to 42% fuel when compared to a rigid goods vehicle.

As electric systems have become lighter and more powerful, the case for hydraulics is no longer as clear-cut. The authors suggest further studies into the viability of hydraulic regenerative braking, and the development of a commercial system for in-service testing.

#### References

- 1. A. M. C. Odhams, R. L. Roebuck, Y. J. Lee, S. W. Hunt, and D. Cebon, "Factors influencing the energy consumption of road freight transport," Proc. Inst. Mech. Eng. Part C-Journal Mech. Eng. Sci., vol. 224, no. 9, pp. 1995–2010, 2010.
- 2. W. J. B. Midgley and D. Cebon, "Comparison of regenerative braking technologies for heavy goods vehicles in urban environments," Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng., vol. 226, no. 7, pp. 957–970, 2012.
- 3. W. Midgley and D. Cebon, "Architecture of Regenerative Braking Systems for Heavy Goods Vehicles," AVEC 10. Loughborough, UK, 2008.
- 4. W. Midgley and D. Cebon, "Specifying a hydraulic regenerative braking system for an articulated urban delivery vehicle," in 2011 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2011, 2011.
- 5. W. J. Midgley and D. Cebon, "Control of a hydraulic regenerative braking system for a heavy goods vehicle," Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng., vol. 230, no. 10, pp. 1338–1350, Sep. 2016.

УДК 621.983.011

## УЧЁТ НАСЛЕДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ФОРМООБРАЗОВАНИИ ОБТЯЖКОЙ ОБОЛОЧЕК ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ

© Агафонова Д.В., Михеев В.А.

e-mail: Dafna Agafonova@mail.ru

Самарский национально-исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

За получение специальных свойств материала деталей, необходимых прочностных и эксплуатационных свойств отвечает технологическая наследственность. Но она может привести как к улучшению технологических свойств, так и к ухудшению эксплуатационных характеристик изделия [1].

При организации работы по повышению качества деталей машин на базе технологической наследственности главным является установление факта переноса определенного свойства от предыдущей операции к последующей. Изучение проявления технологической наследственности позволяет в определенной степени управлять этим процессом и тем самым помогает наиболее рациональными методами достичь оптимальной долговечности изготавливаемых и восстанавливаемых деталей машин и повышения надежности их работы.

Технологический процесс изготовления деталей оболочек сложных форм должен быть разработан с учётом технологической наследственности так, чтобы получить у детали положительные качества. Технологическая наследственность проявляется на всех этапах реализации технологических процессов и связана с изменением свойств материала при прокатке, обтяжке, промежуточной и окончательной термической обработке. Поэтому в качестве факторов ограничивающих предельные возможности процесса обтяжки приводится либо деформация е предпредельно допустимого формоизменения листовой заготовки либо критическая деформация е № , в результате которой происходит рекристаллизация и разупрочнение металла.

Следует учесть тот фактор, что из-за значительной двойной кривизны изменяются и напряжения, распределяются они неравномерно. То есть, когда в одном участке заготовки детали растягивающие напряжения достигли предельной деформации и увеличиваются, но в другом ещё только превышают его предел текучести и деформируются при других граничных условиях. По толщине в сечениях заготовки действуют только растягивающие напряжения, что снижает влияние упругих деформаций.

При снятии нагрузки все сечения оболочки упруго сжимаются на одинаковую величину — упругой деформации от растяжения. Однако одни участки заготовки, например краевые, успевают разгрузиться, а другие — центральные участки из-за жесткости краевых не успевают разгрузиться полностью. Поэтому будут иметь место остаточные упругие напряжения и деформации, которые приведут к некоторому искажению формы поверхности оболочки. Чем значительнее двойная кривизна оболочки, тем больше искажение ее формы. Тогда доводочные работы при изготовлении таких деталей будут неизбежны. В связи с этим необходимо определить минимальное значение деформации е min с учётом снижения искажения формы оболочки, до уровня, определяемого точностью образования обводов летательного аппарата.

Наряду с искажением формы оболочки отклонения в точности обводов зависят от отклонения толщины детали обшивки. Дополнительные требования по минимальной

толщине обшивочной детали и разнотолщинности привело к необходимости определения деформации е определения деформации е определения деформационные зарактеристики детали, а при условии равномерного деформирования — возможность более полного использования деформационных возможностей листового материала.

В этом случае равномерное изменение толщины листовой заготовки должно осуществиться при сочетании способов обтяжки в одном переходе формообразования, а также при наличии рациональных показателей анизотропии механических свойств материала листовой заготовки, полученных в процессе прокатки [2].

Таким образом, определены основные уровни деформации:  $e^{\kappa p}$ ,  $e^{\min}$ ,  $e^{\partial m}$ ,  $e^{\partial m}$ ,  $e^{\partial m}$  . При их совместном учете можно задать листовой заготовке необходимые свойства, которые после её формообразования обтяжкой смогут обеспечить высокие эксплуатационные характеристики детали.

- 1. Кузнецов Н.Д., Цейтлин В.И., Волков В.И. Технологические методы повышения надёжности и ресурса деталей машин. М.: Машиностроение, 1993. 304 с.
- 2. Михеев В.А. Деформация листовой заготовки при формообразовании обтяжкой оболочек сложных форм с учетом технологической наследственности // Труды международной научно-технической конференции "Проблемы и перспективы развития двигателестроения". Самара: СГАУ, 2003.

УДК 681.587.72

#### ИССЛЕДОВАНИЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ИЗ ПЬЕЗОАКТЮАТОРА И СПЕЦИАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

© Азизов М.Э., Федотов Ю.А.

e-mail: mirat.azizov@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Для решения различных задач в микрометровом, а тем более в нанометровом диапазоне, требуются совершенно новые технологии и технические средства. Так, например, для юстировки точной оптики в различных лазерных измерительных системах привычные всем электроприводы не подходят, так как не позволяют обеспечить необходимые параметры позиционирования с заданной точностью. Для этих целей сегодня всё чаще применяются пьезодвигатели и пьезоактюаторы.Однако эффективное использование данных технических средств невозможно без систем их управления, в которых учитываются статические и динамические характеристики объектов управления [1].

В своей работе мы исследуем амплитудно-частотные характеристики системы, состоящей из пьезоактю P-810.20 (см. рис. 1) и специального источника питания E-663 LVPZT с помощью лазерного виброметра PDV-100 [2].



Рис. 1. Объекты исследования

Для считывания показаний с лазерного виброметра мы использовали цифровой измеритель-усилитель LMS SCADA, а также программное обеспечение для работы с данным измерителем LMSTest.Xpress.

Этапы исследования:

- 1) На первом этапе нами была создана программа для считывания и фиксирования показаний лазерного виброметра. В данной программе была произведена настройка канала, по которому принимались данные от виброметра, а именно были произведены:
  - настройка фильтра низкочастотных колебаний на частоту срезу равную 22 кГц;
  - настройка диапазона входного сигнала от виброметра (от 0 до 4 В);
- настройка размерности и коэффициента пересчёта для выдаваемых программой показаний (m/s, коэффициент пересчёта 40 V/(m/s)).

После настройки канала нами были также сделаны четыре графические области для наглядного представления показаний измерительного прибора (см. рис. 2).

2) На втором этапе, исходя из паспортных характеристик специального источника питания E-663 LVPZT, мы выбрали несколько амплитуд управляющего сигнала,

подаваемого от генератора на управляющий вход специального источника питания: 100 мВ, 500 мВ, 1 В, 2 В, 4 В. Соответственно, на выходе E-663 LVPZT получили выходные сигналы с амплитудами: 1 В, 5 В, 10 В, 20 В, 40 В. Форма сигнала, вырабатываемого генератором – прямоугольная (меандр) [3].

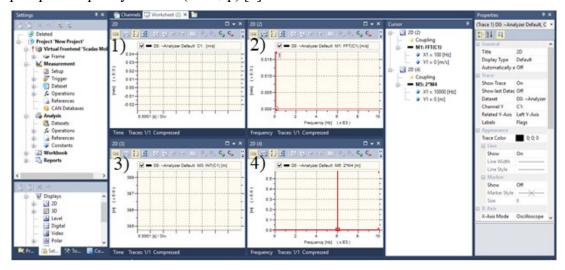


Рис. 2. Программа для снятия показаний с виброметра PDV-100

После выбора управляющих сигналов мы с помощью виброметра замеряли скорость перемещения подвижного торца пьезоактюатора, после чего с помощью программного пакета LMS Test. Хргеss определяли перемещения торца пьезоактюатора и фиксировали полученные значения. При снятии амплитудно-частотных характеристик был выбран диапазон частот от 50 Гц до 10 кГц. По полученным графикам было определено, что частоты среза для различных амплитуд входного сигнала составили соответственно: 8 кГц, 5 кГц, 4 кГц, 3 кГц, 2 кГц. Также при больших амплитудах сигнала управления (1 В, 2 В, 4 В) на всех характеристиках прослеживается появление резонансного увеличения амплитуды перемещений торца пьезоактюатора при частотах близких к 250 Гц (см. рис. 3).

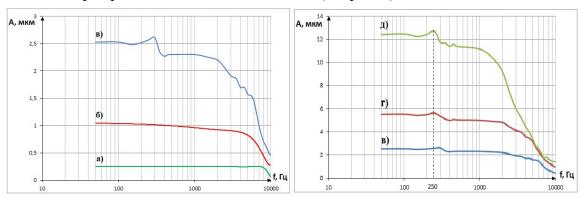


Рис. 3. АЧХ при амплитудах входного управляющего сигнала равных: а) 100 мВ; б) 500 мВ; в) 1 В; г) 2 В; д) 4 В.

- 3) На третьем этапе для выявления причины возникновения резонанса мы двумя путями изменили систему:
- ввели демпферы между пьезоактю атором и устройством его фиксации, а также между виброметром и монтажной плитой;
  - изменили пьезоактю атор на идентичный P-810.20.

После введения каждого изменения мы снова сняли АЧХ и сравнили их с начальной АЧХ системы (см. рис. 4, 5).

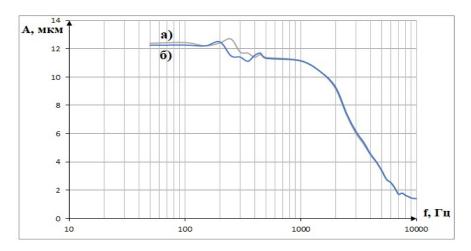


Рис. 4. АЧХ системы: а) без демпферов; б) с демпферами

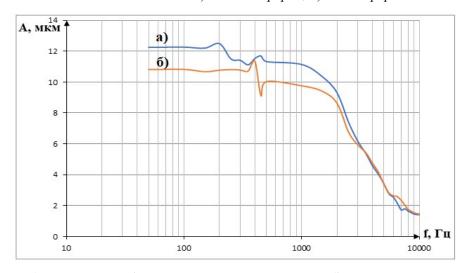


Рис. 5. АЧХ системы: а) с первым пьезоактюатором; б) со вторым пьезоактюатором

Из полученных графиков видно, что при введении в систему демпферов частота резонанса уменьшилась с 250 Гц до 200 Гц, что говорит о том, что резонанс вызван не механическими свойствами монтажной плиты и устройства, фиксирующего положение корпуса пьезоактюатора, а механическими свойствами корпуса пьезоактюатора и изменение пьезоактюатора на идентичный это подтвердило: частота резонанса изменилась с 200 Гц до 400 Гц.

Результаты исследования показали, что АЧХ системы, состоящей из пьезоактюатора и специального источника питания, в значительной степени зависят от величины управляющего сигнала, конкретного экземпляра пьезоактюатора и имеют область резонанса, обусловленного собственной частотой механического резонанса корпуса пьезоактюатора.

- 1. А.А. Бобцов, В.И. Бойков, С.В. Быстров исполнительные устройства и системы для микроперемещений [Текст]: Учебное пособие Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2017.—137 с.
- 2. Каталог продукции компании PI [Электронный ресурс] // Сайт компании PI URL: https://www.physikinstrumente.com/en/products/controllers-and-drivers/nanopositioning-piezo-controllers/e-663-three-channel-piezo-driver-601800/ (дата обращения: 20.04.2019)
- 3. Принципы построения пьезоэлектрических моторов. В. Лавриненко, ISBN-13:978-3-659-51406-7, ISBN-10:3659514063, изд. «Lambert», 2015.

УДК 539.216.2, 620.179.119, 620.199

#### ВЛИЯНИЕ РАСТЯГИВАЮЩИХ НАГРУЗОК НА НАПРЯЖЕНИЕ ПРОБОЯ ТОНКИХ ПЛЁНОК

#### © Алиев А.А.

e-mail: a.aliyev@naa.az

Национальная Академия Авиации, г. Баку, Азербайджан

Рассмотрена проблема электрического пробоя внешних лакокрасочных покрытий (ЛКП) летательных аппаратов (ЛА) в контексте образования в полимерной плёнке зон с пониженной плотностью и разрывом макромолекул. ЛКП, нанесённое на поверхность ЛА, уже находится в растянутом состоянии, что может быть причиной пробоя вследствие накопления повреждений в наиболее растянутых точках.

На примере полиэфируретановой (ПЭУ) плёнки проведён анализ процесса воздействия высокого напряжения на растянутую плёнку ЛКП и её пробой при 0%, 20%, 40%, 60 и 80% от величины предела прочности на растяжение ( $\sigma_B$ ).

Показано, что с ростом растягивающей нагрузки напряжение пробоя (электрическая прочность) ПЭУ плёнки экспоненциально убывает, что позволяет спрогнозировать стойкость материала к электроразрядам в конкретных эксплуатационных условиях.

- 1. Соболевская Е. Г. и др. Исследование теплового воздействия движущейся дуги на элементы конструкции летательного аппарата. Межвузовский сборник научных трудов ЧТУ им. И. Н. Ульянова, Чебоксары, 1989 г. с. 71-79
- 2. Соболевская Е.Г. и др. Электрофизические характеристики проводящих полимерных композиционных материалов при воздействии сильных импульсных токов и молниезащита углепластиковых конструкций. Тезисы доклада на международной конференции по композитам, АН СССР, Серия «Перспективные материалы», Москва, 1990 г. с.230-56.
- 3. Каверинский В. С., Смехов Ф. М. Электрические свойства лакокрасочных материалов и покрытий. М., Химия, 1990 г., с. 14-15
- 4. И. Н. Гуляев и др. Молниезащита и встроенный контроль для конструкций из ПКМ (Специальный выпуск). Труды ВИАМ, М., №4, 2013 г.
- 5. В. А. Закревский, Н. Т. Сударь. Электрическое разрушение тонких полимерных плёнок. Физика твёрдого тела, 200 г., т. 47, вып. 5, С. 931-936.
- 6. Э. С. Привердиев, А. Х. Джанахмедов, А. И. Вольченко, Н. Н. Фидровская, Н. А. Вольченко, В. С. Скрыпнык. Узлы трения в машиностроении. Баку, Элм, 2018 г., 440 с., С. 288-292
- 7. Возможные механизмы распада макромолекул в механических и электрических полях / Закревский В.А., Слуцкер А. И.// ВМС. -1984. Т. 26(A), №6. С. 1201 -1206.
- 8. Theory of electrical discharge and breakdown in low-mobility condensed insulators / Kao K.C. New.// J. Appl. Phys. -1984. V. 55. N 3. P. 752 755
- 9. Charge injection and electroluminescence as a prelude to dielectric breakdown / Lebey T., Laurent C. // J. Appl. Phys. 1990.-V. 68. N1.-P.275-282
- 10. Камзолов С. К. и др. Исследование влияния лакокрасочных покрытий на молниестойкость авиационных металлически х материалов. Наука и техника гражданской авиации. Серия: Летательные аппараты и двигатели. М.; НТРС ЦНТИ ГА, 1982, вып. 1, С. 17-21.

- 11. Разумовский А.Н. Влияние диэлектрических покрытий на молниестойкость обшивки самолета. Экспресс-информация, «Воздушный транспорт». Отечественный опыт, 1986, вып. 8., С. 78.
- 12. Пашаев А.М. и др. Патент ARI 20060022. Уплотнительный компаунд // Азербайджанская Республика, Государственный комитет по стандартизации, метрологии и патентам. Официальный бюллетень «Промышленная собственность». Бюлл. 1. 11.04.2006. С. 28 [на азерб. яз.]
- 13. ГОСТ 31993-2013 (ISO 2808:2007) Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия
  - 14. ГОСТ 14236-81. Плёнки полимерные. Метод испытания на растяжение
- 15. ГОСТ 28840-90 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования
- 16. Кужекин И.П. Испытательные установки и измерения на высоком напряжении. М.: Энергия, 1980 г.
- 17. ГОСТ 1516.2-97 Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции
- 18. ГОСТ Р 52082-2003. Изоляторы полимерные опорные наружной установки на напряжение 6-220 кВ
  - 19. Райзер Ю.П. и др. Искровой разряд, М., МФТИ, 1997 г., 320 с.

УДК 681.5

#### МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКИЕ УПЛОТНЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

#### © Атанов А.Ю., Найгерт К.В., Целищев В.А.

e-mail: azamat.atanov.97@mail.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Российская Федерация

Южно-уральский государственный университет, г. Челябинск, Российская Федерация

Герметизирующие устройства относится к машиностроению, в частности к уплотнительной технике, и может быть использовано в герметизирующих устройствах гидравлической и газовой аппаратуры, например в гидромашинах, гидроцилиндрах, насосах, газовых компрессорах. Основными недостатками герметизирующих устройств является малая долговечность при высоких давлениях рабочей среды, прилипание к металлическим деталям при длительных перерывах в работе, высокими потерями мощности на трение и малым рабочим интервалом температур рабочей среды. Магнитореологические уплотнения — это уплотнения нового типа, которые могут устранить ряд недостатков традиционных герметизирующий систем.

Уплотнения являются одной из важнейших частей оборудования. От них зависят многие, часто довольно противоречивые, параметры, например, такие как герметичность и трение. Обычно для герметизации вращающихся валов широко используются механические и масляные герметизаторы. Назначение этих известных герметизаторов состоит в уменьшении количества веществ (в особенности смазочных масел или газов), просачивающихся из одной области в другую. Герметизация валов с помощью магнитных жидкостей позволяет свести объем утечек к нулю как при неподвижном, так и при вращающемся вале.

Основные характеристики магнитореологических герметизаторов.

- 1. Поскольку герметизация рабочего зазора обеспечивается контактом жидкости и твердого тела, устройство обладает высокой герметичностью (размеры промежутков между вращающимися и неподвижными частями имеют размеры молекул).
- 2. Поскольку в герметизаторе контактируют жидкость и твердое тело, отсутствует загрязнение объема частицами герметизирующего материала, образующимися при трении в системах герметизации с трущимися телами, и износостойкость герметизатора повышается. Кроме того, благодаря отсутствию собственных абразивных частиц и свойству задерживать сколь угодно мелкие частицы, устройство может быть также использовано в качестве высоконадежного противопылевого герметизатора.
- 3. В традиционных масляных и механических герметизаторах необходимо обрабатывать контактирующие поверхности с высокой точностью, при этом нужно обращать особое внимание на влияние формы, свойств, давления материалов, контактирующих в герметизаторе. Для магнитореологических герметизаторов этих проблем не существуют.
- 4. Поскольку герметизация происходит в условиях прилипания жидкости к поверхности твердого тела, отсутствует тепловыделение, происходящее при трении твердых тел, как в механических уплотнениях, что исключает рост температуры на поверхности контакта.

Магнитореологические герметизаторы имеют и недостатки:

- 1. Поскольку это герметизаторы нового типа, накопленные знания пока невелики и технические рекомендации по конкретному применению практически отсутствуют.
- 2. До настоящего времени не решена проблема гидродинамического смешивания магнитных жидкостей и герметизируемых жидкостей, поэтому разработка систем герметизации для жидкостей отстает от герметизации газовых и вакуумных камер.
- 3. Поскольку предельно допустимое давление газа в расчете на один магнитореологический герметизатор (максимальное давление, при котором возможна герметизация вала) составляет самое большое несколько атмосфер, практически невозможна герметизация потоков с давлением, доходящим несколько сотен атмосфер.

Важным трендом в развитии магнитореологических герметизаторов вращающихся узлов является разработка бессмазочных систем или систем с незначительной смазкой. Разрабатываются новые материалы и их комбинации для уплотнения возвратно-поступательных механизмов. Важными требованиями к материалам являются долговечность, высокая надежность, увеличение предельно допустимого давления, грязеотталкивающие свойства, стойкость к экстремальным температурам, увеличенный эксплуатационный ресурс и совместимость с различными рабочими средами. Одним из важнейших аспектов, который необходимо учитывать при разработке уплотнений, является тенденция к переходу на новые смазочные материалы.

- 1. Ronald G. Larson The Structure and Rheology of Complex Fluids. NY: Oxford University Press, 1999. 682 p.
- 2. Найгерт К.В., Редников С.Н. Автоматизация рабочего процесса магнитореологического дросселирующего устройства // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». -2016. -T. 16, №2. С. 23 -32.
- 3. Найгерт К.В., Редников С.Н. Технологии управления расходными характеристиками потока посредством изменения реологических свойств рабочих сред // Вестник ЮУрГУ. Серия«Машиностроение». 2016. –Т. 16, –№2. С 52–60.
- 4. Найгерт К.В., Редников С.Н., Япарова Н.М. Процессы полимеризации рабочей среды в зазорах золотниковых пар // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. -2016. -№.46. -C.172-190.
- 5. Редников С.Н., Найгерт К.В., Прокудина Л.А. Методика расчета адсорбционных процессов в малых зазорах проточной части приводов высокого давления // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». -2017. Т. 17, №1. С. 21–32.
- 6. Шульман З.П., Кордоский В.И. Магнитореологичекий эффект. Мн.: Наука и техника, 1982.-184 с.
- 7. Такетоми С., Тикадзуми С. Магнитные жидкости: Пер. с японск. М.: Мир, 1993. 272 с.

УДК 621.91.01.015

#### РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗНОСА ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА НА ОСНОВЕ ОБОБЩЁННОЙ МОДЕЛИ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ

#### © Борминский А.В, Дёмина А. Ю., Силаев Б.М.

e-mail: paznhr@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В работе исследуется зависимость износа шлифовального круга от совокупности внешних и внутренних факторов. Структурно-функциональная схема шлифования представлена на рис. 1. А на рис. 2 изображена схема контакта зерна и заготовки.

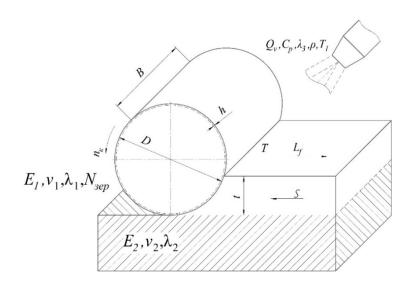


Рис. 1. Структурно-функциональная схема шлифования

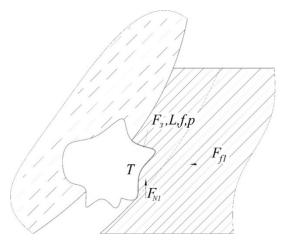


Рис. 2. Структурно-функциональная схема контакта зерна и заготовки

На основе трибологической системы как трибореактора, в котором происходят обменные процессы в виде взаимных превращений и переноса энергии различных видов, взаимных преобразований и переноса массы вещества и количества движения

[1] была разработана математической модель контактного воздействия и изнашивания шлифовального круга в процессе шлифования заготовки.

$$h = K \left[ \frac{\left( \frac{\tau_S v_S}{h_S} + \gamma_d T_\sigma T_{\varepsilon} + \frac{1}{T} \sum_q \left| j_q \middle| \nabla T \right) h_S}{\sum_q \left| j_q \middle|} \right]^a n_z L_T$$

где  $\tau_S$  и  $v_S$ — касательные напряжения и скорость скольжения зерна;  $\gamma_{d,}T_{\sigma,}T_{\varepsilon}$ — коэффициент гистерезисных потерь, тензоры напряжений и скоростей деформаций, соответственно;  $\nabla T$  и  $j_q$ — градиент температуры и плотность потока (поток на единицу площади тепловой энергии), соответственно;  $n_z$ — количество зёрен в контакте.

Параметры, входящие в представленную формулу, были выведены с помощью [1-6].

Таким образом, износ шлифовального круга является сложной аддитивной функцией, зависящей от механических, термодинамических, химических параметров и некоторых случайных факторов.

Разработанная модель учитывает непосредственно или опосредованно все параметры, определяемые функциональной схемой трибосистемы «шлифовальный круг-деталь».

И для её уточнения и получения значений коэффициента пропорциональности K и показателя степени a необходимо провести экспериментальные исследования. Остальные данные можно найти по справочной научно-технической литературе.

- 1. Силаев Б.М. Трибология деталей машин в маловязких смазочных средах. [Текст] Самара: Изд-во Самар. гос. Аээрокосм. Ун-та 2008. 264 с.
- 2. Смирнов А.В. Шлифование прерывистыми кругами с упругодемпфирующими элементами СПб.: Политехника, 2011 91 с.
- 3. Даниленко М.В. Разработка динамической математической модели силы резания с учетом влияния износа шлифовального круга: диссертация ... кандидата Технических наук: 05.02.07 / Даниленко М.В.;[Место защиты: ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»], 2018.- 175 с.
- 4. Островский, В.И. Теоретические основы процесса шлифования / В.И. Островский. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1981. –144 с.
- 5. Королев, А.В. Теоретико-вероятностные основы абразивной обработки. Часть 2. Взаимодействие инструмента и инструмента и заготовки при абразивной обработке / А.В. Королев, Ю.К. Новоселов. —Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1989. —160 с.
- 6. Иванова Т. Н. Повышение эффективности торцового алмазного шлифования пластин из труднообрабатываемых сталей на основе изменения температурно-силовых условий процесса: диссертация ... доктора технических наук: 05.02.08 / Иванова Татьяна Николаевна; [Место защиты: Пермский национальный исследовательский политехнический университет].- Чайковский, 2014.- 418 с.

УДК: 614.844.6:544.772+662.62-911.38

# МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ТВЕРДОТОПЛИВНОМ ГАЗОГЕНЕРАТОРЕ (НТГГ) С ИНЕРТНЫМ ТЕПЛООБМЕННИКОМ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

#### © Бортников Р.А., Сальников А.Ф.

e-mail: borneo.pstu@yandex.ru

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Российская Федерация

Важнейшей областью применения НТГГ с инертными теплообменниками являются системы объёмного аэрозольного пожаротушения [1].

Нередко разработчики генераторов огнетушащего аэрозоля сталкиваются с задачей определения связи параметров теплообмена с массогабаритными характеристиками теплообменников различных конструкций при максимальном снижении температуры продуктов сгорания аэрозольобразующего твердотопливного заряда. В первую очередь такая постановка задачи обуславливается возможным негативным термическим воздействием продуктов сгорания на человека, электронное оборудование и материальные ценности [2].

Целью работы является повышение эффективности инертных теплообменников генераторов огнетушащего аэрозоля и разработка НТГГ, сохраняющего безопасный диапазон концентрации, температуры и давления продуктов сгорания в защищаемом помещении.

Физические процессы в НТГГвключают в себя горение воспламенителя, прогрев, зажигание и горение твердого топлива, течение продуктов сгорания в камере сгорания и в каналах теплообменника. Отличительной особенностью аэрозольного НТГГ является его работа на докритическом режиме при давлении p < 0.2 МПа [3].

В рамках поставленной цели произведен выбор принципиальных схем инертных теплообменников: трубчатые, пластинчатые, матричные; рассмотрены различные интенсификаторы теплообмена. Математическая модель построена решениинестационарной задачи сопряженного теплообмена (1-2) для каждого из цилиндрических участков теплообменника средствами системы Maple. условиях задача сопряженного теплообмена решена определенных  $(Bi \leq 1)$ аналитически, с помощью преобразований Фурье и Лапласа. Разработанные программы позволили смоделировать влияние параметров теплообменника на основные выходные НТГГ. Верификация математической характеристики модели проводилась лаборатории кафедры РКТиЭУ, ПНИПУ путем сопоставления расчетных экспериментальных выходных характеристик. Погрешность не превышает 12%.

$$c_{pf} \cdot G \cdot (\partial T_f / \partial z) = \alpha_1 \cdot \Pi_1 \cdot (T_S - T_f) + \alpha_2 \cdot \Pi_2 \cdot (T_S - T_f),$$

$$(\rho c / \lambda)_S \cdot (\partial T_S / \partial t) - (\partial^2 T_S / \partial r^2) - (1/r) \cdot (\partial T_S / \partial r) = 0,$$
(1)

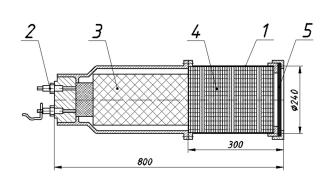
где T — температура, G — расход,  $\alpha$  — коэффициент теплоотдачи,  $\Pi$  — площадь поверхности, r,z,t— координаты; индексы: f — параметры, относящиеся к продуктам сгорания (газу),

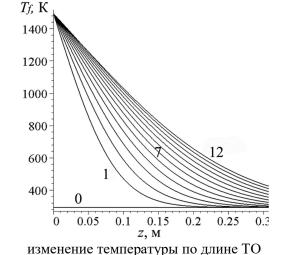
S – параметры стенки.

Результаты моделирования использовались для построения температурных полей в элементах и по длине теплообменников в зависимости от скорости газа и от соотношения энтальпии и поглощательной способности конструкций (массы,

конфигурации). Получены рекомендации проектирования, материала, ДЛЯ представленные в виде номограмм, позволяющих подобрать типоразмер трубчатых, теплообменников пластинчатых ИЛИ матричных c заданными характеристиками.С учетом рекомендаций разработаны НТГГ, теплообменники которых уменьшают температуру продуктов сгорания на 80% и более. Показано, что в матрицах из перфорированных дисков отношение изменения энтальпии к массе DH/m на 15% выше по сравнению с последовательно расположенными пластинами и на 30-40% выше по отношению к пучкам труб. Моделированием подтверждено, что после срабатывания аэрозольных НТГГ температура в помещении не превысит 320К.

На рисунке представлена одна из энергоэффективных схем НТГГ, с матричным теплообменником и его основные характеристики.





1 - корпус; 2 — воспламенитель; 3 — твердотопливный заряд; 4 — матричный теплообменник; 5 — выходная мембрана.  $N_{ouckog}$ =46;  $d_{ome}$ =5 мм;  $n_{ome}$ =397;  $t_{pao}$ =12 c

- относительное падение энтальпии продуктов сгорания:  $\Delta = (Hin-Hout)/Hin=93,83\%$ ;

- отношение изменения энтальпии к массе конструкции:  $\Delta H/m_{TO} = 75,97 \ \kappa \cancel{\square} \cancel{ж}/\cancel{\kappa}z$ ;
- коэффициент компактности:  $\beta = F_{TO}/V_{TO} = 1206,4 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ;
- объем защищаемого помещения:  $V=180 \, \text{м}^3$

Рис. НТГГ с матричным теплообменником

Таким образом, проведенное исследование позволяет проектировать малогабаритные НТГГ с эффективными инертными теплообменниками, сохраняющие безопасный диапазон концентрации, температуры и давления воздушно-аэрозольной смеси в защищаемом помещении.

- 1. Девяткин, В. А., Серебренников С. Ю., Чернов С. В. Анализ эффективности автоматических аэрозольно порошковых систем пожаротушения на крупных нефтегазовых объектах / В. А. Девяткин, С. Ю. Серебренников, С. В. Чернов // Пожаровзрывобезопасность. 2015. 1.24, No.6. 1.24,
- 2. Бортников, Р. А., Потапов, Б. Ф. Проектирование и оптимизация габаритно-массовых характеристик генераторов огнетушащего аэрозоля с инертным теплообменником / Р. А. Бортников, Б. Ф. Потапов // Вестник Ижевского государственного технического университета.  $2008. N \ 3(39). C. 6-8.$  ВАК
- 3. Серебренников, С. Ю. Аварийные системы с газогенераторами и двигателями на твердом топливе (теория и эксперимент) / С. Ю. Серебренников; Рос. акад. наук, Уральское отд-е, Ин-т механики сплошных сред.- Екатеринбург: УрО РАН, 2002.-266 с.

УДК 629.1

#### ОПЕРАЦИЯ ГИБКИ В ОСНАСТКЕ С УПРУГИМ ЭЛЕМЕНТОМ

#### © Волгушев А.А., Нестеренко Е.С.

e-mail: anton.volgushev@ya.ru, nesterenko77@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

При получении изделий из листового материала операцией гибка очень часто возникает неточность заданных геометрических размеров детали, а именно: угла и радиуса гиба. И главная проблема при деформировании полуфабрикатов — упругое пружинение. После снятия со штампа детали "раскрываются" с определенным углом пружинения. Угол пружинения зависит от механических свойств и толщины материала, радиуса гибки, формы детали и способа гибки. Угол пружинения может быть определен путем расчета величины напряжений и упругой деформации, а также и посредством испытаний и замеров. Существует множество способов одноугловой гибки [1, 2].

Для компенсации упругого пружинения предлагается ввести упругий элемент. В работе предложена следующая схема гибки (см. рис.).

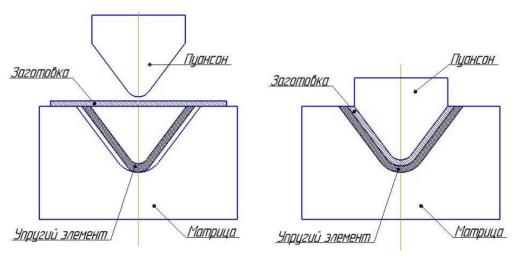


Рис. Принципиальная схема гибки с использованием упругого элемента

Угол пружинения определяется по формуле [2]:

$$tg\beta = 0.375 \frac{l}{kS} \cdot \frac{\sigma_{\rm T}}{E} \tag{1}$$

где  $\beta$  — угол пружинения (односторонний); k-коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя; l- расстояние между опорами, мм;  $\sigma_{\rm T}$  —предел текучести материала, МПа; E —модуль упругости, МПа.

Усилие гибки определяется по формуле [2]:

$$P = BS\sigma_{\rm B}k_1 \tag{2}$$

где В — ширина полосы, мм; S — толщина полосы, мм;  $\sigma_{\rm B}$  —предел прочности, МПА;  $k_1$  — коэффициент для свободного гиба [2].

Используя опыт предыдущих работ [3,4], были проведены расчеты и экспериментальные исследования по определению упругого пружинения для материалов с учётом их свойств. Результаты показали, что используя новую схему гибки можно получить детали с более точными размерами без проведения дополнительной операции калибровки радиуса и угла.

- 1. Схема штампа для операции гибки V-образных деталей / Волгушев А.А., Нестеренко Е.С. // Сборник тезисов докладов международной конференции «Гагаринские чтения». Т. 3. М.: МАИ. 2018. С. 260.
- 2. Справочник по холодной штамповке / Романовский В. П. 6-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1979. 520 е., ил.
- 3. Нестеренко Е.С. Способ гибки V-образной детали в штампе с упругими элементами // Процессы пластического деформирования авиакосмических материалов. Наука, технология, производство («Металлдеформ-2017»). 2017. С. 61-63
- 4. Волгушев А.А., Нестеренко Е.С. Исследование процесса гибки V-образных деталей // Международная молодежная научная конференция, посвященная 110-летию со дня рождения академика С.П. Королёва, 75-летию КуАИ-СГАУ-СамГУ-Самарского университета и 60-летию со дня запуска первого искусственного спутника Земли. 2017. Т. 1. С. 467

УДК 007.52

## ПРОБЛЕМА ЧИСТОТЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ АГРЕГАТОВ СОЗДАННЫХ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

© Воробьёв Е.С., Рекадзе П.Д., Решетов В.М.

e-mail: ea2147@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Целью исследования является выявления оптимальных параметров для селективного лазерного плавления (СЛП) при которой достигается наиболее низкая шероховатость агрегатов.

Для выполнения данной цели в ходе работы был проведен анализ публикаций и статей, в которых исследуется шероховатость поверхности агрегатов, созданных аддитивными технологиями (AT).

Шероховатость поверхности изделий, созданных СЛП, может зависеть от множества факторов. Часть факторов зависит от основных свойств порошковых композиций. К управляющим факторам можно отнести технологические режимы процесса СЛП: скорость сканирования; мощность лазерного излучения; шаг сканирования; типы штриховки лазерным лучом; 3D-модель.

В работе [1] были проведены исследования шероховатости поверхности деталей, созданных из различных металлических порошков, используемых в установках 3D-печати, при толщине спекаемого слоя  $\delta = 50$  мкм. Образцами порошков были сплавы из алюминия (Al), кобальта (Co), никеля (Ni), титана (Ti), инструментальной и нержавеющей стали. Наилучший результат по шероховатости (Ra= 6 мкм) получен при сплавлении порошкового слоя из алюминиевых сплавов, а наихудший (Ra= 11...12 мкм) — из титановых сплавов.

В работе [2] автор выполнил анализ влияния основных технологических факторов процесса СЛС на результат параметра шероховатости Rz. Исследуемыми материалами являлись медный порошок ПМС-1 (ГОСТ 4960–75) и кобальт- хроммолибденовый порошок DSK-F75. Процесс осуществлялся в защитной атмосфере аргона и азота поочередно при следующих режимах сплавления: мощность лазера P=10...30BT; скорость сканирования v=1,5...50mm/c; толщина спекаемого слоя  $\delta=30mm$  мкм; при изготовлении образцов из порошка медного сплава наибольшее влияние на качество получаемой поверхности оказывали факторы в следующей очередности:  $v\rightarrow P\rightarrow L$  (наилучшее значение параметра Rz=260mm), а при выполнении образцов из кобальт-хром-молибденового порошка —  $P\rightarrow v\rightarrow L$  (наилучшее значение параметра Rz=450mm).

В статье [3] наилучшей шероховатостью образцов является Ra 1,98...3,81 которая была достигнута при удельной плотности энергии 5,34 Дж/мм², что соответствует мощности и скорости сканирования 140 Вт и 328 мм/с соответственно, при шаге сканирования 0,08 мм.

В статье [4] проведены исследования параметров шероховатости поверхностного слоя от скорости сканирования. В качестве объектов исследования применяли образцы, полученные из отечественного порошка высокохромистого жаропрочного никелевого сплава ЭП648. Минимальные значения параметра шероховатости, при варьировании скорости сканирования в интервале- 946...1 200 мм/с параметр Ra находился в пределах 4,5...6,3 мкм.

На основе анализа были выбраны наилучшие параметры для печати гидропневмоагрегатов: удельная плотность энергии 5,34 Дж/мм<sup>2</sup>, что соответствует мощности и скорости сканирования 140 Вт и 328 мм/с соответственно, при шаге сканирования 0,08 мм. При таких параметрах достигается шероховатость Ra 1,98...3,81.

Такое значение является оптимальной шероховатостью для каналов клапанов, коллекторов и клапанных блоков (Ra 2-40 мкм). Для посадочных и уплотнительных поверхностей, рабочих поверхностей золотниковых и плунжерных пар необходима постобработка, ввиду требования более низких значений шероховатости (Ra 0.05-1.6 мкм) [5].

- 1. Сотов, А.В. Разработка методики проектирования технологических процессов изготовления жаровых труб ГТД методом селективного лазерного сплавления [Текст]: дисс. канд. техн. наук: 05.07.05: защищена 12.02.17: утв. Проничев Николай Дмитриевич. С., 2017 219 с.
- 2. Сапрыкина Н.А., Совершенствование технологий формирования поверхностного слоя изделий, полученный послойным лазерным спеканием [Текст] / Н.А. Сапрыкина. Тюмень, ТюмГНГУ, 2013. 20с.
- 3. Сапрыкина Н.А., Понятие режимов лазерного спекания порошковых материалов [Текст]/ Н.А. Сапрыкина, А.А. Сапрыкин. Вестнк КузГТУ №3, 2010. 52 с.
- 4. Сухов Д.И., Исследование параметров шероховатости поверхностного слоя и точности изготовления изделий аддитивного производства [Текст]/ Д.И. Сухов, С.В. Неруш, С.В. Беляков, П.Б. Мазалов. Москва, ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ, 2017. 73 83с.
- 5. Шероховатость поверхностей деталей [Электронный ресурс] // Шероховатость поверхностей, URL: https://inzhener-info.ru/razdely/konstruirovanie/sherokhovatost-poverkhnostej/sherokhovatost-poverkhnostej-detalej.html

УДК 629.78

#### ГЕРМЕТИЧНОСТЬ ПНЕВМОАГРЕГАТОВ СОЗДАННЫХ АДДИТИВНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

© Воробьёв Е.С., Рекадзе П.Д., Решетов В.М.

e-mail: ea2147@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Целью работы является исследование герметичности пневмоагрегатов созданных аддитивными технологиями (AT).

Герметичностью называют способность корпуса, отдельных элементов и соединений препятствовать газовому или жидкостному обмену между средами, разделенными этим корпусом [1]. Герметичность оборудования имеет важное значение для безопасной работы как самого агрегата, так и всей системы.

Герметизацию изделий осуществляется несколькими методами:

- точная пригонка контактных поверхностей сопрягаемых деталей, обеспечивающая минимальный зазор;
  - использование уплотнений в местах соединений;
  - формирование неразъёмных соединений методами сварки, пайки и склеивания.

Наиболее распространенным методом является точная пригонка сопрягаемых поверхностей. Она осуществляется путем доводки — это чистовая обработка деталей с целью получения малой шероховатости. У таких поверхностей должен быть 10–14 класс шероховатости [2].

В АТ основными параметрами, влияющими на шероховатость, являются: скорость сканирования; мощность лазерного излучения; шаг сканирования; типы штриховки лазерным лучом; 3D-модель [3]. Варьируя этим параметрами можно получить 6-7 класс шероховатости на выходе из установки 3D-печати [4]. Такой показатель является оптимальным для каналов клапанов и коллекторов, но для уплотнительных поверхностей нужно провести постобработку, включающая в себя доводку [5].

Имея прототип монтажной пневматической плиты, созданной методом селективного лазерного плавления (СЛП), было решено проверить ее на герметичность. Для испытания была разработана методика и пневматическая схема (см. рис.) на основе ГОСТ 5.1861-73 [6].

Пневматическая испытательная установка включает в себя компрессорную установку(К), блок подготовки воздуха (БПВ), распределитель (Р), манометр (МН) и емкость с эмульсией. Испытываемую пневмоплиту (ИП) погружали в эмульсию, на входное отверстие подавалось давление 15 бар, выходные отверстия заглушались. При проведении эксперимента утечек не обнаружено.

АТ являются очень перспективным направление в пневмоагрегатах. За счет создания различных геометрий и форм каналов и оборудования, они оказываются выгоднее традиционных методов производства. Но поскольку шероховатость на выходе из установки 3D-печати является недостаточной для уплотнительных поверхностей, требуется постобработка до нужного класса.

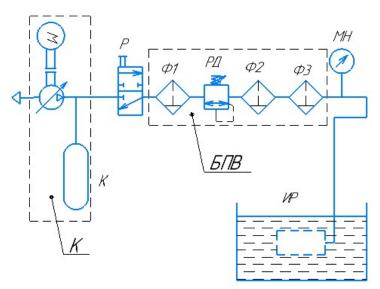


Рис. Схема испытания пневмоплиты

- 1. Санчугов В.И., Испытание агрегатов и систем [Текст] / В.И. Санчугов, В.Н. Илюхин, В.М. Решетов. Издательство Самарский государственный аэрокосмический университет УДК: 621.22:62.82, 2015. 62 с.
- 2. Методы герметизации [Электронный ресурс] //Основы герметологии, URL: https://ebooks.grsu.by/osn\_germet/lektsiya-4-metody-germetizatsii.htm
- 3. Сотов, А.В. Разработка методики проектирования технологических процессов изготовления жаровых труб ГТД методом селективного лазерного сплавления [Текст]: дисс. канд. техн. наук: 05.07.05: защищена 12.02.17: утв. Проничев Николай Дмитриевич. С., 2017 219 с.
- 4. Сапрыкина Н.А., Понятие режимов лазерного спекания порошковых материалов [Текст]/ Н.А. Сапрыкина, А.А. Сапрыкин. Вестнк КузГТУ №3, 2010. 52 с.
- 5. Шероховатость поверхностей деталей [Электронный ресурс] // Шероховатость поверхностей, URL: https://inzhener-info.ru/razdely/konstruirovanie/sherokhovatost-poverkhnostej/sherokhovatost-poverkhnostej-detalej.html.
- 6. ГОСТ 5.1861-73. Пнвмораспределители. Требования к качству аттестованной продукции. [Текст] Введ. 1973-03-01. Сб. ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов, 1973. 17 с.

УДК 629.7.036, 528.854.4, 004.896

#### НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ КЛАССИФИКАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОПТИЧЕСКОГО СКАНИРОВАНИЯ

#### © Голев Н.С., Печенин В.А.

e-mail: studentnikolas@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Важным направлением развития роботизированных систем является повышение автономности их действий. Значительное количество роботизированных систем промышленного назначения, задействованных на технологических этапах сварки, покраски, комплектования и сборки и др., характеризуются чётко определёнными алгоритмами функционирования, которые имеют ограниченную гибкость и адаптируемость к изменяющимся производственным условиям. Обеспечение полной автономности роботизированных систем для реализации цикла сборки требует разработки интеллектуальных систем управления, которые как минимум должны решать две задачи: 1) определять тип детали, поступающей на сборку и составляющие поверхности с целью их ориентирования в пространстве; 2) прогнозировать геометрические параметры, формирующиеся при сборке деталей и определяющие качество собираемого изделия. Целью работы является решение задачи классификации детали к известному типу после измерения с использованием оптических сканеров. Для достижения цели была создана свёрточная нейросетевая модель (архитектура приведена на рис. 1).

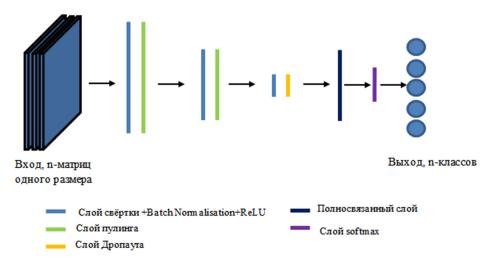


Рис. 1. Архитектура нейронной сети для классификации деталей

Сеть является последовательностью соединённых между собой слоёв, начинающихся со свёрточного слоя [1] и заканчивающейся слоем SoftMax [2]. Для создания входных данных, по которым будет классифицироваться деталь, создаётся три проекции модели stl на координатные плоскости: XOY, YOZ и XOZ, пример для детали «Диск» изображён на рис. 2. Таким образом, на вход в сеть подаются три изображения в оттенках серого, то есть три матрицы чисел являющиеся входными «слоями».

В целом на входе может быть из 1, 2 и более «слоев». Данные нормированы в диапазоне от 0 до 1.

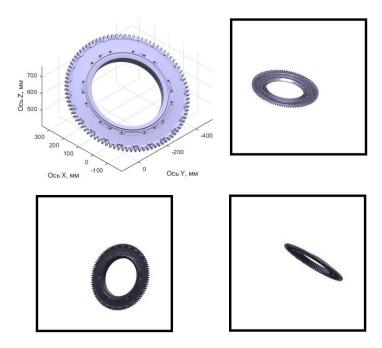


Рис. 2. Stl-модель детали «диск» и три его проекции

Для оценки ошибок в задаче классификации можно использовать показатель доли правильно классифицированных объектов  $N_{\it oбщ}$  к выборки:

$$\delta_{\kappa \pi ac} = N_{npas_{\kappa}} / N_{o \delta u_{\kappa} \kappa}. \tag{1}$$

Была создана обучающая выборка, составляющая 4000 объектов, а так же тестовая выборка, содержащая 400 объектов. В выборке присутствовали детали вал, проставка и диск ротора турбины газотурбинного двигателя. Для каждого из объектов было составлено 3 проекции-изображения в оттенках серого, размером  $112\times112$  пикселей. Нейронная сеть для классификации была реализована на языке Python. Сто процентную эффективность ( $\delta_{\kappa,nac}=1$ ) показала сеть с тремя слоями свертки, при 50 эпохах обучения.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что использование разработанная нейросетевая модель позволяет производить классификацию.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках стипендии Президента Российской Федерации (номер СП-262.2019.5).

- 1. Николенко, С.И. Глубокое обучение [Текст]/ С.И. Николенко, А. Кадурин, Е. Архангельская . СПб.: Питер, 2018. 480 с.
- 2. Прончук, К.А. Разработка веб-сервиса по распознаванию знаков дорожного движения на основе сверточных нейронных сетей [Текст] / К.А. Прончук, П.Ю. Якимов // Сборник трудов IV Международной конференции и молодёжной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2018). 2018. С. 2319-2326.

УДК 669.55

## ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ПОРОШКОВОЙ НИКЕЛЕВОЙ ЛИГАТУРЫ НА ЕЁ РАСТВОРЕНИЕ В ЦИНКОВОМ РАСПЛАВЕ

#### © Головач А.М., Бондарева О.С.

e-mail: machete.ru2016@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Горячее цинкование представляет собой процесс получения коррозионно стойкого цинкового покрытия на стальных изделиях путем погружения в расплав. Легирующие элементы или примеси в расплаве цинка могут существенно воздействовать на скорость диффузии между железом и цинком, а также на образование железоцинковых фаз за счет изменения температуры плавления, поверхностного натяжения и вязкости расплава [1]. Вследствие этого может измениться фазовый состав покрытия, его механические свойства, сцепление с основой, поведение в коррозионных средах, а также расход цинка в процессе нанесения покрытия. Никель является одним из самых перспективных легирующих элементов цинкового расплава, т.к. изменяет строение фаз покрытия, уменьшает его общую толщину и снижает производственные затраты [2]. Существует несколько способов введения никеля в цинковый расплав. Порошковая лигатура — наиболее простой и эффективный из них [3]. Однако влияние состава и строения порошковой лигатуры на процесс ее растворения мало изучены.

Целью данной работы было определить влияние фракционного состава порошковой никелевой лигатуры на её растворение в цинковом расплаве.

Порошковые лигатуры обладают рядом преимуществ: простота введения в расплав, простота расчета необходимого количества брикетов, равномерное распределение в расплаве, невысокая стоимость. Кроме никелевого порошка лигатура содержит флюс —  $ZnCl_2$  и парафиновую оболочку. Точный состав лигатуры запатентован [4].

Для исследования были приготовлены порошковые лигатуры следующих составов (см. таблицу).

№ образца	Фракционный состав порошка Ni, %	
	Крупный (40-350 мкм)	Мелкий (2-30 мкм)
1	100	0
2	0	100
3	50	50

Таблица. Составы порошковых лигатур

Порошковые лигатуры вводились в расплав цинка из расчета 2 гр. никеля на 4 кг. цинка для получения необходимой при цинковании концентрации 0,05% [5]. Температура расплава составляла  $460\pm10\,^{\circ}\mathrm{C}$ , время выдержки  $-15\,^{\circ}$  минут. Расплав цинка с лигатурой охлаждался вместе с печью. Полученные слитки цинка были распилены поперек на плоские образцы. Подготовка поверхности образцов производилась на автоматическом шлифовально-полировальном станке REMET «LS250A».

Для определения процентного содержания никеля в расплаве был проведен рентгеноспектральный анализ с помощью микрорентгеноспектральной приставки INCAx-Act к растровому электронному микроскопу TESCANVegaSB. Результаты представлены на рисунке.

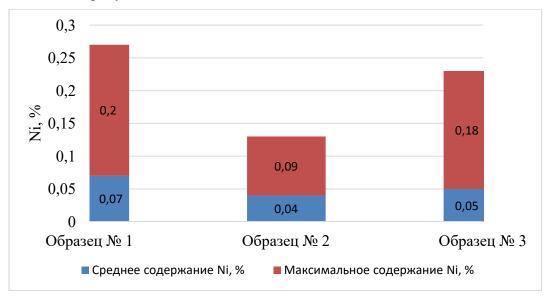


Рис. Результаты рентгеноспектрального анализа образцов

Исследования показали, что лигатура из крупного порошка растворяется в расплаве цинка неравномерно. В некоторых точках концентрация никеля достигает 0,2 вес.%. После растворения мелкозернистой порошковой лигатуры средняя концентрация никеля в слитке оказалась ниже расчетной – 0,04 вес.%. Это объясняется тем, что часть порошка осталась на поверхности расплава из-за его поверхностного натяжения. Лигатура, содержащая 50% крупной и 50% мелкой фракции никелевого порошка, растворилась наиболее равномерно, средняя концентрация совпадает с расчетной.

Таким образом, в результате исследований установлено влияние фракционного состава порошковой лигатуры на ее растворение в расплаве цинка и выбрано оптимальное соотношение крупного и мелкого порошка в лигатуре.

- 1. Maass P. Handbook of Hot-Dip Galvanization / P. Maass, P. Peissker Germany, Wiley-VCH, 2011. p 494
- 2. Сапунов С. Ю. Структура и свойства никель-цинковых антикоррозионных покрытий стальных изделий: дисс.... канд. техн. наук: защищена 12.10.04 / Сапунов Сергей Юрьевич Ростов-на-Дону, 2004. 161с.
- 3. Kong, G. Review on progress of technigalva / G. Kong, J. Lu, J. Chen, Q. Xu, L. Liu // Corrosion Science and Protection Technology. 2001. -Volume 13, Issue 4. pp. 223-225 ISSN:10026495
- 4. Туровский А.М., Туровский Я.М., Херд Андрев. Таблетка для горячего цинкования металлических изделий (варианты) и способ её подготовки // Патент России № 2647066, 2018. Бюл. № 8.
- 5. Chen, Z.W. Dross phases formed in galvanizing baths containing (0-0.1) wt% nickel at  $450^{\circ}$  / Z.W. Chen, J.B. See, // ISIJ International. 1993. -33(2) p. 307-312

УДК 662.1

#### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СВС-ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОТЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

© Гончарук С.Ю., Самборук А.Р.

e-mail: semen.goncharuk.1997@mail.ru

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация

**Актуальность работы**. В связи с сложившимся устоем жизни современного человека пористые материалы имеют широкое применение практически во всех сферах деятельности человека. Для подтверждения выше сказанного, следует привести в пример тот факт, что такие материалы широко используются в качестве фильтрующих и конструкционных материалов.

Основным способом производства пористых проницаемых изделий является спекание порошковых композиций в высокотемпературных печах, как правило, в глубоком вакууме. Данная технология достаточно сложна.

Альтернативой служит значительно более простая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), в основе которой лежит реакция экзотермического взаимодействия двух или нескольких химических элементов, соединений, протекающие в режиме направленного горения. СВС дает возможность получения целого ряда продуктов с комплексом уникальных эксплуатационных свойств. При этом СВС как метод получения пористых материалов соединяет в себе малую энергоемкость, возможность динамического варьирования структурных и иных свойств получаемых продуктов.

Преимущества СВС-технологии производства фильтров. Современные полимерные фильтры для тонкой очистки имеют существенные недостатки: низкие показатели прочности, коррозионной стойкости и термостойкости, отсутствие сорбционных свойств и т.д. Большинство этих недостатков отсутствует у фильтров из пористых керамических материалов, получаемых методом СВС, которые используются, для фильтрации при высоких температурах и в агрессивных средах. Другие материалы здесь оказываются непригодными.

Пористые СВС-материалы обладают рядом преимуществ по сравнению с такими же материалами, синтезированными обычными методами порошковой металлургии. Прежде всего, следует отметить их очень высокую конечную пористость, которая в СВС-материалах может быть выше на 15-20%, что объясняется отрицательным объемным эффектом реакций СВС и выделением примесных газов при синтезе. Еще более важным преимуществом СВС-материалов является то, что их прочность в 1,5-3,0 раза выше, чем у спеченных материалов при той же пористости.

Особенности СВС-метода позволяют широко варьировать состав и структуру фильтров. Фильтры могут иметь как однородную, так и градиентную структуру. Фильтры с анизотропной структурой (градиентной пористостью) особенно эффективны и экономичны, так как одновременно с высокой производительностью и тонкой очисткой жидкости или газа позволяют осуществлять многократную регенерацию обратным потоком уже очищенной жидкости или газа, или высокотемпературным отжигом. Кроме того, СВС-фильтры на основе карбида титана обладают хорошими бактерицидными свойствами, высокой коррозионной и термической стойкостью.

При изготовлении проницаемых пористых материалов, как правило, необходимо решить две противоречивые задачи: обеспечить высокую пористость и достичь удовлетворительной прочности. Получаемые методом СВС пористые керамические материалы, как правило, достаточно хрупки, не обладают высокой прочностью и используются в основном в качестве фильтров и носителей катализаторов. Перспективным материалом в этом направлении является пористая металлокерамика, применение которой непрерывно расширяется благодаря уникальному сочетанию в ней свойств металла и керамики. Основным недостатком СВС-фильтров является их высокая стоимость.

Результаты исследований. Был проведен обзор и анализ результатов исследований по разработке пористых материалов и фильтров методом СВС в трех крупнейших научных центрах: Институте структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (г. Черноголовка, Московская область), Отделе структурной макрокинетики Томского научного центра СО РАН (г. Томск) и Алтайском государственном техническом университете (г. Барнаул). С учетом результатов исследований при создании в Самарском государственном техническом университете (СамГТУ) междисциплинарной проектной команды (МПК) «Автоматизированные системы отчистки сточных вод пищевой промышленности» было разработано техническое задание на создание фильтров со следующими характеристиками:

- Размер пор: микро- или ультра-фильтрационные фильтры, которые имеют размер пор соответственно 0,2-0,5 мкм и 0,02-0,05 мкм;
  - Конфигурация напорные трубчатые;
  - Ориентировочные размеры внутренний диаметр 10-20 мм, длина 0,5-2м;
  - Прилагаемое давление 0,1-0,5 Мпа;
  - Стоимость не более 100 USD/м2.

Для выполнения технического задания, в качестве базового метода по созданию проницаемых пористых материалов (ППМ) был выбран метод СВС. Были проведены исследования на уже существующих образцах СВС фильтров для отчистки воды от твердых микрочастиц, примесей и т.д. На базе данного технического задания разработана безвакуумная методика синтеза пористых мембран различной формы в режиме СВС.

- 1. Мазной А. С. Формирование структуры пористости материалов в процессах СВС.// Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. / научный руководитель к-т. физ.-мат. наук А.И.Кирдяшкин. 2012.
- 2. Мельберт А.А., Новоселов А.Л. Песпективы применения СВС-фильтров. //Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова.  $\mathfrak{N}$ 2. -1999.
- 3. Мазной А.С., Кирдяшкин А.И., Китлер В.Д., Максимов Ю.М., Юсупов Р.А. Структурные особенности пористых материалов, сформированных волной самораспростроняющегося высокотемпературного синтеза. // Перспективные материалы. 2013.

УДК 621.91.01.015

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗНАШИВАНИЯ ЗУБЬЕВ ФРЕЗЫ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ

#### © Гуренков А.С., Полтораднев А.С., Силаев Б.М.

e-mail:gurenkovas@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Вопросом изнашивания и износостойкости металлорежущих инструментов посвящено достаточно большое количество работ, среди которых можно назвать следующие [1-4]. Однако совокупное воздействие всех основных факторов влияющих на изнашивание поверхностей инструментов в процессе резания установлено не было.

В предлагаемом исследовании предпринята попытка разработки модели изнашивания задней поверхности зубьев фрезы на основе обобщенной модели трения и изнашивания при относительном перемещении контактируемых твердых тел. Указанная математическая модель представляет собой общее решение задачи о трении и изнашивании контактирующих поверхностей в виде концепции открытой термодинамической системы-трибореактора [5, 6].

Она показывает, что интенсивность изнашивания  $I_h$  определяется комплексом факторов, обусловливающих источники и стоки массы с поверхности трения, связанные с тангенциальным перемещением и деформированием среды; с явлениями диффузии из-за различия концентраций компонентов в различных точках движущейся среды, а также наличия термо- и бародиффузии, с наличием пространственной неоднородности в распределении температуры и переносом теплоты путем теплопроводности, конвекции и излучения, а также с химическими реакциями в зоне трения, с механическим отделением частиц среды с взаимодействием среды с энергией других видов и др. Зависимость между этими параметрами можно выразить следующим соотношением:

$$I_h = \frac{h_f}{L_f} = K \left(\frac{\theta_S h_S}{|j_S|}\right)^a = K(\acute{S})^a, \tag{1}$$

В уравнении (1)  $I_h$  – интенсивность изнашивания поверхности, определяемая обобщенным безразмерным термокинетическим критерием изнашивания, характеризующим отношение производства энтропии  $\theta_s$  в подвергаемом трибовоздействиям слое  $h_s$  твердого тела к изменению энтропии в указанном слое за счет переноса ее потоком  $|j_S|$ , K,a — соответственно коэффициент пропорциональности и показатель степени, определяемые экспериментально. Эти величины учитывают влияние некоторых трудно учитываемых факторов, таких как диффузионные явления, воздействия возникающих электромагнитных явлений и др.

При адаптации обобщенной модели трения изнашивания (1) к конкретному виду трибосопряжения необходимо решить вопрос о том, чтобы выделить ведущие процессы. Учитывая, что энтропия является аддитивной функцией производства энтропии  $\theta_{S}$  и потока  $j_{S}$ 

$$\rho \frac{dS}{dt} = -j_S + \theta_S$$

 $\rho \frac{ds}{dt} = -j_S + \theta_S$  позволяет установить все основные воздействующие определяющие контактное взаимодействие элементов трибосистемы. На рисунке для её наглядного представления составлена структурно-функциональная схема, на которой приводятся все взаимодействующие элементы и параметры.

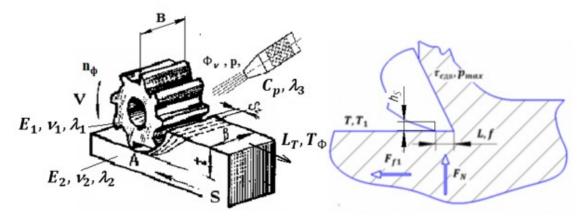


Рис. Структурно-функциональная схема трибосистемы при цилиндрическом фрезеровании

С учетом вышеизложенного обобщенная математическая модель (1) для рассматриваемого случая изнашивания зубьев фрезы по задней поверхности получена в следующем виде:

$$h = K \left[ \frac{\left(\frac{\tau_S \nu_S}{h_S} + \gamma_a T_\sigma T_\varepsilon + \frac{1}{T} \sum |j_S| T\right) h_S}{\sum |j_S|} \right] L_T$$
 (2)

где  $\tau_S$  и v — касательные напряжения и скорость скольжения на задней поверхности зуба фрезы;  $\gamma_a T_\sigma u \ T_\varepsilon$  соответственно, коэффициент гистерезисных потерь, тензоры напряжений и скоростей деформации; T и  $j_S$  — градиент температуры и плотность потока (поток на единицу площади тепловой энергии), соответственно.

Таким образом, исходя из изложенных результатов можно констатировать, что полученное уравнение включает в себя практически все элементы и параметры, определяющие согласно структурно-функциональной схеме комплексное влияние на процесс изнашивания задней поверхности зубьев фрезы при цилиндрическом фрезеровании.

- 1. Клушин М.И. Резание металлов / М.И. Клушин М.:Машгиз.1958. 454с.
- 2. Макаров А.Д. Износ инструмента, качество и долговечность деталей из авиационных сплавов: учеб.пособие / А.Д. Макаров, В.С. Мухин, Л.Ш. Шустер Уфа: Изд-во Уфимского авиационного института им. Орджоникидзе. 1974. 272 с.
- 3. Грановский Г.И., Шмаков Н.А. О природе износа резцов из быстрорежущих сталей дисперсионного твердения // Вестник машиностроения. 1971. №11. С.65-70
- 4. Зорев Н.Н., Клауч Д.М., Батыров В.А. и др. О природе износа твердосплавного инструмента // Вестник машиностроения. 1971.№11.С. 70-73
- 5. Силаев Б.М. Обобщенная модель процесса внешнего трения и изнашивания // Машиноведение. 1989. №2. С. 56-65
- 6. Силаев Б.М. Термодинамические основы обобщенных модельных представлений процесса трения и изнашивания //
- 7. Силаев Б.М. Трибология деталей машин в маловязких смазочных средах / Б.М. Силаев— Самара: Изд-во Самарского государственного аэрокосмического ун-та, 2008. 204 с.

УДК 621.735.32

## ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСНОЙ ШТАМПОВКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВОК ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

#### © Данилова Д.Ю., Шляпугин А.Г.

e-mail: dariadanilowa@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Современные концепции технического прогресса ставят перед машиностроителями ряд задач по снижению материалоемкости машин, повышению их качества и надежности. Реализация конструкторских разработок в авиационном двигателестроении с минимальными запасами прочности и использованием весьма дорогостоящих сплавов при создании прогрессивных процессов обработки металлов давлением требует так е решения проблемы обеспечения высокой надежности деталей и экономичности технологий [1].

Газотурбинные двигатели (ГТД) состоят из большого количества лопаток, которые в решающей степени определяют надежность и безотказность работы двигателя. Самыми массовыми деталями двигателя являются лопатки, работоспособность которых определяет ресурс работы двигателя. [1]. Известно, что изготовление лопаток, занимающих особое место в производстве ГТД, трудоемкость и составляет до 35% от трудоемкости изготовления всего изделия [2].

Получение лопаток ГТД занимает особое место в производстве двигателя и в то же время является очень трудоемким процессом.

Использование для получения лопаток наиболее прогрессивного технологического процесса, такого как высокоскоростная штамповка (ВСШ), позволяет повысить точность штамповок и повысить КИМ. Экономический эффект зависит от программы выпуска.

На предприятиях, изготавливающие ГТД, технологии изготовления поковок лопаток методом ВСШ были частично утрачены. Появилась высокая необходимость производства двигателей и потребность в восстановлении или замены технологий.

В современном двигателе порядка 40% лопаток может быть изготовлено ВСШ.

Целью работы являлось: оценить целесообразность возобновления изготовления лопаток методом ВСШ, путем сравнения экономических параметров поковок лопаток, получаемых методами ВСШ и объемной штамповки (ОШ).

В качестве рассматриваемых деталей были выбраны 4 лопатки: 2 получают методом ВСШ (на высокоскоростном молоте за 1 переход) и 2 методом ОШ (штамповка на прессах за несколько переходов). Выбранные лопатки близкие по форме и размерам, что позволяет использовать для сравнения процессов.

Были посчитаны основные экономические показатели изготовления лопаток методами ОШ и ВСШ. На рис. 1 представлена оценка экономической составляющей производства стальных лопаток.

Из полученного графика можно сделать следующие выводы:

- Стоимость стальной заготовки для метода ВСШ дешевле на 80,4% , чем для метода ОШ;
- Себестоимость изготовления штамповок методом ОШ больше на  $24,5\,$  %, чем ВСШ;

- Себестоимость мех. обработки 1 шт. поковки лопатки методом ВСШ больше на 8,1 %, чем ОШ;
  - Приведенные затраты для ВСШ меньше на 3,4%, чем для ОШ;
- Себестоимость стальной лопатки, полученной методом ОШ больше на 26.9~%, чем методом ВСШ.

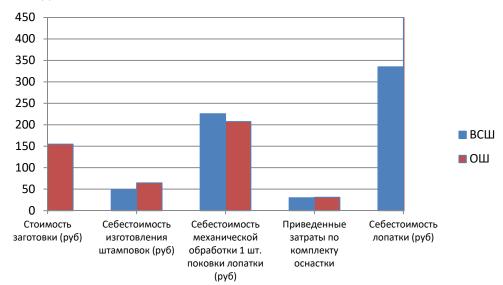


Рис. 1. Оценка экономической составляющей производства стальных лопаток



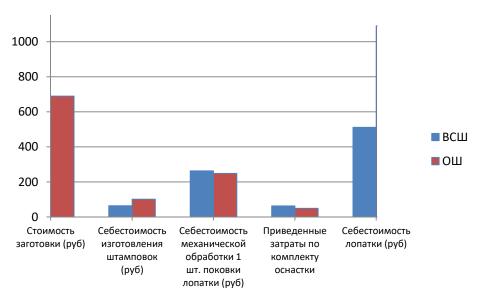


Рис. 2. Оценка экономической составляющей производства титановых лопаток

Из полученного графика можно сделать следующие выводы:

- Стоимость титановой заготовки для метода ОШ больше на 82,6%, чем для ВСШ;
- Себестоимость изготовления штамповок методом ОШ больше на 36,3 %, чем ВСШ;
- Себестоимость мех. обработки 1 шт. поковки лопатки методом ВСШ больше на 5,5%, чем ОШ;

- Приведенные затраты для ВСШ больше на 21%, чем для ОШ;
- Себестоимость титановой лопатки, полученной методом ОШ больше на 53,1 %, чем методом ВСШ.

Себестоимость титановой лопатки, полученной методом ОШ больше на  $53,1\,\%$ , чем методом ВСШ.

Если исходить из того, что в конструкции ГТД 1000 стальных лопаток, то экономический эффект составит 335000 руб., а если в двигателе 500 титановых лопаток, то в данном случае эффект составит 255500 руб. На рис. 3 представлен график экономического эффекта с одного авиационного двигателя (АД).

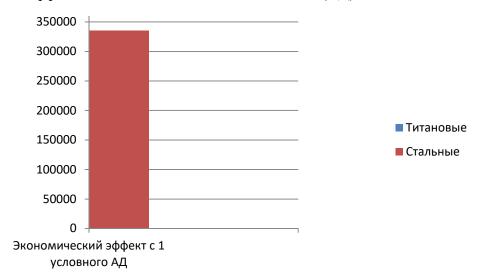


Рис. 3. Ожидаемый эффект с одного условного авиационного двигателя

Полученное число должно рассматриваться в зависимости от производственной программы: при малой серии равной приблизительно 10 штук в год явление эффекта целесообразности использования ВСШ не возникает. В случае значительной серии есть целесообразность рассмотрения данного процесса.

- 1. Рабочие лопатки авиационных ГТД. Часть 1. Эксплуатационная повреждаемость рабочих лопаток: Учеб. пособие / Чичков Б.А.; Москов. госуд. технич. ун-т граждан. аваиц-и,  $2000.-74~\rm c.$
- 2. Хаймович, А.И. Теоретическое положение и технология управления структурообразованием в процессах горячей обработки давлением с интенсивной деформацией [Текст]: дис. ... докт. техн. наук: 05.02.09.: защищена 30.05.14./ Хаймович Александр Иссакович. –М., 2014.
- 4. Высокоскоростное деформирование металлов [Текст] / Пер. с англ. И. Д. Миттельмана ; под ред. канд. техн. наук А. М. Шахназарова. Москва : Машиностроение, 1966.-175 с.

УДК 620.91

#### СРАВНЕНИЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

#### © Дубова С.А., Федотов Ю.А.

e-mail: simonau@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Топливные элементы представляют собой специализированные химические реакторы, предназначенные для прямого преобразования энергии, высвобождающейся в ходе реакции окисления топлива, в электрическую энергию

Следует отметить, что топливные элементы имеют, по крайней мере, два принципиальных отличия от гальванических батарей, также относящихся к устройствам, преобразующим энергию протекающих в них химических реакций в электричество. Во-первых, в топливных элементах используются не расходуемые в процессе работы электроды, а во-вторых, необходимые для проведения реакции вещества подаются извне, а не закладываются внутрь элемента изначально (как это происходит в случае обычных батареек).

В своей работе мы сравнивали характеристики различных топливных элементов. Топливные элементы обычно классифицируются по типу используемого в них электролита. В зависимости от характеристик одни топливные элементы являются перспективными для применения их в качестве силовых установок электростанций, а другие – для портативных устройств или для привода автомобилей.

Исследованные элементы:

1) Щелочные топливные элементы — одни из самых эффективных элементов, используемых для генерации электричества. По результатам наших исследований эффективность выработки электроэнергии доходит до 70%. В щелочных топливных элементах используется электролит, то есть водный раствор гидроксида калия, содержащийся в пористой стабилизированной матрице. Рабочая температура 70°С, что достаточно низко, по сравнению с остальными. Также этот топливный элемент оказался наиболее экономически выгодным, так как используемые в нем вещества более дешевые (см. рис. 1).

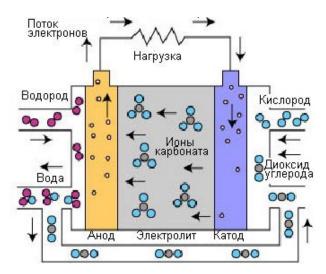


Рис. 1. Топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом

2) Топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом — самые высокотемпературные топливными элементами. Высокаярабочая температура позволяет непосредственно использовать природный газ без топливного процессора и топливного газа с низкой теплотворной способностью топлива производственных процессов и из других источников (рис. 1).

Для данного топливного элемента использовали электролит из смеси расплавленных карбонатных солей: карбонат лития и карбонат калия. Для расплавки карбонатных солей и достижения высокой степени подвижности ионов в электролите, работа происходила при высоких температурах (650°C). Полученное КПД – 60-80%.

3) Топливные элементы на основе фосфорной кислоты. Использовали электролит на основе ортофосфорной кислоты (H3PO4) с концентрацией 99,8%. Ионная проводимость ортофосфорной кислоты является низкой при низких температурах, поэтому эти топливные элементы используются при температурах до  $150\text{-}220~^{\circ}\mathrm{C}$  (рис. 2). Наибольший КПД по результатам всех исследований составил КПД не более 40%.

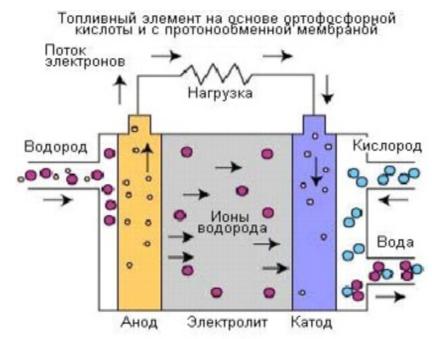


Рис. 2. Топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом

По результатам проведенного исследования сделаны следующие выводы:

- 1) Наиболее экономически выгодным элементом оказался щелочной топливный элемент.
- 2) Для увеличения скорости прохождения химических реакций необходимо использовать платиновые катализаторы, которые имеют высокую стоимость. Поэтому в настоящее время требуется поиск или создание новых более дешевых катализаторов.

- 1. Раменский А. Ю., Григорьев С. А. Технологии топливных элементов: вопросы технического регулирования, ISJAEE №19-20 (207-208), 2016.
- 2. Мурин И.В. Иванов-Шиц А.К. Ионика твердого тела, т. 1. СПБ: Изд-во С.- Петерб. ун-та, 2010.
- 3. Бурмистров И.Н. Особенности переноса заряда в материалах со смешанной электрон-ионной проводимостью. PhD thesis, ИФТТ РАН, 2010.

УДК 621.457

#### ОЦЕНКА МАССЫ АБЛИРОВАННОГО ВЕЩЕСТВА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕОРИИ ЛАЗЕРНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

#### © Зиганшин Б.Р., Сочнев А.В., Саттаров А.Г.

e-mail: brziganshin@gmail.com

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

Для оценки тяги, создаваемой лазерным ракетным двигателем, необходимо оценить количество аблированной массы, которая испаряясь, создает тягу [1]. На сегодняшний день существует несколько подходов к оценке. В данной работе оценивается абляция металлов одиночным импульсом с длительностью порядка нескольких наносекунд.

Упрощенно модель процесса выглядит следующим образом: лазерный луч некоторой интенсивности в течение нескольких наносекунд падает на металл. После такого импульса некоторая часть поверхности испаряется в виде плазменного факела, создавая таким образом тягу. Известно, что при низких интенсивностях излучения зависимость аблированной массы изменяется по логарифмической зависимости, а при высоких интенсивностях по линейной зависимости. Также существует понятие как «экранировка плазмы», сдерживающей испарение материала.

Рассмотрим несколько примеров оценки массы. За основу взята работа [2], в которой есть формула по оценке глубины материала при воздействии лазерного излучения. Однако эта формула не оценивает длину волны и интенсивность излучения и больше пригодна для оценки промышленных работ

Далее стоит выделить работу [3], где также оценивалась аблированная масса, однако расчет сильно затруднен ввиду наличия в уравнениях кулоновского логарифма.

Работы зарубежных авторов также описывают количество аблированной массы. В частности, в работе по лазерным двигателям [4], используют формулу, в которой используется КПД и коэффициент полного импульса. Недостатком такой формулы является тот факт, что как раз для оценки полного импульса надо знать эффективный КПД.

В обзорной статье, посвященной лазерной тяге [5] указывается формула для оценки аблированной массы, однако ряд компонентов, как например «коэффициент передачи» или «коэффициент поглощения» которые надо знать, опираясь на эмпирические данные, и поэтому формулой,при всем ее удобстве, пользоваться довольно непросто.

Если оценивать среднее количество аблированной массы в наносекундном диапазоне, то эта оценка, согласно экспериментам, составляет примерно от 2 до 50 нг за один импульс. Для точной оценки аблированной массы на данный момент требуется совместное использование теоретических и эмпирических зависимостей.

- 1. Саттаров А.Г., Сочнев А.В., Бикмучев А.Р. Измерение импульса реактивной силы, создаваемый импульсным оптическим разрядом при помощи баллистического маятника // Труды Академэнерго. 2015. № 1. С. 75-82.
- 2. Делоне Н.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Курс лекций. Москва: Наука, 1989. 280 с.
- 3. Бурдонский И.Н., Гольцов А.Ю., Леонов А.Г., Макаров К.Н., Родин А.В., Тимофеев И.С., Юфа В.Н. Образование кратеров в многокомпонентных поликристаллических мишенях под действием мощного лазерного импульса // Труды МФТИ, Т. 5, № 1, 2013. С. 175-183.
- 4. Phipps C.R., Boustie M., Chevalier J.M. Laser impulse coupling measurements at 400 fs and 80 ps using the LULI // Journal of applied physics, No. 122, 2017. pp. 193103-1-193103-14.
- 5. Haichao Y., Hanyang L., Yan W. Brief review on pulse laser propulsion // Optics and Laser Technology, No. 100, 2017. pp. 57-74.

УДК 544.452.42

### ВЫГОРАНИЕ ТОПЛИВА В СИСТЕМАХ ДИФФУЗИОННЫХ МИКРОФАКЕЛЬНЫХ СТРУЙ

© Калинина К.Л., Евдокимов О.А., Гурьянов А.И.

e-mail: cris.kalinina2012@yandex.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Развитие газотурбинных двигателей связано с ростом температуры газа перед турбиной и степени повышения давления, что влияет на управление реакцией горения в камере сгорания. Традиционные камеры сгорания работали по схеме диффузионного горения, при которой пламя устойчиво и имеет высокую температуру [1]. Недостатком таких камер сгорания является высокая скорость образования оксидов азота из-за высокой температуры в зоне реакции. Этого недостатка лишены камеры сгорания с предварительным перемешиванием топлива с воздухом и организацией кинетического горения. Реализация кинетической схемы решает проблему высокой эмиссии, но сопровождается неустойчивостью горения и высокой вероятностью проскока пламени в зону смешения.

Проскок обусловлен соотношением между скоростью турбулентного горения  $u_t$ , которая зависит от степени повышения полного давления  $\pi_k^*$ , и скоростью истечения топливовоздушной смеси из сопла горелочного модуля v, которая определяется величиной предельного перепада давления (2,5-3%). Увеличение  $\pi_k^*$  до значений выше 45 приводит к проскоку пламени [2]. Задача повышения КПД и снижения массогабаритных параметров требует разработки двигателей с  $\pi_k^* > 45$ . Но кинетическая схема горения не позволяет организовать горение при таких степенях повышения давления.

Проблему можно решить применением диффузионного горения с разделением зоны реакции на множество микрофакелов. Это сократит объемы камеры сгорания и время пребывания газов в зоне реакции, что приведет к снижению концентрации оксидов азота при той же скорости их образования. Такая схема позволяет избежать проблем неустойчивости горения и организовать низкоэмиссионное диффузионное горение. Экспериментальное решение задачи требует больших финансовых вложений, поэтому перед экспериментом необходимо использовать численное моделирование.

В микрофакельных системах возникают коллективные эффекты, оказывающие влияние на амплитуду и период колебаний факелов, устойчивость горения, площадь реакции и полноту сгорания топлива. Эти эффекты мало изучены и требуется их качественная оценка, а также создание полуэмпирических методов расчета параметров горелочных модулей с учетом тенденций развития газотурбинных двигателей [3, 4].

Одним из доступных способов изучения турбулентной структуры течения в системах диффузионных микрофакелов является трехмерное численное моделирование.

В рамках поставленных задач исследованы 4 варианта расположения топливных форсунок: одиночная реагирующая струя, комбинации линейных (2 и 3 струи) массивов и двумерный массив (2х2).

Моделирование области горения (часть атмосферы, прилегающей к генератору струй) выполнено в виде цилиндра диаметром 0,25 м и высотой 0,6 м. Для расчетной модели была построена блочная структурированная сетка с количеством узлов, равным

1,7 млн. (возможно следует переформулировать). В областях сетки, соответствующих топливным соплам и зоне истечения струй, задавалось локальное сгущение с относительным коэффициентом не более 1,2. Численные расчеты выполнены в стационарной и нестационарной постановке с варьированием шага по времени, в условиях естественной конвекции, путем включения гравитации, и с описанием детальной кинетической схемы выгорания топлива

Результаты численного моделирования линейных и двумерных массивов показывают, что разделение зоны горения на несколько взаимодействующих диффузионных факелов приводит к значительному уменьшению длины факела и сокращению общего объема зоны протекания реакции горения.

Увеличение числа факелов так же уменьшает максимальную температуру, но приводит к неравномерности её распределения в массивах, связанной с формированием стесненных условий распространения струй. Разделение зоны горения на диффузионные факела провоцирует рост несгоревших углеводородов во фронте пламени. Возможной причиной этого является увеличение наружной площади факела и, как следствие, суммарной площади поверхности, на которой протекают химические реакции.

- 1. Evdokimov O.A., Gur'yanov A.I., Veretennikov S.V., Gur'yanova M.M. Dynamics of diffusion jet combustion in an ejection burner // MATEC Web Conferences, 2018. Volume 245 (09019), pp 1-8.
- 2. Guryanov A.I., Evdokimov O.A., Veretennikov S.V., Guryanova M.M. Experimental investigation of premixed air–fuel mixtures and of the combustion specifics of diffusion fuel jets // International Journal of Energy for a Clean Environment, 2017. Vol. 18(4) P. 335 348.
- 3. Kononova V.V., Guryanov A.I., Experimental investigation of the burning of mixed and synthetic fuel counterflow burner module // Journal of Physics: Conference Series, 2017. Vol. 891 P. 1 6.
- 4. Носков, Д. А.Исследование коллективных эффектов взаимодействия реагирующих диффузионных микрофакельных струй [Текст]/ Д. А. Носков// Гагаринские чтения 2017: XLIII Международная молдежная научная конференция: Сборник тезисов докладов: М.; МАИ. 2017.

УДК 662.1

#### СВС КАТАЛИЗАТОРЫ КОНВЕРСИИ МОНОКСИДА УГЛЕРОДА

© Камышов А.Д., Самборук А.Р.

e-mail: 22554.ur@mail.ru

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Российская Федерация

В настоящее время поиски новых катализаторов занимают определенное место в науке. Важнейшим свойством катализаторов является специфичность действия: каждая химическая реакция или группа однородных реакций может ускоряться только вполне определенными катализаторами. Катализаторы, полученные методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) являются заменой катализаторов на основе благородных металлов. Главным преимуществом катализаторов СВС является дешевизна исходных компонентов смеси и простота оборудования для получения готового продукта.

Блочные катализаторы для переработки природных углеводородов на основе метода СВС позволяет получать материалы без затрат электроэнергии, достигать особых структурных состояний (высокая степень анизотропии, включение неравновесных фаз) и улучшенных функциональных свойств материалов (повышенные газопроницаемость, теплопроводность и др.). Это обусловлено высокой температурой (до 3000 К), большим температурным градиентом (до 107 К/м) и малым временем формирования керамики в волне синтеза. Структура целевого продукта зависит от тепловых режимов горения. для приготовления блочных катализаторов в качестве исходных реагентов используются порошки NiO, ZrO<sub>2</sub>, MgO, Al, Ni и др. После проведения СВС конечный продукт представляет собой пористый композиционный материал, состоящий из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>, MgO, NiO, Ni и др. Структуру и состав материала регулируют, изменяют концентрацию, размер частиц исходных реагентов и плотность шихты.

На основании экспериментов разработали опытную технологию СВС по получению пористых каталитических блоков на основе интерметаллидных и металлооксидных композиций в виде пластин и пористых цилиндров с размерами до 120 мм. Технологическая схема самораспространяющегося высокотемпературного синтеза блочных катализаторов аналогична традиционной схеме получения керамики, кроме этапа СВС, заменяющего высокотемпературное спекание в печи, что позволяет снизить энергозатраты при производстве материалов. Из результатов следует, что по выходу синтез-газа (суммарная концентрация моноксида углерода и водорода) СВС-катализаторы достигают уровня платиновых и платино-родиевых катализаторов, а в случае состава Ni52,9ZrO29,5 превосходят их. Металлооксидные СВС-катализаторы обладают высокой каталитической активностью при осуществлении процесса с малыми временами контакта с газом (менее 0,25 с). Для используемых в промышленности зернистых катализаторов Ni—Al2O3 это время обычно превышает 1 с.

- 1. Научные основы подбора и производства катализаторов, Сб., под ред Г.К. Борескова, Новосибирск, 1964.
- 2. Пат. 2349380 РФ. Катализатор и способ получения синтез-газа углекислотной конверсией метана / Ю.С. Найбороденко, Н.Г. Касацкий, В.Д. Китлер, Л.А. Аркатова и др. 2009.

УДК 004.5

#### РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ АВТОНОМНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

#### © Мамадалиев Р. А., Мингараев И. Р., Гаврилов А. А., Сагдатуллин А.М.

e-mail: saturn-s5@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, Лениногорский филиал, г. Лениногорск, Российская Федерация

Недостатками конструкций автономных робототехнических комплексов небольших объектов является невозможность манипулирования объектами, осуществления схвата и их перемещения в данных условиях,а также сложной структуру. Следовательно, робототехническим комплексам необходимо захватное устройство, имитирующее работу кисти. Например, аналогом может служить механическая кисть [1, 2, 3, 4, 5], представленная на рисунке. Содержит устройство ладонь, пальцы, шарнирно соединенные пустотелые фаланги, средства для сжимания пальцев, возвратные пружинки пальцев. Однако, устройство содержит в своей конструкции следующие недостатки: невозможность использования в текущей версии конструкции управляющих сервоприводов, конструкция будет сложно применима для манипулирования объектами, необходимость доработки конструкции ладони для многофункционального схвата.

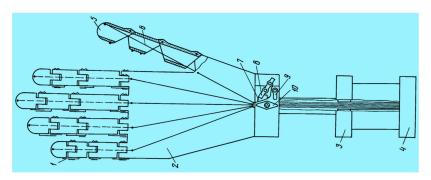


Рис. Механическая кисть

В результате на основе сравнительного анализа выявлены достоинства и недостатки текущих конструкций робототехнических комплексов удаленного телеуправления. На основе анализа можно поставить следующие задачи для дальнейшей разработки: конструкция изделия должна повторять кисть человека с возможностью схвата предметов различного размера, а также служить аналогом естественного сжимания-разжимания ладони кисти.

- 1. Бармин Н.И. Механическая кисть // Патент России № 2245120. 2005.
- 2. Сагдатуллин А.М. Идентификация процесса транспорта нефти первой ступени сепарации на основе дискретного преобразования Лапласа и разработки линейной авторегрессионной модели // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2018. № 4. С. 203–207.
- 3. Сагдатуллин А.М. Особенности функционирования и разработки информационной системы реального времени для управления технологическим процессом нефтеподготовки // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2018. № 4. С. 208–212.
- 4. Sagdatullin A.M. New principles and mechanisms development of scientific-educational systems in the conditions of integration of science, education, manufacturing and business / A.M. Sagdatullin Kazan: Publishing House of Kazan University, 2018. 116 p.
- 5. Sagdatullin A.M. Development of a practice-oriented and system-integrative approach to learning programming in high-level languages assisting to improve the quality of educational processes / A.M. Sagdatullin. Kazan: Publishing House of Kazan University, 2018. 256 p.

УДК 629.7.03

# КРИПТОН КАК ЗАМЕНА КСЕНОНА В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕГО ТЕЛА ДЛЯ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

© Марков А.С., Семененко Д.А., Гниздор Р.Ю.

e-mail: andreymarkk@gmail.com

ФГУП ОКБ «Факел», Калининград, Российская Федерация

Для выполнения задач корректировки параметров рабочей орбиты космического аппарата (КА) и задач довыведения КА до заданной орбиты, широкое применение имеют электроракетные двигатели (ЭРД) — стационарный плазменный двигатель (СПД). Традиционно в качестве рабочего тела (РТ) для СПД используют ксенон (Хе). Среди всех своих преимуществ, Хе имеет весомый недостаток — высокая цена. Так же развертывание больших проектов с использованием большого количества двигателей может вызвать дефицит ксенона, ввиду ограниченности его производства (~50 т. в год) и использование Хе в других отраслях. Эти факторы вызывают интерес со стороны заказчиков к альтернативным рабочим телам. Одним из основных вариантов замены Хе рассматривают криптон (Кr). Работы по определению оптимальных параметров СПД на Кr проводятся как в России [1], так и за рубежом [2, 3].

В статье представлены результаты работ по исследованию возможности использования Kr, в качестве альтернативны Xe, традиционному рабочему телу СПД. Исследования проводились на инженерной модели (EM) модернизированного двигателя СПД-70M, разработанного в ОКБ "Факел" на базе СПД-70, который широко применялся в составе ТМ-70 на аппаратах типа "Космос", "KazSat" и "Экспресс".

Проведены параметрические испытания СПД-70М в диапазоне разряда от 500 Вт до 1000 Вт на двух рабочих тела — ксенон, криптон, так же была проведена ресурсная наработка на рабочем теле криптон в режиме 900 Вт (напряжение разряда 300 В) и составила 500 ч. На рабочем теле Хе в режиме мощности разряда 660 Вт (напряжение разряда 300 В) была получена тяга 41 мН при удельном импульсе 1600 с. В аналогичном режиме при работе на Кг получена тяга 32 мН при удельном импульсе 1530 с.

По результатам исследований проведен сравнительный анализ удельных и ресурсных характеристик двигателя при работе на ксеноне и криптоне. Было получено, что при повышении мощности разряда на  $\sim 30\%$ , параметры при работе на Kr сопоставимы с параметрами двигателя при работе на Xe. Получены ресурсные характеристики двигателя на криптоне со скоростью эрозии изолятора сопоставимой с характеристиками двигателя на ксеноне.

- 1. Саевец, П.А., Разработка двигателя малой мощности для работы на криптоне [Текст]/ П. А. Саевец, А.В. Руменяцев Вестник Балтийского федерального ун-та им. И. Канта Сер., Физико-математические и технические науки.-2016.-Ne3 8 с.
- 2. Jacobson D.T, 50 kW class krypton hall thruster [Текст]/ David T. Jacobson, David H. Manzella. AIAA-2003-4550, June 2003. 8 с.
- 3. Nakles M.R., A 205 hour krypton propellant life test of the SPT-100 operating at 2 kW[Tekct]/ Machiel R. Nakles, William A. Hargus, Jr, Jorge J. Delgado, Ronald L. Corey. IEPC-2013-347, October, 2013. 21 c.

УДК 621.791, 66.040.22, 001.891.573

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАДИИ ТЕРМООБРАБОТКИ ПОСЛЕ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ В ПАКЕТЕ ANSYS/MECHANICAL

#### © Муругова О.В.

e-mail: murugova.oxana@mail.ru

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Республика Башкортостан, Российская Федерация

Один из этапов технологического процесса на производстве — это термообработка после сварки, используемая для уменьшения сварочных напряжений. В этой связи освоение методов численного моделирования термообработки — важный этап комплексного моделирования сварочного процесса.

В данной работе представлены результаты численного моделирования термообработки узла авиационного двигателя после аргонодуговой сварки.

Моделирование остаточных сварочных напряжений проводилось в инженерном пакете Ansys/Mechanical в два этапа [1]: 1) проведение термического анализа для получения распределения тепловых полей и 2) проведение деформационного анализа на основе результатов термического анализа.

Схема введения источников нагрева для имитации зоны проплавления при аргонодуговой сварке и 3D-модель представлены на рисунке 1 (а).

Для уменьшения машинного времени расчета размер конечного элемента был неравномерным: в зоне сварного шва 0,8 мм и постепенно увеличивался по направлению от сварного шва. На рис. (б) показана конечно-элементная сетка в области сварного шва и зона термического влияния (3ТВ) с лицевой стороны. Темно-серым цветом обозначен сплав ЭП718, светло-серым – ВЖ101.

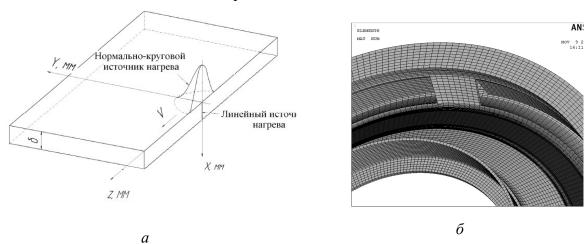


Рис. Схема источников нагрева при имитации зоны проплавления при дуговой варке (a) и геометрия 3-D модели узла авиационного двигателя (б)

При моделировании снятия остаточных сварочных напряжений после термообработки в качестве первоначальное стадии необходимо получить поле остаточных напряжений после сварки и задать его как преднапряженное состояние. Режим сварки:  $I_{cb}$ =54A, U=15B,  $V_{cb}$ =12 м/ч. Моделирование проводилось в следующей порядке: имитация сварки, последующее охлаждение в оснастке (30 сек) и высвобождение изделия из сварочной оснастки.

В точках ЗТВ были определены остаточные сварочные напряжения с обратной стороны сварного шва (таблица 1).

Таблица 1. Эквивалентные напряжения по Мизесу в исследуемых точках 3ТВ в области литого выступа с обратной стороны сварного шва

Исследуемые точки в ЗТВ на	Эквивалентные напряжения по	
расстоянии от оси шва, мм	Мизесу, МПа	
Точка 1 (1,6 мм от оси шва)	658МПа	
Точка 2 (2,4 мм от оси шва)	633МПа	
Точка 3 (3,2 мм от оси шва)	604МПа	
Точка 4 (4,0 мм от оси шва)	584M∏a	

В соответствии с литературными данными [2], при моделировании стадии термообработки после аргонодуговой сварки приняли температуру нагрева ТО 1150°С. Ориентируясь на высокопроизводительную ТО скорость нагрева в печи приняли 0,2 °С/сек, а скорость охлаждения — 0,25°С/сек. Для имитации ТО была задана нагрузка в виде функции от температуры по поверхности узла авиационного двигателя. Таким образом, время нагрева в рассмотренной тепловой задаче составило — 2400 сек, а время охлаждения — 4800 сек. Начальная температура составляла 20°С.

После прохождения термообработки в ЗТВ сварного шва остаточные сварочные напряжения снизились больше, чем на порядок. Результаты расчетов остаточных сварочных напряжений и остаточных напряжений после последующей ТО представлены в таблице 2.

Таблица 2. Эквивалентные напряжения по Мизесу в исследуемых точках ЗТВ в области литого выступа с обратной стороны сварного шва до и после термообработки

Исследуемые точки в ЗТВ на расстоянии от оси шва, мм	Эквивалентные напряжения по Мизесу, МПа	Эквивалентные напряжения по Мизесу после ТО, МПа
Точка 1 (1,6 мм от оси шва)	658МПа	30МПа
Точка 2 (2,4 мм от оси шва)	633МПа	39МПа
Точка 3 (3,2 мм от оси шва)	604МПа	46МПа
Точка 4 (4,0 мм от оси шва)	584МПа	48МПа

Таким образом, численное моделирование термообработки напряженнодеформированного состояния узла авиационного двигателя при нагреве со скоростью 0,5 °C/сек до 1150°C и охлаждении со скоростью 0,2 °C/сек показал уменьшение величины остаточных сварочных напряжений не менее чем в 14 раз до величины 30-48 МПа области 3ТВ, рассчитанного для аргонодуговой сварки.

- 1. Атрощенко, В. В. Моделирование тепловых процессов при дуговой сварке высокопрочной трубной стали с учетом структурно-фазовых превращений [Текст] / В. В. Атрощенко, Р. В. Никифоров, О. В. Муругова // Сварка и диагностика. 2018. №2. С. 51–54.
- 2. Киреев, Р. Ю. Причины образования дефектов сварных соединений при сварке и термообработке никелевых сплавов типа ВЖЛ-14 [Текст] / Р. Ю. Киреев, В. П. Чумарный // Вестник воронежского государственного технического университета. 2013. том 9 №2. С.72-74.

УДК 621.313-57

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

#### © Павелин А.П., Романов Н.В., Гаспаров М.С.

e-mail: aleksandr.pavelin@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

На сегодняшний день именно асинхронные электрические машины наиболее распространены в промышленности. Объясняется это простотой эксплуатации, надежностью этих машин, небольшим весом и удачными габаритными размерами. Для управления данными двигателей используются частотные преобразователи (ЧРП) совместно с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК).

Данная работа ставит своей целью изучение распространённых протоколов промышленной связи и реализацию системы управления асинхронным двигателем через частотный преобразователь посредством ПЛК.

Принципиальная схема системы управления представлена на рисунке.

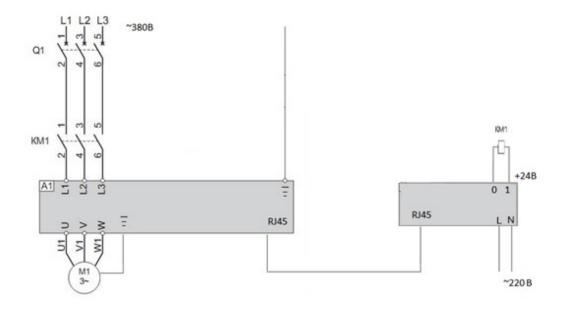


Рис. Принципиальная схема системы управления

Двигатель подключается к трехфазной сети 380 В через частотный преобразователь. Для защиты устройств от неноминальных нагрузок используются автоматические выключатели Q1. Для дистанционного пуска и остановки двигателя применяется контактор КМ1, подключенный к дискретным выходам ПЛК. Питание к контролеру подводится от отдельной сети с напряжением 220 В.

Для написания программы используем пакет SoMachine. Первым шагом для удобства работы с портами ввода переименовываем их. Связь ПЛК и частотного преобразователя будет осуществляться по протоколу Modbus. Поэтому вторым шагом сконфигурируем данное соединение. Для этого вводим слова контроля и состояния.

Список всех слов и соответствующие им функции можно найти в инструкции к частотному преобразователю. Далее выбираем скорость обмена — 9600 бод, количество бит в посылке — 9 (один из которых является битом четности), номер ведомого устройства — выбираем 1 и активируем бит четности. Третий шаг разбит на 2 этапа. На первом этапе добавляем функциональный блок частотного преобразователя в окно программы и программируем его выводы. Вторым этапом на языке LD (лестничных диаграмм) настраиваем удаленное коммутирование электрической цепи с помощью контактора КМ1.

Помимо настройки контроллера требуется настройка и преобразователя частоты. Для этих целей используем программу SoMove. После настройки параметров сети, на которые рассчитан подключаемый двигатель: частота сети -50  $\Gamma$ ц, напряжение сети -380 B, мощность -5.5 кВт, номинальный ток -12 A, номинальная частота вращения ротора -1455 об/мин, коэффициент мощности -0.82, требуется настроить параметры связи по протоколу Modbus. А именно: длину посылки, бит четности и номер устройства. При этом настройки связи в ПЛК должны совпадать с таковыми в частотном преобразователе.

При создании системы управления асинхронным двигателем для связи ПЛК и ЧРП был выбран протокол ModbusRTU. Достоинствами данного протокола по сравнению с Profibus являются стоимость оборудования и простота настройки. Недостатком же является низкая скорость. Но в созданнойсистеме управления скорость не играет большой роли.

- 1. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 256 с.
- 2. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями/ Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. 94 с.
- 3. СТО СГАУ 02068410-004-2018. Общие требования к учебным текстовым документам [Текст]. Самара.

УДК 629.78

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ВИБРОЗАЩИТЫ

#### © Сухова К.М., Макарьянц Г.М.

e-mail: ksenyasm21@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В современном машиноведении значительное внимание уделяется задачам защиты машин, оборудования и аппаратуры от вибрационных внешних воздействий.

Для составления математической модели системы активной виброзащиты с защищаемым объектом основанием рассмотрим упрощенную схему на рис. 1.

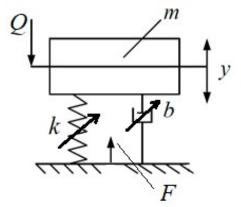


Рис. 1. Расчетная схема виброзащитной системы с параметрами k, b (изменяющимися), т с одной степенью свободы

Цель виброзащиты в этом случае состоит в уменьшении силы F=F(t), которая будет определяться деформацией и скоростью деформации виброизолятора (значением координаты y и ее производной  $\dot{y}$ ):

$$F = b\dot{y} + ky$$
.

Из уравнения кинетостатики для элемента *m*:

$$m\ddot{y}+b\dot{y}+ky=Q$$
,

где m — масса установленной на подушку машины, возбуждающей коебания, b — коэффициент демпфирования, k — жесткость пружины, F — сила, приложенная к защищаемому объекту, Q(t)= $Q_0$ sin $\omega t$  — силовое гармоническое возбуждение.

Тогда эффективность виброизоляции:

$$\mu_{\rm B}(k,b) = \frac{F}{Q} = \frac{b\dot{y} + ky}{m\ddot{y} + b\dot{y} + ky}.$$

Смоделируем систему в программе MCSAdams и получим графики сил, действующих в системе (рис. 2), деформации пружины, скорости и ускорения массы.

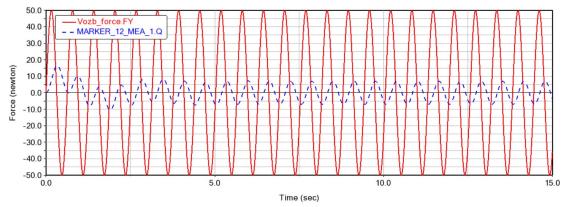


Рис. 2. Графики зависимостей возбуждающей силы (Vozb\_force.FY) и силы, приложенной к защищаемому объекту (MARKER 12 MEA 1.Q), от времени

Из графиков видно, что сила приложенная к защищаемому объекту после входа в устойчивое состояние системы изменяется также гармонически, но сдвинута по фазе относительно возбуждающей силы почти на 90°. По полученным графикам можно проверить выведенное уравнение математической модели. Однако, подставив значения, получим, что есть некоторая величина ошибки, которая может объясняться неточностью расчетов в программе, либо тем, что в математической модели должна быть учтена еще одна переменная, действующая на систему.

- 1. Большаков, Р.С. Определение динамических взаимодействий между элементами систем вибрационной защиты на основе метода структурных преобразований [Текст]: диссертация / Р.С. Большаков. И., 2014 167с.
- 2. Зелов, А.Ф. Пневматический привод активной системы виброзащиты [Текст]: диссертация / А.Ф. Зелов О., 2017 122стр.
- 3. Куцубина, Н.В. Теория виброзащиты и акустической динамики машин [Текст] / А.А. Санников, Н.В. Куцубина Екб., 2014 167 с.

УДК 621.7.043

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВКИ ИЗ КОНИЧЕСКОЙ ЗАГОТОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИЖИМА В ЗОНЕ МАЛОГО ДИАМЕТРА

#### © Халикова А.А., Демьяненко Е.Г.

e-mail: alsu.khalikova.95@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Тонкостенные осесимметричные оболочки двойной кривизны, нашедшие широкое применение в изделиях аэрокосмической техники, по способу формообразования деталей для получения таких оболочек характеризуются как наиболее сложные и трудоемкие процессы в изготовлении. Наряду с предъявляемыми к ним высокими требованиями по точности геометрической формы, диаметральным размерам, толщине стенки, возникает необходимость совершенствования методов их изготовления.

Цель: проанализировать один из инновационных способов формообразования выпуклой тонкостенной детали в сравнении с ранее предлагаемыми и разработать методику по расчету размеров конической заготовки.

В работе проведен анализ схемы нового способа получения тонкостенных оболочек[1]. В данном способе подвижный элемент может деформироваться в упругой области, увеличив свой диаметр в пределах упругой деформации материала кольца 0,3-0,8%.

Активные силы трения, возникающие при деформировании, способствуют утонению элементов в зоне большего торца, тем самым выравнивая толщину детали по всей поверхности в разных сечениях. Упругий элемент имеет возможность свободно перемещаться, если ось симметрии заготовки не совпадает с осью симметрии штампа. Это позволяет плотно и равномерно прижимать заготовку малым торцем к пуансону и в процессе деформирования устранять выров заготовки в случае ее неравномерного прижатия при формовке.

Размеры конической заготовки подбираются исходя из штамповой оснастки. В качестве оснастки использовался экспериментальный штамп с упругим кольцом, абсолютные размеры которого выбраны из следующего условия:

- веса штампа удобного для проведения экспериментов (15 кг);
- относительных размеров заготовки.

Для построения развертки, т.е. нахождения  $\overline{R_1}$ ,  $\overline{r_1}$ ,  $\theta$ , используется условие равенства между длинами окружностей большего и меньшего диаметров заготовки, наибольшей и наименьшей длинами дуг развертки, а так же геометрическое соотношение между радиусами образующей и углом заготовки (см. рис. 1).

$$L=R_1-r_1=\frac{D_{3ar}-d_{3ar}}{2\sin\alpha_{3ar}}, l_1=\pi*D_{3ar}=R_1*\theta, l_2=\pi*d_{3ar}=r_1*\theta,$$
 (1)

где  $l_1$ и  $l_2$ - наибольшая и наименьшая длины дуг развертки;

 $\theta$  – угол развертки;

 $R_1$  – больший радиус развертки;

 $r_1$  - меньший радиус развертки.

Решив систему 3-х уравнений относительно $R_1$ ,  $r_1$ ,  $\theta$ , получим:

$$\theta = 2\pi \sin \alpha_{3ar} \tag{2}$$

$$R_1 = \frac{l_1}{\theta} \tag{3}$$

$$r_1 = \frac{l_2}{\theta} \tag{4}$$

С учетом припуска для подрезки:



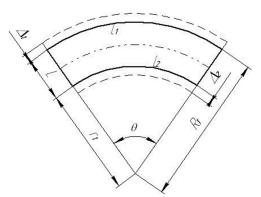


Рис. 1. Схема развертки

По размерам листа проводится раскрой. В том случае, когда вся развёртка не умещается на листе, на лист наносится либо её четверть, либо треть, либо половина (см. рис. 2).

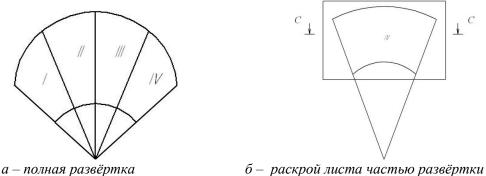


Рис. 2. Схема раскроя листа

Таким образом, применение способа формовки с использованием прижима в зоне малого диаметра позволит получить тонкостенные детали с минимальной разнотолщинностью.

- 1. Демьяненко Е.Г., Попов И.П. Устройство для отбортовки и формовки тонкостенной конической заготовки. Пат. № 2580269-2014140637 Российская Федерация, 2016.
- 2. Демьяненко, Е.Г. Исследование способа формообразования тонкостенных деталей на основе процессов отбортовки и формовки [Текст] /Е.Г. Демьяненко, И.П. Попов.— Казань: (ИВУЗ)Авиационная техника, 2016.-131 с.
- 3. Попов, И.П. Направленное изменение толщины листовой заготовки в процессах пластического деформирования Текст.: учебное пособие/И.П. Попов. Самара: Самар. гос. аэрокосм, ун-т., 2006. 74 с.

# **Секция 7** Электроника и приборостроение

УДК 811.112+621.37/39

# ESSENTIAL FEATURES OF THE TRANSLATION OF THE TEXTS IN THE FIELD OF ELECTRONICS

#### © Antoshin E.A., Sergeeva G.V.

e-mail: antoshin 99@inbox.ru

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

Each specialist faces difficulties with the translation of technical terms when you get books or magazine articles in your specialty in English, which you need to read and translate. But do you always translate the text correctly and what difficulties do you face?

The purpose of this work is to consider and analyze the features of translation of technical texts that affect the translation process.

The problem of translation occupies a very important part in the development of such an area as the translation of scientific and technical texts as for the accurate translation of the material into another language, not only linguistic but also technical knowledge is required.

Technical translation is a special type of translation that is used in the fields of Economics, electronics, etc., it is characterized by accuracy, impersonality, use of terms.

Types of technical translation:

- 1. translation of titles;
- 2. abstract translation;
- 3. full translation;
- 4. technical interpretation.

Requirements for an interpreter:

Technical translation is performed by a technical translator who:

- 1. knows a foreign language perfectly;
- 2. speaks the norms of his native language;
- 3. knows how to use dictionaries and the special literature;
- 4. has excellent knowledge of technology terms;
- 5. has a technical and linguistic education.

Translation should not be free paraphrasing, even if the meaning of the translated text is preserved. Such text should not contain any emotional colors. Some words used in scientific and technical texts differ in their meaning. For example, the verb suggested in a scientific text is more often used to mean "provide" rather than "suggest".

The same group includes words such as for, as, since, after. They can act as different parts of speech.

The main feature of the translation of radioengineering terms is knowledge of terminology. The same term can appear in different texts, but the translation of this term can have different meanings depending on what area of technical knowledge it is used in: aviation, electrical engineering, etc., that is, the specific term carries completely different meanings depending on its special purpose, for example:

- 1) switch the elimination of the delivery of some securities and the simultaneous conclusion of transactions by others (exchanges.), tail brush (Biol.), switch (link);
  - 2) rate utility tax (law), the coefficient of rigidity (ed.), speed (communication).

The greatest difficulty in understanding and translation of the present terms is that it can consist of several words. Translation of their meanings requires a certain sequence of actions and knowledge of the translation method of individual words. We need to start the translation with the last word, then, in order from right to left to translate the words.

In translation the term "high definition radar" the first word "radar" means some device with the high resolution property, and the last word "definition" means ability. We can easily translate the whole words combination as a device, which gives high resolution.

Another feature of the translation is the correct interpretation of abbreviations, and often a new word does not look like an abbreviations. For example, laser is acronym for light amplification by stimulated emission of radiation, lube — lubrication, etc. Quite often, there are abbreviations taken from English language: (UHF – abbr. ultra high frequency).

Another feature of technical translation is the constant development in the field of radio engineering, the emergence of new technologies, and, consequently, new terms and abbreviations. The interpreter should take this aspect into account in his work.

Translation of the radio article should be as close as possible to the original text. Some deviations may be due to the peculiarities of the language. It is very important to avoid losing the thought that the author puts into his initial meaning.

In this work it was shown that the common features of radio texts are:

- 1) terminology saturation;
- 2) presence of grammatical and lexical structures;

Thus, one of the main factors in the translation of a radio technical article is the qualification of an interpreter, but we should not forget that there are a lot of difficulties translating technical terms which were mentioned above.

#### References

- 1. Martin, Т. Электронные цепи: перевод с английского [Text]: study guide for technical universities / Т. Martin. М.: Военное издательство Министерства Обороны Союза ССР. 1958. 690 с.
- 2. РаджабоваД. A. Difficulties of the translation of scientific and technical texts // Молодойученый. 2017. –№13. –С. 595–599.

УДК 811.112+621.37/39

# THE LEXICAL RULES OF ENGLISH BORROWED TERMS' PRONOUNCING IN RUSSIAN RADIO ENGINEERING

© Balukov A.A., Sergeeva G.V.

e-mail: balukov 98@mail.ru

Samara National Research University, Samara, Russian federation

Why English is so popular today? It is rightfully an international language. It is widely used in the modern radio engineering. The biggest part of scientists in that area has an English as a native. There are a lot of articles, scientific explorations and great achievements designed by English speaking specialists. The great number of collective researches takes in English. That's why each skilled specialist in radio engineering has to know English as his second communicational language after his native one.

But is it really only English? No, of course not. The Russian language is also common in radio engineering. It has a lot of terms and other not special words to describe and name subjects and processes in radio. However, often we use them in daily communication without any think about their origin. Meanwhile the biggest part of engineering terminology in Russian was borrowed from foreign languages including English. Some of them stay without any changes in writing or even speaking, but a lot of terms are transformed using methods of word formation of Russian. Since the late 1980s – early 1990s joint ventures with foreign companies were being actively established. With the collapse of the USSR, intensive international and interlingual contacts appeared in various spheres of Russian society life including radio engineering and the rapid processes of lexical borrowing intensified [2].

The goal of this work is try to explore the scientific vocabulary to find some more common one in radio and state general rules of pronouncing "English" words in Russian. Foreign students of Russian universities can use this article as a referential data.

The author supposes that the reader knows a basic information on International Phonetic Alphabet (IPA), otherwise he advises to get acquainted with it [3].

Let us divide our exploration into two parts. In the first one the author will give examples of words used in Russian without changes, in the second one other words will be collected.

Let us begin with the first group. It can include the names of components, their pin layout, names of processes, groups and categories, etc. For example, resistor [rɪˈzɪstə] has a Russian analogue резистор [rʲɪzʲˈistər], transistor [trænˈzɪstə] — транзистор [trɐnʲzʲˈistər], signal [ˈsɪgn(ə)l] — сигнал [sʲɪgnˈal], emitter [ɪˈmɪtə] — эмиттер [ɪmʲˈitʲɪr], collector [kəˈlektə] — коллектор [kɐlʲˈektər], generator [ˈdʒɛnəreɪtə] — генератор [gʲɪnʲɪrˈatər], coefficient [ˌkəʊɪˈfɪʃənt] — коэффициент [kəɪfʲɪtsijˈent], diode [ˈdaɪəʊd] — диод [dʲɪˈot], etc. [3–4].

The most significant differences between English and Russian pronunciation according to the author are in bold. It is useful to remember that we pronounce each letter in the word (with rare exception) in Russian. That's probably the main difference between English and Russian lexis. Thus, many terms borrowed from English are just full analogue of foreign words.

The situation is more complicated with transformed words. It is important to note that lexical rules of word formation are generally similar in Russian and in English: using prefixes with additional meaning, postfixes and suffixes. There are some prefixes used to form new words. In the brackets the reader can see Russian variant of each prefix and examples [1, 3], [4]. De- [di:] (де- [dj'e], decode-декодировать); inter- [m't3:] (интер- ['i:nter], interference-

интерференция); in- [ɪn] (ин-['in], installation-инсталляция; не- [nj'e], instability — нестабильность); mono- ['monəʊ] (моно- ['monə], monochrome — монохромный); non- [nɒn] (не- [nj'e], nonlinear — нелинейный); anti- ['ænti] (анти- ['ɐntji], antireflex — «антирефлекс»); trans- [trænz] (транс- [tr'ans], transformer — трансформатор); semi- ['sɛmi] (полу- ['polʊ], semiautomatic — полуавтоматический); etc. Some postfixes are also in the article: -ion [ɪən] (-ция [tsɨjə], modulation — модуляция); -ing [ɪ:ŋ] (-ий (-ие, -ая) [:ɪj] ([:ɪ], [:ɪjə]), modulating — модулирующий; -ция [tsɨjə], converting — конвертация); -nce [əns] (-нция [ntsɨjə], interference — интерференция); -ic [ɪk] (-ический (-ическая, -ическое) [tteeskti] ([tteesktv]], [tteeskvə]), automatic — автоматический); -ive [ɪv] (-ий (-ие, -ая) [:ɪj] ([:ɪ], [:ɪjə]), active — активный); etc.

In conclusion, as the reader can see, Russian has a lot of words taken from other languages. Almost all of them were transformed to make them more comfortable and understandable for people who don't know English. We can make an evident conclusion that there are some lexical rules of pronouncing borrowed words in Russian. It means that each word has not its own unique speech rule, but the group of similar words has. In that work the author put together the results of two explorations: search and systematization of borrowed terms in radio engineering literature andanalysis of linguistic articles about the rules of word formation. If the reader wants he may continue this exploration and add more terms, postfixes and prefixes by analogue with this article. It will be a good training for both foreign students from radio engineering faculty and people who just studying English.

#### References

- 1. Guruanova, О. А. Способы образования терминов телевидения (на материале английского языка) [Text] / О. А. Guruanova // Омский научный вестник: Филологические науки. -2013. -№5 (122).
- 2. Shchitova, О. G. Новейшая ксенолексика в русской речи XXI века: к определению объёма понятия [Text] /О. G. Shchitova // Вестник науки Сибири. 2012. № 1(2).
- 3. International phonetic alphabet [Digital resourse]//ru.wikipedia.org 2019. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Международный фонетический алфавит (application date 28.02.19)
- 4. Martin, Т. Электронные цепи: перевод с английского [Text]: studyguidefortechnicaluniversities / Т. Martin. М.: Военное издательство Министерства Обороны Союза ССР. 1958. 690 с.

УДК 811.112+621.37/39

## THE ROLE OF ENGLISH IN MODERN RADIO ENGINEERING

© Davydova A.O., Sergeeva G.V.

davydovaaaaanastasia@gmail.com

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

"Who does not know a foreign language, he does not know his own one." This thought was expressed by the great Goethe. Indeed, it is difficult not to agree with this statement, because everything in the world is known by comparison. For example, when translating foreign texts, you study your native language, because you compare grammatical constructions, rules, and thus deepen not only into a new language, but also into your native language You will also learn more about the culture and people who speak the language. And when comparing from the new side, your culture can also open up, because it is very closely connected with the language, you will understand how unique and important each culture is, how important it is and its value in language in particular. But why so much attention is paid to the English language? How important is the study of English in the life of a modern man? Is it really necessary? The value of English in the world is constantly increasing. It is considered to be the world language of communication. The English language allows you to communicate with people fluently when visiting most countries of the world. Thanks to this, it is possible to establish contacts and resolve conflict situations in the world. You can evaluate its role using a very vivid example: English was adopted as an intermediate language at meetings of the European Union, although countries are allowed to use their native language, but due to the lack of qualified interpreters this decision was made. English has also been adopted as a working language in the United Nations. But is English important in science? Of course yes, because the English language provides a great opportunity for unhindered communication among scientists around the world, who contribute to the development of science and new discoveries. Many scientific articles are written in English. However, there are many engineers who speak only one language. So do you need English in engineering? And in particular, what advantages does the knowledge of English in radio engineering specializations give? What is the role of English in radio engineering?

In today's world, more and more employers are demanding knowledge of English from their engineers. But why? And it is because even when working at a domestic enterprise, engineers are faced with the selection of the right equipment, and in order to choose a quality product with all the necessary parameters, it is necessary to consider the equipment not only of produced domestically, but also produced abroad. To do this, you must carefully study the literature, which is often written only in English. Such a specialist can take part in international conferences where he can freely discuss existing problems and keep abreast of the latest innovations and developments. Communication with foreign colleagues certainly contributes to professional growth. That allows the engineer to keep up with the times and in his developments to keep up with the modern world, and in some cases makes it possible to stay ahead.

English for engineers has a number of features, so the translation into your native language can be quite problematic. So some words have several translations, several meanings. Therefore, very often even knowledge of basic English is insufficient, it is necessary to take into account the specifics of the area being studied. Technologies in the modern world are developing at a rapid rate, that is why there is no time to translate most of the new literature. So engineers who do not know English are forced to wait for the

translation at the time when their colleagues are continuing their development and are thus ahead of them. An engineer who knows English has not such problems.

I would like to cite as an example the well-known "datasheet", for specificity, we turn to the "datasheet" of the radio module NRF24L01 +, where in addition to the diagrams, there will be a long important text in English, which shows: connection sequence to the main board, component composition, specifications and so on. Of course, you can find translation on the Internet, but it's almost impossible to find an official translation, because processors and other equipment are released every day, and it's very difficult to compile the necessary information in each language rather than in English. And some amateur translation is sometimes compiled illiterately and with errors, and sometimes a part of the information can be truncated.

The main program in which all modern radio engineering OrCAD work is completely written in English. Any engineer will have to work with it after graduating. OrCAD has received such great popularity due to the fact that it is there that you can assemble the necessary scheme, carry out the necessary modeling profiles, obtain the necessary characteristics, and so on. Without knowledge of English, working in this program will not be possible, because it has not been officially translated into other languages.

The study of English is necessary to begin as early as possible. The future engineer will have enormous advantages. So many Russian universities are currently practicing a double degree program. This gives the student an excellent opportunity to visit another country where he can: meet new interesting people who in the future may become his colleagues, consider the material being studied from a new side. In addition to the above, a student receives two diplomas upon successful completion of all exams, which certainly enhances his qualifications and helps to become a perfect engineer in his field.

Analyzing the English language and radio engineering it can be concluded that they are closely related. It is impossible to imagine in the modern world a qualified engineer without knowledge of a given language.

#### References

- 1. Crystal D. English as a Global Language. Cambridge. Cambridge University Press, 2003. 212 c.
- 2. Нестеренко В.С. Проблемы существования и перспективы развития глобального английского в современном мире // Язык и культура . -2011. -N<math> 2.
- $3.\ NRF2401\ Datasheet\ [Digital\ resourse]//\ URL:\ https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/90046/ETC/NRF2401.html$

УДК 621.311.61

# МЕТОДЫ ВЫРАВНИВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ БАТАРЕЙ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

© Кумарин А.А., Кудрявцев И.А.

e-mail: alky samara@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В современных системах питания все чаще требуется обеспечивать большие токи от автономных источников питания. Во многих случаях единственным накопителем энергии, способным одновременно запасать достаточное количество энергии и отдавать достаточный ток являются суперконденсаторы (СК). Типичное значение плотности мощности в них составляет порядка нескольких кВт/кг. Одной из проблем при использовании данного вида накопителей является низкое напряжение одиночного СК. Это обстоятельство приводит к необходимости объединения СК в последовательные батареи. Поскольку СК имеют достаточно широкий разброс значений емкости, проблема необходимости выравнивания напряжений на ячейках становится более актуальной, чем для литиевых батарей. Кроме того, большая часть энергии СК сосредоточена в области высоких напряжений [1], что делает еще более актуальным выравнивание напряжений на элементах батареи вблизи максимальных значений.

В данном докладе рассмотрены различные существующие методики выравнивания напряжений. Их можно разделить на следующие группы: пассивные, активно-пассивные и активные.

Пассивные методы подразумевают установку параллельно СК резисторов, которые разряжают наиболее заряженные СК сильнее, чем менее заряженные. Данный способ имеет наиболее простую реализацию, но энергия при этом теряется впустую. Кроме того, разряд происходит все время, даже если напряжения уже выровнены.

Активно-пассивные методы также подразумевают ликвидацию излишков заряда на СК с наибольшим напряжением за счет рассеивания на параллельно подключенном резисторе. Однако, в данном случае резисторы подключаются только по мере необходимости.

Активные методы подразумевают перекачку заряда из одного СК в другой. Для этого существуют различные импульсные схемы, в докладе приведен их краткий список с основными характеристиками.

В качестве альтернативы существующим методам в докладе предложен иной способ, позволяющий изначально избежать появления разницы напряжений между разными СК еще на этапе заряда батареи. Для этого предлагается модификация зарядного устройства, представляющего собой источник тока, снимающая жесткую привязку к общему проводу питания. Это позволяет заряжать адресно конкретные СК в батарее. Для выбора заряжаемого СК предлагается использовать представленную в докладе схему силового мультиплексора.

В докладе рассмотрены преимущества и недостатки упомянутых методов выравнивания напряжения, рассмотрены возможные реализации, ограничения и сферы применения. Предложенный метод выравнивания напряжений может быть применен в зарядных устройствах силовых батарей, где применение других методов становится невыгодным.

## Библиографический список

1. A.A. Kumarin, I.A. Kudryavtsev. Modelling the EDLC-based Power Supply Module for a Maneuvering System of a Nanosatellite // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering Vol. 302. No. 1. 2018. P. 1-6.

УДК 539.1

#### INVESTIGATION OF THE CARBON NANOTUBES PROPERTIES

#### © Rymzhina A.R., Avdeiko S.A.

e-mail: nastya.rymzhina.98@mail.ru

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

At present, nanotechnologies are being intensively developed that has resulted in an increasing interest in studying nanomaterials. Now carbon nanotubes are insufficiently studied material, though in the future they can significantly affect all spheres of human life.

The article presents a scientific review of such promising material as carbon nanotubes.

The purpose of the article is to give information about carbon nanotubes (CNT), their properties and the prospects of their use, as well as to provide insight into the results of our experiments.

The article considers mechanical, optical, and temperature properties of carbon nanotubes, as well as the heterojunction, which is formed when a metal nanotube is connected to a semiconductor one. Different types of carbon nanotubes, related structures and their formation mechanisms were investigated.

Carbon nanotubes are allotropes of carbon with a cylindrical nanostructure. These cylindrical carbon molecules have unusual size-dependent characteristics, which are of value to nanotechnology, electronics, optics and other fields of materials science and technology. We analyzed some synthesis methods of CNT, including a chemical vapor deposition method – the most optimal one.

Our full-scale experiments show that increase of the laser radiation power directed to the CNT coated substrate results in decrease of the CNT resistance, and increase of the resistance is observed in the case of the power decrease. As a result, we managed to obtain a CNT resistance and power characteristics of the illuminating laser beam in the time frame from 0 to 180 seconds.

The results of the carried out experiments can be used to conduct further works to study of the CNT properties. These studies will allow us to determine further possible applications of CNT in the field of nanotechnology.

#### References

- 1. Dekker C. Carbon nanotubes as molecular quantum wires // Physics Today 1999 Vol. 52(5). DOI: 10.1063 / 1.882658
- 2. Bone Cell Proliferation on Carbon Nanotubes / R. C. Haddon, et. al. // Nano Letters. 2006. Vol. 6(3). P. 562–567. DOI:10.1021/nl051861e
- 3. Lambin P. Atomic structure and electronic properties of bent carbon nanotubes # Synth. Met. -1996 Vol. 77: P. 249–1254. DOI: 10.1016/0379-6779(96)80097-x
- 4. D'yachkov P. N. Materials for 21st Century Computers // Priroda. 2000. No. 11. P. 23-30.

УДК 615.84; 53.043

# ANWENDUNG VON RADIOWELLEN UM DIE EMOTIONEN EINES MENSCHEN ZU BEEINFLUSSEN

© Schipulya A.D., Sergejewa M.W.

e-mail: shipulaartiom@gmail.com

Samara National Forschung Universität, Samara, Die Russische Föderation

Es ist eine nützliche Fähigkeit, Ihre Emotionen nach Belieben zu ändern. Ich analysierte die Möglichkeit, diese Idee umzusetzen, und bot Optionen für Ihre Umsetzung an.

Es wurden mehrere Fakten gefunden, die die Möglichkeit der Umsetzung bestätigten. Unter ihnen waren: Ichac Frieds Experimente zum Erfassen von Gehirnsignalen; Überprüfungen die Installation, die Menschen in einen künstlichen Schlaf injizieren kann (die Installation hatte den Namen "Radio Schlaf"). Infolgedessen kam ich zu dem Schluss, dass die Auswirkungen auf die Emotionen mit Hilfe von Radiowellen durchgeführt werden können. Ich habe auch das theoretische Material über die Wirkung von Radiowellen auf verschiedene Teile des Gehirns und den Mechanismus des Auftretens von Emotionen untersucht.

Bei der Untersuchung der Theorie wurden Probleme entdeckt, die die Umsetzung der Idee beeinträchtigen könnten. Darüber hinaus wurde eine Liste der Studien vorgelegt, die durchgeführt werden müssen. Das Hauptproblem war die Nebenwirkung von Radiowellen auf menschliche Organe. Es wurde ein ungefähres Schema des Geräts vorgeschlagen, mit dem Emotionen verändert werden könnten. Theoretisch ermöglicht dieses Gerät, das Hauptproblem zu umgehen, indem der Bestrahlungsvolumen reduziert wird. Die Reduzierung des Strahlungsvolumens in diesem Gerät soll mit Hilfe der Punktrichtung der Signale durchgeführt werden. Das Gerät ist ein Helm-Frame, der von Bestrahlern umrandet ist. Bestrahler Zielen auf Teile des Gehirns, die Emotionen hervorrufen. Die Erzeugung der Emotionen, die wir brauchen, wird vorgeschlagen, mit Hilfe der Bestrahlung bestimmter Teile des Gehirns durch bestimmte Bestrahler durchzuführen. Beispiel: mit Hilfe von Strahlern werden die folgenden Teile des Gehirns aktiviert: Mandelkörper, präfrontale Rinde, Hippocampus. Wir bekommen positive Emotionen. Oder zum Beispiel können Sie nur einen Hippocampus aktivieren, der einzeln für die Angst verantwortlich ist.

So kann aus der Sicht der Elektrotechnik dieses Gerät bereits heute zusammengebaut werden, aber dennoch ist die Verkörperung der Idee ohne zusätzliche Forschung von Neurowissenschaftlern nicht möglich.

#### Referenzliste

- 1. https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\_biblioteka/431502/Oni\_pronikayut\_v\_mozg\_opyty\_ na lyudyakh
- 2. https://mind-control.fandom.com/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%BD
  - 3. http://ss-op.ru/reviews/view/88
  - 4. https://vikent.ru/enc/1421/
- 5. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B8%D1%82%D0%BC%D1%8B\_%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE\_%D0%BC%D0%BE%D0%B7%D0%B3%D0%B0
  - 6. https://www.cognifit.com/ru/brain-parts
  - 7. https://theoryandpractice.ru/posts/9677-karta-mozga

УДК 537.533.3

# СКАНИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ КРЕМНИЕВЫХ ПОДЛОЖКИ

#### © Абдулхаликова К.К.

e-mail: abdulhalikova.karina@yandex.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева –КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

В настоящее время к чистоте поверхности предъявляют жесткие требования и необходимо их идентифицировать. В данном тезисе будут раскрыты преимущества сканирующей микроскопии, а также ее применение в оценки качества очистки подложек кремния.

Кремний является базовым материалом подложек для микроэлектроники, поэтому создание чистой поверхности является актуальной проблемой. Однако, получения чистого кремния недостаточно, так как от чистоты поверхности подложки кремния зависят технические характеристики полупроводниковых приборов и выход годных изделий.

Также развитие микро- и наноэлектроники, а именно миниатюризация элементов на подложеке кремния, а, следовательно, увеличение отношения  $S/V \sim 1/L$  накладывает требования на степень частоты подложек кремния за счет увеличения влияния поверхности [1], которые зависят от уровня технологии, а также характеристик изделий.

Не только загрязнения на подложке отрицательно влияют на выход годного изделия, а вторичные загрязнения, появляющееся при адсорбции молекул воды на очищенную поверхность подложки образую от десятков до сотен мономолекулярных слоев, в которые диффундируют молекулы азота, водорода и других газов. Очищенная поверхность является высокоактивной и на ее поверхности происходит хемсорбция молекул воды, в результате которой ион  $H^+$  отрывается от молекулы воды, а гидроксильные группы  $OH^-[2]$  заполняют трещины и микронеровности подложки.

Для решения данной проблемы необходимо создать чистую гидрофобную поверхность кремния, обладающую водоотталкивающими свойствами. Известно, что на поверхности где сила межмолекулярного взаимодействия с жидкостью превышает взаимодействие с между поверхностными молекулами поверхностью, наблюдаются гидрофобные свойства [3].

$$\cos\theta_0 = \frac{\delta_{sv} - \delta_{sl}}{\delta_{lv}}.\tag{1}$$

У атомов фтора и кислорода наблюдаются схожие аномальные свойства, а именно несоответствующие периодическому закону температуры кипения и плавления, а также постоянные валентности кислорода и фтора, в отличие от остальных элементов группы. У элементов с постоянной валентностью энергия, подведенная к системе, не расходуется на переход атома в возбужденное состояние, а используется для увеличения химической активности в соединениях и молекулах. Но известно, что высоко активные атомы кислорода и фтора между собой не взаимодействуют [4]. Таким образом, фтор по химической активности в соединениях не уступает кислороду и способен замещать его атомы.

Для создания гидрофобной поверхности нами предложен способ включает такие операции по очистке кремниевых подложек:

- органические загрязнения удаляли диметилформамидом;
- -пленку окиси, мономолекулярные слои воды и замещение поверхностных гидроксильных групп ОН атомами фтора производили с помощью плавиковой кислоты;
- удаление атомов фтора, оставшихся после травления подложки производилось изопропиловым спиртом;
- непродолжительное хранение производилось в изопропиловом спирте, а при необходимости длительного в спиртовом растворе канифоли.

Для оценки качества очистки и исследования особенностей морфологии мы применяли сканирующий электронный микроскоп Carl Zeiss Auriga Crossbeam с энерго-дисперсионным спектрометром Inca X-Max.. Для нашей задачи способом индентификации выбрана электронная микроскопия потому что:

- Детальное изучение структуры позволит понять характер различных физикохимических процессов, происходящих при электроосаждении металлов;
- также выяснить роль технологических факторов, влияющих на протекание этих процессов;
  - высокая разрешающая способность;
  - за счет глубины резкости легкая интерпритация и 3D представление.

В настоящей работе экспериментально показано, что чистая поверхность, изъятая из изопропилового спирта и промытая водой возвращается в исходное состояние. Чистая поверхность с нанесенной пленкой канифоли осталась чистой через 24 часа после снятия пленки.

- 1. Горшков А.П., Тихов С.В. Физика поверхности полупроводников: учебное пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. 101 с.
- 2. Абдулхаликова К.К., Вахитов Ф.Х., Карамов Ф.А. Создание чистой гидрофобной поверхности кремниевых пластин и способа ее сохранения// Вестник КГТУ//- Изд-во: Казанского государственного технического университета (КНИТУ-КАИ), 2018 С.15-17
- 3. Бойнович Л.Б и др. Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение/ Бойнович Л.Б, Емельяненко А.М.// Журнал Успехи химии/ М: «Успехи химии» -2008 T.77. №7- C. 619-638
  - 4. Раков Э.Г. Парадоксальная химия фтора // Химия 1999 №7. С. 15

УДК 537.81

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ЧАСТОТУ ВРАЩЕНИЯ МОТОРА СПРИНГА

© Бабушкин И.А., Юнусов Р.Ф.

e-mail: bival2000@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

Левитация, то есть бесконтактное преодоление силы притяжения, является одним из активно разрабатываемых направлений исследований современных учёных [1-3]. Использование данного феномена открывает широкие перспективы для развития технологий и создания более совершенных технических средств. Наибольшего прогресса на сегодняшний день исследователям и инженерам позволяет добиться магнитная левитация.

Целью настоящей работы является исследование мендосинского мотора (или мотора Спринга), созданного на явлениях магнитной левитации и фотоэлектрического эффекта.

Новизна работы состоит в том, что экспериментально показана возможность создания на базе мотора Спринга механического индикатора освещённости.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1. изготовить, собрать и изучить принцип работы мендосинского мотора;
- 2. на примере практических опытов исследовать влияние освещённости светового потока на частоту вращения мендосинского мотора;

Мендосинский мотор — это разновидность бесколлекторного электрического двигателя с ротором на магнитных подшипниках и питанием солнечной энергией.

Мотор (рис.1) состоит из четырёхстороннего (квадратного сечения) ротора (1), насаженного на вал (2). Ротор имеет два набора обмоток (3) (в каждом по 150 витков) с питанием от солнечных батарей (4) фирмы Aiyima (0,5 B; 100 мA). Подвеска выполнена на постоянных неодимовых магнитах (5). Статор мотора — подставка (6) с постоянными магнитами (7) и магнитными опорами (8).

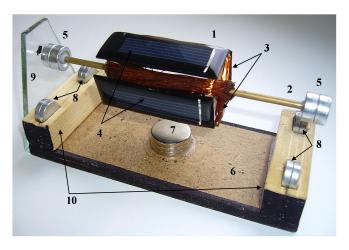


Рис. 1. Мендосинский мотор

Когда фотоны падают на одну из солнечных батарей, они создают фото-ЭДС. Ток в обмотке создаёт магнитное поле и возникает сила Ампера со стороны магнитного поля

постоянного магнита статора. При вращении ротора следующая солнечная батарея поворачивается к световому потоку, тем самым возбуждая ток во второй обмотке. А поскольку катушки получают питание по очереди, то и поворачиваются они по очереди. Это взаимодействие и приводит ротор во вращение. Процесс повторяется до тех пор, пока на батареи падает свет.

Для определения зависимости частоты вращения мендосинского мотора от освещённости светового потока, падающего на фотоэлементы мотора, был поставлен эксперимент, предусматривающий выполнения двух этапов:

- 1. Искусственное воспроизведение изменения освещённости светового потока.
- 2. Измерение частоты вращения мотора при различной освещённости.

В качестве источника света была взята лампа накаливания мощностью 100 Вт. Для изменения освещённости светового потока лампы был изготовлен набор диафрагм с отверстиями диаметром (D) 30, 60, 90 и 120 мм. Измерения освещённости проводились в тёмное время суток с помощью люксметра.

На следующем этапе на постоянном магните подвеса ротора маркером чёрного цвета была нанесена метка. Данная метка позволила визуально фиксировать полный оборот вала двигателя

Анализ результатов исследования показал, что частота вращения мендосинского мотора находится в прямой зависимости от освещённости светового потока, падающего на фотоэлементы статора (рис. 2). При увеличении освещённости частота оборотов двигателя возрастает. Данный факт позволяет сделать вывод о том, что мотор Спринга можно использовать в качестве механического индикатора освещённости.

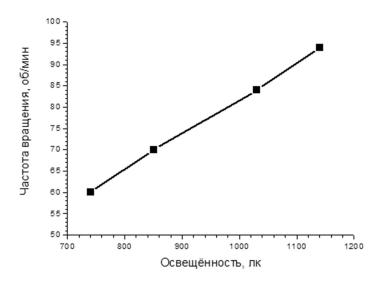


Рис. 2. Зависимость частоты вращения мотора от освещённости

Таким образом, отталкиваясь от того, что мендосинский мотор можно использовать в качестве механического индикатора освещенности, мотор Спринга можно использовать на Луне. В следствие того что сила тяжести на луне составляет 1.62 м/с², что примерно в 6.055 раз меньше чем на Земле, мотор на Луне будет более устойчивым.

- 1. Юнусов Р.Ф. Дистанционный курс «Электродинамика»//Необратимые процессы в природе и технике. Труды девятой Всероссийской конференции МГТУ им. Н.Э.Баумана. Москва: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2017, Ч. II, С. 181-184.
- 2. Юнусов Р.Ф. Электронные курсы на платформе «Blackboard»//Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. № 11. С.95-105.URL: http://e-koncept.ru/2016/16242.htm.
  - 3. Физическая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1988.

УДК 620.179.18

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЛС С ШУМОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЁТА

#### © Барякаева С.Н., Жуков С.В.

e-mail: seyforiyaa@mail.ru, zhukovsv91@inbox.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Вертолёт — летательный аппарат, который может вертикально взлетать и садиться, неподвижно висеть в воздухе, перемещаться в любом направлении. Это происходит благодаря вращению несущего винта, который создает подъемную силу и тягу.

На лопасть несущего винта действуют аэродинамические силы, которые ее изгибают, скручивают, разрывают, стремятся оторвать от нее обшивку. Чтобы «противостоять» такому действию аэродинамических сил, лопасть должна иметь необходимый запас прочности.

Несущий винт состоит из втулки несущего винта, шарниров и лопастей, и поскольку на несущий винт ложится основная нагрузка, контроль состояния данных силовых элементов винта является актуальной задачей.

перспективных способов осуществления Одним ИЗ контроля ЭТО использование радиолокационных станций (РЛС) с шумовой модуляцией, ДЛЯ апертуры определения расстояния от антенны поверхности ДО лопасти. Функциональная схема принципа работы изображена на рисунке.

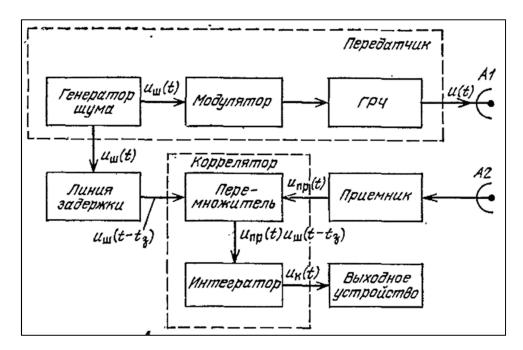


Рис. Функциональная схема принципа работы РЛС с шумовой модуляцией

Согласно функциональной схеме РЛС (см. рис.), амплитуда (фаза, частота) непрерывных колебаний u(t) генератора радиочастоты (ГРЧ) изменяется напряжением генератора шума  $u_{\rm m}(t)$  с помощью модулятора. Напряжение шума после задержки его

в регулируемой линии задержки на время  $t_{\rm B}$  подводится в качестве опорного сигнала  $u_{\rm III}(t-t_{\rm 3})$  к одному из входов коррелятора.

Ко второму входу поступает выходное напряжение приемника  $u_{\rm пp}(t)$ . В корреляторе основное  $u_{\rm пp}(t)$  и опорное  $u_{\rm ш}(t-t_{\rm 3})$  напряжения перемножаются. Интегратор суммирует их произведение в течение времени наблюдения  $T_{\rm H}$ . В результате получается напряжение,  $u_{\rm K}(t)$ , которое измеряется выходным прибором.

По аналогии сигнал отраженный от лопасти поступает на приемник через антенну А2, который расположен на неподвижной части корпуса вертолета.

РЛС с шумовой модуляцией не имеют ограничений в однозначном определении дальности и скорости целей, а также шумовое излучение легко генерировать. Немаловажным преимуществом данного способа является повышенная скрытность работы РЛС: противнику трудно отличить шумовое излучение от внутренних шумов приемника, а тем более выявить параметры РЛС. Качество данной РЛС во многом зависит от параметров линии задержки и коррелятора. Чем больше максимальное время регулируемой задержки линии, тем меньше ограничивается максимальная дальность действия локатора.

- 1. Данилов, В.А. Вертолёт Ми-8: Устройство и техническое обслуживание [Текст]/ В.А. Данилов. М.:Транспорт, 1988. 278 с.
- 2. Данилин, А.И., Жуков, С.В. Оптоэлектронные системы определения деформационного состояния несущего винта вертолёта [Текст]// Известия Самарского научного центра Российской академии наук,т.18, №4(6). Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2016. 1307-1314 с.
- 3. Белоцерковский, Г.Б. Основы радиолокации и радиолокационные устройства [Текст]/ Г.Б. Белоцерковский. М.:Советское радио, 1975. 336 с.
- 4. Жуков, С.В., Данилин, А.И., Попов, М.С., Математическое описание взаимодействия зондирующего СВЧ-сигнала с лопастью несущего винта вертолета [Текст]// Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение, т.15., №3. Самара: Изд-во Самарского университета, 2016. 178-188 с.
- 5. Антропов, В.Ф. Экспериментальные исследования по электродинамике вертолета [Текст]/ В.Ф. Антропов, Г.Б. Бураков, А.С. Дьяченко. М.: Машиностроение, 1980. 240 с.

УДК 811.111+004.056.55

#### HISTORY OF CRYPTOGRAPHY AND ITS USAGE

#### © Беспалько Я. А., Пигарева М.Н.

e-mail: Yasha.9047@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

<u>Encryption</u> — is a method of disguise of initial meaning of the text or another document, which provides the corruption of its original content. Transformation of a common, understandable content into a code is known as coding. Whereby it's implied to be a mutual synonymous matching between the text symbols and the code. Therein a basic difference between coding and encryption. Frequently people make a mistake thinking, of encryption and coding as two similar things, but in reality they are not. To recover encoded message, you simply need to know the method of coding, as distinguished from encryption where you should know the key besides the encryption method. In this context the key meant to be a certain condition of characteristics in ciphering. It is possible to encrypt not only a text, but a different types of data such as: images, data bases and processors.

Humanity had been using encryption from the appearance of the first secret information, which had no possibility to become public.

The main point of encryption is to prevent review of initial message from people who haven't got the key of encryption.

The goal of my report is to show the importance of cryptography in human history in different time periods. I want to tell about varieties of cyphers their difference and commons, to tell about their reliability and usage. I used the most well-known cyphers such as Ceasar's cipher, The Great French Cipher, I also want to tell about war time cryptography namely the Enigma machine code which was used by the German army during WWII and how it was decoded by the British scientists.

Encryption is used nowadays to help people secure their private info. Lots of bank accounts, messengers and e-mails are using different types of cyphering, my goal is to provide an example of most trustful encryption method. As an example I used modern messengers and their code bases.

To show the most reliable messenger to secure your info I made a list of characteristics for every one of those and compare them. Throughout research I found messenger that in my opinion is rational to use.

#### References

- 1. Rivest, Ronald L. (1990). "Cryptography". In J. Van Leeuwen. Handbook of Theoretical Computer Science.
  - 2. "Cryptology (definition)". Merriam-Webster's Collegiate Dictionary (11th ed.).
- 3. Cryptography: Theory and Practice, Third Edition (Discrete Mathematics and Its Applications), 2005, by Douglas R. Stinson
  - 4. https://core.telegram.org/mtproto -main page of "Telegram" website
- 5. Alexander, C. Hugh O'D. (c. 1945), Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma
  - 6. Agar, Jon (2001). Turing and the Universal Machine.
  - 7. Kahn, David. "The Man in Iron Mask -- Encore et Efin, Cryptologically."
  - 8. A Short History of Cryptography
  - 9. Abbott, Frank Frost (1901). A History and Description of Roman Political Institutions.

УДК 681.2-5, 621.316.79

# ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ С УДАЛЕННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ В НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТАХ СВЯЗИ

# © Бондарь А.Н., Кашаев А.С., Беляева М.М.

e-mail: duxa99@rambler.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Объекты связи — это здания, сооружения, в том числе линейно-кабельные, отдельные помещения для размещения средств связи, а также мощности в инженерных инфраструктурах для обеспечения функционирования средств связи [1]. К наземным объектам связи относятся сооружения, содержащие в себе радиоэлектронную аппаратуру и электропитающие установки, которые выполняют функцию обеспечения связи. К ним можно отнести телефонные станции, сетевые узлы, отдельные установки и сооружения проводной и беспроводной связи, передающие и приемные радиостанции, радиорелейные линии связи, наземные станции спутниковых систем передачи, отдельные здания и сооружения предприятий радиосвязи, радиовещания и телевидения, системы связи специального назначения.

Вся радиоэлектронная аппаратура и установки электропитания должны работать при определённых климатических условиях. С целью предотвращения аварийных ситуаций необходимо обеспечение и поддержание рабочего температурного режима. Особенно актуальна данная задача для автономных удалённых автоматизированных объектов связи: базовых станций, пунктов ретрансляции. Для решения поставленной задачи разработано устройство климатического контроля с удалённым управлением, которое позволит:

- 1. устанавливать диапазон рабочей температуры;
- 2. контролировать температуру на объекте связи;
- 3. передавать информацию о нештатной ситуации в центр эксплуатации, административного управления и технического обслуживания;
  - 4. осуществлять удалённое управление устройством.

Существует множество аналогов данного устройства [2, 3], но они не подходят по своему функционалу или схемотехническому решению. К основным недостаткам можно отнести зависимость от внешнего электропитания; низкую безотказность системы, что приводит к необходимости введения избыточности в систему (дублирование); отсутствие возможности удаленного управления требует выполнения регулировки специалистом непосредственно на объекте, что может вызывать затруднения в случаях размещения объектов связи на безлюдных территориях, например, в условиях тайги или крайнего севера. Следовательно, было принято решение разработать такую систему, которая исключала бы все недостатки аналогичных устройств.

Разрабатываемое устройство содержит в своем составе следующие узлы:

- 1. узел питания и стабилизации напряжения;
- 2. узел обработки и управления данными;
- 3. узел коммутации внешней нагрузки;
- 4. узел оповещения об аварии.

Основная функция устройства — контроль и обеспечение температуры с удаленным управлением в наземных объектах связи. Диапазон регулирования от -55 до

 $+125\,^{\circ}\mathrm{C}$  с точностью измерения  $\pm$  0,5 °C. Управление устройством осуществляется узлом обработки и управления данными с помощью микроконтроллера, который в постоянном режиме проверяет показания цифровых датчиков. При отклонении от заданных параметров температуры микроконтроллер подает управляющий сигнал на узел коммутации внешней нагрузки, которой в зависимости от температурных условий может служить либо устройство охлаждения помещения, либо устройство обогрева помещения.

При возникновении нештатной ситуации, когда одна из внешних нагрузок не справляется или не срабатывает, микроконтроллер передает сигнал на внешнее устройство оповещения об аварии. Электропитание устройства осуществляется напряжением сети связи, что обеспечивает независимость устройства от внешней сети электропитания. Узел питания и стабилизации напряжения обеспечивает формирование всех напряжений вторичного электропитания данного устройства.

Особенностью разработанного устройства является то, что корректировка диапазона температур, порогов для выхода внешней аварии и передача показаний температуры выполняется по внешнему каналу связи, что позволяет удаленно наблюдать и изменять параметры устройства.

В то же время предусмотрены дополнительные органы управления и коммутации для возможности настройки и регулировки изделия специалистом непосредственно на месте дислокации устройства.

Конструктивно управляющий блок выполнен в корпусе на DIN-рейку. Двусторонняя печатная плата, на которой размещены все вышеперечисленные узлы, выполнена полуаддитивным методом, класс точности 4 [4]. При конструировании использована современная доступная микроминиатюрная элементная база с широким диапазоном рабочих температур. Применение принципа стандартизации [5] — покупного корпуса с его последующей доработкой существенно снижает себестоимость устройства. Разработано программное обеспечение.

Дальнейшие развитие изделия видится в следующих направлениях.

- 1. Модернизация программного обеспечения с использованием ПИД (пропорционально-интегрально-дифференцирующий) алгоритма для управления температурой.
- 2. Расширение функционала устройства с внедрением функции охранно-пожарной сигнализации.

- 1. ГОСТ Р 53801-2010 Связь федеральная. Термины и определения [Электронный ресурс] URL: http://docs.cntd.ru/document/1200083097/ (дата обращения: 21.02.2019).
- 2. Официальный сайт термошкаф.рф, термостаты [Электронный ресурс] URL:http://termoskaf.ru/komplect\_termoshkaf/oborudovanie\_dlya\_kontrolya\_temp/ (дата обращения: 21.02.2019).
- 3. Официальный сайт Novatekelectro, температурный контроллер [Электронный ресурс] URL: https://novatek-electro.com/produktsiya/temperaturnye-kontrollery/kontroller-upravleniya-temperaturnymi-priborami-msk-301-85.html/ (дата обращения: 21.02.2019).
- 4. Беляев Е.И. Конструирование печатных плат: Учебное пособие. Рыбинск:  $P\Gamma ATA, 2002-62c.$
- 5. Яроцкий В.Г., Печаткин А.В., Гусев И.М. Проектирование и технология радиоэлектронных средств: Учебное пособие в 3-х частях Рыбинск: РГАТА, 1997.

УДК 621.396.962.38: 621.396.969.32

# ГЕОМЕТРИЯ ЭЛЕМЕНТА РАЗРЕШЕНИЯ ДВУХПОЗИЦИОННОЙ РСА

#### © Воронцова С.А., Пиганов М.Н.

e-mail: cbeta116@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Для расчёта величины разрешения двухпозиционной спутниковой радиолокационной станции с синтезированием апертуры (PCA) с малым количеством вычислительных операций используется концепция градиента [1]. В самолётных РСА существенно сказывается недостаток подхода, который заключается в том, что при расчёте величины элемента разрешения учитывается величина и направление векторов градиента наклонной дальности и градиента частоты Доплера только в одной точке, а не для всех точек на протяжении элемента разрешения.

Предлагается способ, частично устраняющий недостаток метода. Он основан на вычислении координат вектора разрешения по азимуту через сумму координат образующих его векторов, направления которых совпадают с направлением векторов градиента частоты Доплера в точках с координатами начала этих векторов (рис.).

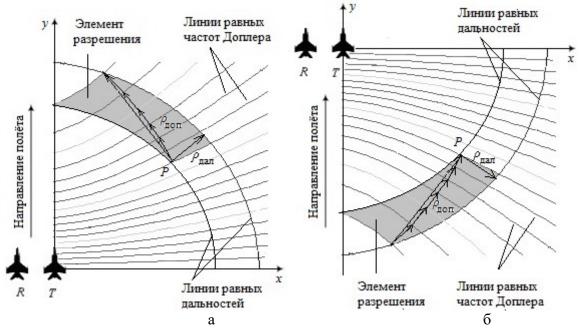


Рис. Геометрия элемента разрешения: для первой четверти системы координат ху(а); для четвёртой четверти системы координат ху(б)

Длина, то есть модуль каждого из векторов, составляющих суммарный вектор разрешения по азимуту  $\rho_{\rm as.} = \rho_{\rm доп.} + \rho_{\rm as.1} + \cdots + \rho_{\rm as.n}$ , соответствует обратно пропорциональной количеству векторов (n) доле (1/n) от изменения частоты Доплера  $\Delta f_{\rm доп.} = 1/T_{\rm c}$ , приходящегося на величину элемента разрешения по азимуту,  $T_{\rm c}$ — время синтезирования.

Для первой и второй четвертей плоскости *ху* вектора, составляющие суммарный вектор разрешения по азимуту, определяются формулами:

$$\begin{split} \rho_{\text{a3.1}} &= \frac{grad \left(f_{\text{ДОП.}TR}\right) \cdot \Delta f_{\text{ДОП.}}/n}{\left|grad \left(f_{\text{ДОП.}TR}(x;y)\right)\right|^{2}}; \rho_{\text{a3.}n} \\ &= \frac{grad \left(f_{\text{ДОП.}TR}(x;y)\right) \cdot \Delta f_{\text{ДОП.}}/n}{\left|grad \left(f_{\text{ДОП.}TR}(x+\dots+\Delta x_{n-1};y+\dots+\Delta y_{n-1})\right)\right|^{2}}, \end{split}$$

где  $f_{\text{доп.}TR} = f_{\text{доп.}T} + f_{\text{доп.}R}$  — суммарная частота Доплера, возникающая в результате движения передатчика и приёмника;

 $\Delta x_i; \Delta y_i$  – координаты векторов, сумма которых образует вектор разрешения по азимуту.

Для третьей и четвёртой четвертей плоскости *ху* вектора, составляющие суммарный вектор разрешения по азимуту, определяются формулами:

$$\begin{split} \rho_{\text{a3.1}} &= \frac{grad \big(f_{\text{ДОП.}TR}\big) \cdot \Delta f_{\text{ДОП.}TR}/n}{\left|grad \left(f_{\text{ДОП.}TR}(x;y)\right)\right|^{2}}; \rho_{\text{a3.n}} \\ &= \frac{grad \left(f_{\text{ДОП.}TR}(x;y)\right) \cdot \Delta f_{\text{ДОП.}TR}/n}{\left|grad \left(f_{\text{ДОП.}TR}(x-\dots-\Delta x_{n-1};y-\dots-\Delta y_{n-1})\right)\right|^{2}}. \end{split}$$

Предлагается определять длину вектора разрешения по дальности в качестве минимального значения функции расстояния D(x) между заданной точкой  $P(x_0; y_0)$  на линии равных дальностей и другой линией равных дальностей, ограничивающих элемент разрешения по дальности:

$$D(x) = \sqrt{(x_0 - x)^2 - (y_0 - y(x))^2},$$

где y(x) – значение функции линии равных дальностей в точке с координатой x.

Линии равных дальностей представляют собой сечения эллипсоида [2], то есть сечения поверхности равной дальности для двухпозиционной системы, плоскостью xy, совпадающей с плоскостью просматриваемого участка поверхности Земли. Поэтому уравнением линий равных дальностей y(x) является решение системы уравнений:

$$\begin{cases} (\dot{x}/a)^2 + (\dot{y}/b)^2 + (\dot{z}/b)^2 = 1; \\ \dot{x} = \frac{B}{2} + \left\{ x \cdot \cos\left(\arctan\frac{B_y}{B_x}\right) - y \cdot \sin\left(\arctan\frac{B_y}{B_x}\right) \right\} \cdot \cos\left(\arctan\frac{h_R - h_T}{B}\right) - z \cdot \left(\frac{h_R - h_T}{B}\right); \\ \dot{y} = y \cdot \cos\left(\arctan\frac{B_y}{B_x}\right) + x \cdot \sin\left(\arctan\frac{B_y}{B_x}\right); \\ \dot{z} = \left\{ x \cdot \cos\left(\arctan\frac{B_y}{B_x}\right) - y \cdot \sin\left(\arctan\frac{B_y}{B_x}\right) \right\} \cdot \left(\frac{h_R - h_T}{B}\right) - z \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{h_R - h_T}{B}\right)\right), \end{cases}$$

где  $a=(r_T+r_R)/2$ — большая полуось эллипсоида, равная половине суммы наклонных дальностей от передатчика и приёмника до точки  $P;\ b$  — малая полуось эллипсоида; B — база;  $B_x, B_y$  — проекции базы на оси  $xu\ y;\ h_R$ — высота приёмника;  $h_T$  — высота передатчика.

- 1. Krieger G., Fiedler H., Hounam D. Analysis of system concepts for Bi- and Multi-Static SAR missions // IGARSS. 2003. №. 2. P. 770-772.
- 2. Дудник П.И., Ильчук А.Р., Татарский Б.Г. Многофункциональные радиолокационные системы. М.: Дрофа, 2007. 283 с.

УДК 621.397.7

# ЛАБОРАТОРНЫЙ ВИДЕОКОМПЛЕКС НА БАЗЕ МОБИЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ ПЛАТФОРМ С УДАЛЁННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

# © Затыбек Н.Н., Печаткин А.В.

e-mail: nurzxwq@gmail.com

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

При выполнении показательных и демонстрационных процессов на лабораторных стендах и оборудовании, а также при проведении испытаний в лабораторных условиях на ограниченном по количеству экземпляров оборудовании или при необходимости выполнения параллельных независимых опытов/процессов с целью оперативного выявления и регистрации их отличий или схожести, возникает необходимость визуального интерактивного сопровождения процессов. При этом предполагается, что визуализация и детализация процесса должна охватывать большую целевую аудиторию при ограниченных технологических ресурсах или в помещениях (лабораториях), имеющих ограниченную полезную площадь. С этой целью в студенческом конструкторско-технологическом бюро выпускающей кафедры РТС РГАТУ разработан модульный комплекс лабораторного удалённого видеонаблюдения и сопровождения процессов. Основные компоненты видеокомплекса, включая элементы конструкции, выполнены на основе конструктивно и функционально завершённых модулей, которые выпускаются серийно и доступны для приобретения на различных торговых европейских и азиатских площадках по относительно невысокой цене. Подобное решение позволяет добиться повышения оперативности и целостности разработки и возможности вовлечения в процессы проектирования, монтажа и отладки данного комплекса студентов младших курсов, не обладающих на момент их текущей подготовки необходимым уровнем знаний, умений и навыков, но желающих активно участвовать в научно-исследовательской и научноприкладной работах.

Комплекс лабораторного удалённого видеонаблюдения и сопровождения процессов для аудиторных занятий и дистанционных форм обучения конструктивно состоит из 3-х основных компонентов:

- 1) автономной базовой станции в составе: 4G/3G/WiFi программируемого модуля (MiFi роутера) с технологией МІМО, источника вторичного электропитания 220 B/12 B, мини UPS;
- 2) до 8 ССТV IP видео-модулей (камер) на базе CMOS сенсора 1/4" SOI H62 Hi3518EV200 с разрешением 1280х720 пикселей. Камеры имеют WiFi интерфейс спецификации 802.11/b/g, TF слот для карты памяти Micro CD объёмом до 64 Мбайт и позволяют подключать внутреннюю PSB антенну или внешнюю Omni антенну с круговой диаграммой направленности и коэффициентом усиления до 6 Дб для повышения дальности эффективной передачи видеопотока с форматом сжатия H.264;
- 3) заимствованного у производителя MiFi роутера свободно распространяемого и регулярно обновляемого программного обеспечения для управления MiFi роутером с «облачной» технологией для просмотра изображения и управления видеокамерами на мобильных и стационарных устройствах, работающих под управлением операционных систем IOS и Android; Windows. Программное обеспечение позволяет одновременно наблюдать за 8 процессами при использовании устройств с большими экранами. В этом случае транслируются субпотоки с разрешением 640×352 или 320×176 пикселей (соответственно Q720P и QQ720P). При переходе на одиночный экран транслируется

основной поток с разрешением 1280×720 пикселей. Во всех случаях можно переключаться между цветным и черно-белым изображениями.

Кроме того, видео-модули имеют интерфейс для управления РТZ кронштейном и предусматривают установку сменной оптики, в т. ч. вариообъективов, а также элементов ИК подсветки, ИК светофильтра и аудиоканала, что расширяет возможности по управлению видеотрансляциями и сферы его практического использования (рис. 1).



Рис. 1. Конструктивные модули и компоненты системы видеонаблюдения

Исследование таких процессов, как пайка, исследование равномерности нагрева/охлаждения рабочих поверхностей, инертности, скорости изменения температур и сохранения их стабильности во времени, требует документального сопровождения, желательно визуализированного. В связи с тем, что прямое использование видеокамеры невозможно из-за специфики наблюдаемого объекта, а применение тепловизора нецелесообразно вследствие его высокой стоимости, в проектируемом видеокомплексе используется альтернативный вариант видеорегистрации теплового излучения на основе термопарной (термографической) матрицы 64×62 компании Неітапп, представляющей собой бесконтактные микроэлектромеханические инфракрасные датчики температуры третьего поколения. Высокая точность наряду с заводской калибровкой делает сенсоры «plug and play» устройствами, позволяющими получать информацию о температуре сразу после установки в аппаратуру. Приборы изготавливаются в стандартных корпусах ТО-39 и могут содержать встраиваемые рефракционные кремниевые линзы, благодаря чему появляется возможность точного измерения температуры более мелких объектов с больших расстояний (рис. 2).



Рис. 2. Сенсоры Неітапп и сигнальный отклик на выходе сенсора

Изображение с термографического сенсора транслируется на портативный ЖКИ экран, а уже оттуда «перехватывается» для трансляции ССТV камерой. В настоящее время комплекс находится в стадии отладки и внедрения в учебный процесс.

- 1. Скрипников А. Разрешите представиться: Perkin Elmer / Компоненты и технологии, №2, 2003.
- 2. HTPA 8x8, 16x16, 32x31, 64x62 Thermopile Array with Ge-Lens [Текст] / HEIMANN Sensor GmbH, 2008.

УДК 53.089.62: 621.337.11

# ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STM32 ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ

# © Ильин Е.А., Кругликов С.Ю.

e-mail:efimmariner@yandex.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Известны проекты тепловизионных приемников как на основе программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС), так и на основе микроконтроллеров [1]. Однако, по причине большого количества комплектующих деталей, стоимость данных стоимости относительно высока. Существенную часть составляет сенсор – микроболометр. настоящее В время, микроболометры падают и становятся одного порядка с микроконтроллерами. В этой связи предлагается использовать наиболее интегрированные микроконтроллеры с достаточной мощностью для тепловизионных приемников.

При выборе микроконтроллера следует учитывать следующие параметры:

- 1) вычислительная мощность в соответствии с размером тепловизионной матрицы;
- 2) наличие аналого-цифрового преобразователя (АЦП) разрядности не менее 14 бит с режимом дифференциального входа;
- 3) наличие цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) для управления питанием боломера;
- 4) объем памяти, в соответствии с количеством пикселей микроболометрической матрицы.

Этим параметрам удовлетворяют только 3 микроконтроллера серии H7: stm32h743, stm32h753 и stm32h750, поскольку АЦП других серий имеют разрядность не более 12.

Среди данных трех видов микроконтроллеров следует выделить микроконтроллер stm32h750, относящийся к линии ValueLine. Он имеет наименьшую стоимость по причине малого объема флэш-памяти (128 кБайт). Данной памяти достаточно для хранения операционной части программы, но недостаточно для хранения калибровочных таблиц микроболометрической матрицы [2].

Недостаток памяти может быть скомпенсирован внешними микросхемами QSPIFlash, имеющими компактный интерфейс, высокую скорость чтения и низкую стоимость. В результате получается более дешевое и более универсальное решение (внешняя память может быть установлена под любой размер матрицы).

Тепловизионный сигнал представляет собой слабую составляющую тепловизионного изображения на фоне постоянной составляющей, изменяющейся с изменением температуры микроболометра. Для управления подстройкой среднего уровня можно изменять напряжение питания. Воспользовавшись этой возможностью можно усилить сигнал в 4 раза внешним аналоговым усилителем, а разрядность АЦП снизить до 12 разрядов. Это расширяет перечень еще двумя видами микроконтроллеров stm32F730 и stm32F750. Оперативная память этих микросхем ниже (256 и 320 кБайт), чем в stm32h750 (1000 кБайт). Следует учитывать, что для хранения кадров теплосигнала, можно использовать лишь часть этого объема. Часть памяти

используется для встроенных периферийных устройств или может использоваться для хранения программы, если требуется повышенная скорость обработки информации.

Анализ показывает, что выбранные микроконтроллеры без внешнего оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) могут обрабатывать информацию микроболометра небольшого размера, порядка 160х120. При такой размерности во время калибровки во внутреннем ОЗУ может поместиться не более 10–12 кадров. Согласно, алгоритму калибровки [2] требуется сохранить не менее 30 кадров, пока температура микроболометра не изменилась. Внешнее ОЗУ не всегда выгодно с экономической точки зрения. Поэтому предлагается сохранять кадры во флэш-памяти 3–5 раз по 10 кадров.

Для управления микроболометром требуется сформировать периодические сигналы различных длительности и фазы. Микроконтроллеры stm32 имеют более 15 таймеров с количеством каналов от 1 до 6. Таймеры могут объединяться по принципу того, что выход одного есть вход другого с различными режимами управления. Кроме обычного тактирования управляемый таймер можно включать и выключать. Сеть таймеров построена таким образом, что существует множество вариантов соединения.

Можно реализовать практически любой сложный сигнал, в том числе с нарушением периодичности на таймерах без участия ядра микроконтроллера или с минимальным участием (подстройка фазы в прерывании).

Важно также, что таймеры имеют несколько разных способов смены полярности сигналов и способов их выравнивания (оба края и центр). Разрядность таймеров составляет 16 и 32 разряда.

Для формирования видеоизображения в микроконтроллерах stm32 используется периферийный контроллер. Контроллер гибко настраивается на любой размер изображения с максимальным значением 1024х768. Программируемая полярность синхроимпульсов позволяет подключать практически любые дисплеи. Входная информация контроллера может быть представлена в различных форматах, среди которых следует выделить компактный 8-разрядный вариант L8 (черно-белое изображение часто используется для тепловизионных приемников).

Однако, контроллер имеет также 2 слоя и фон (фактически упрощенный 3-й слой). Во втором слое изображение может быть цветным в формате RGB или ARGB. Это позволяет легко накладывать служебную информацию на изображение с регулировкой прозрачности (смешивания цветов). Доступ к видеопамяти осуществляется по прямому доступу без участия ядра микроконтроллера.

При калибровке тепловизионных приемников важно также иметь высокоскоростные интерфейсы управления. В этом плане stm32 имеют более, чем необходимый перечень: SPI, UART, USART, CAN, USB, EtherNET.

Обобщая выше сказанное, можно сделать вывод о возможности уменьшения стоимости тепловизионных приемников на основе применения микроконтроллеров stm32. Это стало возможным благодаря серии ValueLine, интерфейсу QSPI, новым видам микроконтроллеров с повышенной вычислительной мощностью, большому количеству периферийных устройств и новым предлагаемым алгоритмам обработки теплосигналов.

- 1. Uncooled Microbolometer Camera [Текст] / User's Guide, Version 1.2 414-0060-10, Indigo Systems, USA.
- 2. Повышение эффективности калибровки тепловизионных модулей в условиях серийного производства [Текст] / С.М. Серов, С.Ю. Кругликов // Сборник трудов 69 всероссийской научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов ВУЗов с международным участием. Ярославль: ЯГТУ, 2016. С. 656 659.

УДК 681.11.031.1

## МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ В СИСТЕМЕ ПИТАНИЯ СПУТНИКА CUBESAT-3U

© Ищанов А.В., Старостина Т.В., Кумарин А.А.

e-mail: samara-tanya2000@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Для снабжения всей аппаратуры наноспутников (НС) электроэнергией служит система энергопитания (СЭП). Задачи СЭП достаточно сложны, она должна снабжать энергией весь НС, так как НС имеют ограничения по массе и габаритам, а также используются индустриальное оборудование, это может привести к ограничению мощности энергосистемы, снижению срока службы спутника и невозможности выполнения задач, для которых необходима высокая пиковая мощность [1].

В данной работе предлагается решение этих проблем применением суперконденсаторов (СК) в качестве вспомогательного накопителя электрической энергии.

Целью работы является разработка системы электропитания для наноспутников, с использованием суперконденсаторов [2]. СК способны брать на себя часть нагрузки аккумуляторов, снижая для них токи потребления и заряда, тем самым продлевая срок службы. В работе исследуются возможные способы включения СК в состав СЭП: в качестве входного буфера энергии для сглаживания заряда АКБ, в качестве выходного буфера энергии для снижения нагрузки на АКБ и питания мощной непродолжительной нагрузки, а также в качестве параллельного буфера, сглаживающего пульсации и просадки напряжения.

В работе разработана схема, позволяющая максимально использовать все преимущества СК. Также разработаны схемотехнические решения для отдельных частей системы. Проведено испытание одной из схем, по результатам которого было выявлено, что СК позволяет не терять значительное количество энергии за счет снятия ограничения на скорость заряда.

После снятия всех показаний было проведена визуализация с помощью приложения, разработанного в среде MATLAB, которое позволяло визуализировать напряжение на каждом СК, напряжение на АКБ и состояние выходов системы. Для проверки работоспособности суперконденсаторов в вакууме в широком диапазоне температур были проведены испытания в термовакуумной камере. Они показали, что использованные СК штатно функционируют в условиях колебания температуры от -40°C до +50°C при высоком вакууме, что делает СК пригодным для использования на борту наноспутника.

В дополнение, была разработана концептуальная схема, позволяющая использовать свойства СК, наиболее востребованные в текущих условиях эксплуатации. Это достигается специально разработанной структурой системы, системой ключей и зарядных устройств.

В заключение хочется отметить, что в работе было подобрано необходимое оборудование, разработано несколько схем СЭП, приведены возможные схемотехнические решения для узлов в отдельности, проведена визуализация данных, собран макет рабочей системы.

- 1. Кумарин А.А. Оценка применимости двухслойных конденсаторов в системе питания наноспутника // Завалишинские чтения: молодежная секция: сб. докл. СПб.: ГУАП, 2018. С. 148-150
- 2. A.A. Kumarin, I.A. Kudryavtsev. Modelling the EDLC-based Power Supply Module for a Maneuvering System of a Nanosatellite. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering Vol. 302. No. 1. 2018. P. 1-6

УДК 621.791.35

#### УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДУЛЬНАЯ ПАЯЛЬНАЯ СТАНЦИЯ-ПЕЧЬ

© Кенжахметов Ж.Е., Рахметов И.А., Печаткин А.В.

e-mail: zhandos.141.00@mail.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Подготовка востребованных специалистов в области сквозного проектирования и производства радиоэлектронных средств и систем на основе профессиональных и образовательных стандартов высшего образования 3-го поколения ориентирована на формирование у выпускника практических знаний умений, умений и навыков [1, 2].

Для успешного решения поставленных задач перед выпускающей кафедрой радиоэлектронных и телекоммуникационных систем, в том числе в области целевой подготовки, принято разработать и внедрить модульный комплекс технологического оборудования, способного выполнять требуемые технологические операции, воспроизводить реально существующие технологические процессы, формировать у выпускника навыки практической работы и предоставлять техническую платформу для выполнения научных исследований.

Разработка проводится силами студенческого конструкторско-технологического бюро. Приобретение готового оборудования сопряжено с необоснованно большими затратами, в то время как это оборудование имеет ограниченный функциональный потенциал, наращивание которого своими силами затруднительно или невозможно.

Особенностью предлагаемого для разработки и реализации технологического комплекса является модульная структура, позволяющая в зависимости от решаемых задач оперативно получить необходимую конфигурацию оборудования. В основе модульного технологического паяльного комплекса лежит моноконструкция  $170 \times 150 \times 70 \text{ мм}^3$ , на которой смонтированы следующие компоненты:

- 1) сменный ИК модуль «нижней» рабочей зоны, позволяющий устанавливать керамический (длинноволновый) или кварцевый (коротковолновый) плоский или сферический излучатель мощностью до 500 Вт, максимальной температурой на поверхности не менее 400 градусов Цельсия и площадью рабочей зоны 130×130 мм². Использование отличающихся по длине волны ИК излучателей позволяет не только расширить спектр выполняемых работ, но и проводить исследования процессов внешнего и внутреннего нагрева электронных и электромеханических компонентов и модулей, в том числе выполненных по технологии МЕМS;
- 2) два независимых программируемых одноканальных PID контроллера с индикацией текущей и заданной температуры, возможностью программирования до 30 шагов (сегментов) технолога, формирования независимого термопрофиля, функцией передачи данных на внешний персональный компьютер или рабочую станцию по каналам связи RS485/RS232 для визуализации термопрофиля и формирования электронного архива. Один из PID контроллеров реализует дискретную функцию ШИМ управления нагревателем, в то время как другой непрерывную на основе интерфейса «токовая петля 4–20 мА»;
- 3) программируемый таймер для управления дополнительным оборудованием, например, вентилятором локального (местного) охлаждения или «открытия» зоны пайки для внешней среды;

- 4) два твердотельных оптоэлектронных реле для дискретного и непрерывного управления ИК излучателями;
- 5) две точечные термопары для установки на паяемый или демонтируемый элемент, или на поверхность печатной платы (печатного узла).

В такой конфигурации станция выполняет функцию паяльного и подогревающего стола, и может использоваться для односторонней пайки и демонтажа малогабаритных электронных узлов с SMD или выводными компонентами, в том числе силовых массивных электрорадиоэлементов, трансформаторов, а также MEMS компонентов.

На станцию дополнительно может быть установлена перемещаемая в трёх координатах паяльная ИК головка «верхней» рабочей зоны мощностью до 450 Вт с рабочей площадью 60х60 мм², точечной подсветкой, лазерным целеуказанием горячей зоны и вентилятором «мягкого» охлаждения горячей зоны. Данная конфигурация преобразует технологическое оборудование в двухзоновую пяльно-ремонтную станцию, пригодную для выполнения операций индивидуально-групповой пайки и SMD и BGA компонентов, в том числе для выполнения операций реболлинга. Рабочая зона и площадь теплового контакта может быть дискретно задана с помощью лёгкосъёмных магнитных шторок с заданной апертурой или плавно регулируемой диафрагмой.

Так же как и для «нижней» рабочей зоны, предусмотрена установка керамического и кварцевого плоского или сферического ИК излучателей. Монтаж верхней паяльной головки осуществляется посредством стойки и мощного основания. Вертикальное перемещение головки (по оси Z) осуществляется с помощью рейки, а горизонтальное (по осям X и Y) — посредством перемещения основания. Такое конструктивное решение позволяет не только получить доступ к любой точке монтажной поверхности, существенно снизить сложность и стоимость данного узла, но и подучить дополнительную конфигурацию технологического оборудования — паяльный стол с верхней рабочей зоной и установкой воздушной (на основе паяльного фена) или ИК пайки. Подключение ИК головки осуществляется через разъем авиационного типа, установленный на задней панели станции.

При демонтируемом верхнем излучателе паяльный стол может быть установлен в термоизолированный бокс, в верхней сфере которого размещены цилиндрические быстросъёмные кварцевые или керамические ИК излучатели. Для формирования равномерного температурного поля по рабочему объёму в камере установлен низкооборотный вентилятор, управляемый аварийным каналом PID контроллера верхней зоны. Допустимо как единое и независимое управление нижними и верхними нагревателями. Рабочая камера имеет необходимую площадь остекления с целью наблюдения за процессом пайки и возможности видеорегистрации с целью изучения процессов групповой пайки большому количеству студентов и наблюдателей.

В такой конфигурации станция выполняет функцию паяльной печи для групповой и ступенчатой пайки SMD и выводных компонентов.

Предлагаемое модульное оборудование позволяет успешно освоить различные методы и технологии пайки электронных изделий.

- 1. Федеральный государственный образовательный стандарт Высшего образования бакалавриат по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств. Приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 № 928 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования бакалавриат по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств».
- 2. Профстандарт: 06.005 Инженер-радиоэлектронщик. [Электронный ресурс]. URL: https://classinform.ru/profstandarty/06.005-inzhener-radioelektronshchik.html.

УДК 621.382, 621.383

# УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МОДУЛЬНЫЙ КАЛИБРОВОЧНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

#### © Клочков К.А., Бесшапошникова А.П., Печаткин А.В.

e-mail: klochkov19994816letomail@mail.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Этапы создания и изготовления электронного оборудования предполагают получение информации о качестве электронных и оптоэлектронных изделий и их составных частей на всех стадиях жизненного цикла — от начала проектирования до изготовления в серийном производстве и на последующих этапах эксплуатации.

Для получения необходимой информации используются данные по эксплуатации аналогичных изделий, теоретические расчёты, компьютерное моделирование и испытания [1]. Проведение испытаний предполагает использование различных видов испытательного оборудования, стоимость которого достаточно велика.

Для решения задачи объединения испытаний и калибровки тепловизионной аппаратуры по заказу АО «Ростовский оптико-механический завод» был разработан прототип универсального комплекса, имеющего децентрализованную систему автоматического управления, модульную структуру активаторов (имитаторов воздействий), сенсоров для сбора информации и калибровочного поверхностного ИК излучателя малой оптической апертуры. Состав модульного оборудования определяет реализованные и перспективные функции испытательного комплекса, а также его технические параметры и характеристики (см. рис.).

Блоки управления реализованы в стандартных корпусах, единый форм-фактор которых позволяет использовать вертикальное каскадирование для уменьшения рабочего пространства комплекса. Рабочая камера представляет собой герметичную конструкцию, выполненную основе энергоэффективного пластикового на многокамерного профиля, и может быть реализована полностью или частично остеклённой. монтируется дополнительное Внутри камеры оборудование: вольфрамовые, ртутно-паровые лампы или газоразрядные трубки и защитные шторки – для испытаний на воздействие солнечного излучения; акустические излучатели – для акустических испытаний. На верхней плоскости рабочей камеры установлены термопроцессоры, обратные клапаны и гофрированные трубы для формирования замкнутой двухконтурной системы повторного охлаждения (см. рис.).

Протяжённый калибровочный ИК излучатель является функционально и конструктивно завершённым модулем. Благодаря особенностям конструктивного исполнения ИК излучатель способен функционировать как в составе калибровочно-испытательного технологического комплекса, так и в качестве автономного оборудования для калибровки оптико-электронной и тепловизионной аппаратуры малой и средней оптической апертуры. Опытный образец ИК излучателя позволяет получить следующие базовые характеристики: температурный диапазон – 35...+70 °C; площадь апертуры  $120\times80$  мм² (близкая к формату  $4\times3$  тепловизора), нестабильность температуры  $\pm 0.15$  °C, время выхода на режим не более 20 минут, потребление не более 600 Вт). Для измерения температуры рабочей поверхности используются

4 платиновых сенсора соединённых попарно последовательно-параллельно и равномерно размещённых по периметру рабочей пластины – теплового аккумулятора.

Конструкция модуля протяжённого ИК излучателя допускает установку тоннеля для увеличения площади апертуры и снижения влияния окружающей среды на рабочую поверхность.

Рабочая поверхность ИК излучателя использует технологию формирования квази-пирамидальной «бархатной» излучающей поверхности, полученной путём комбинированной обработки в пескоструйной установке и глубокого контролируемого травления. Такая комбинация позволяет добиться более высокой степени «черноты» за счёт активного проявления переотражения ИК лучей на гранях микропирамид, а также улучшить равномерность формируемого равно-температурного поля и повысить износостойкость рабочей поверхности, подверженной влиянию конденсата и температурному удару при реверсировании излучателя.

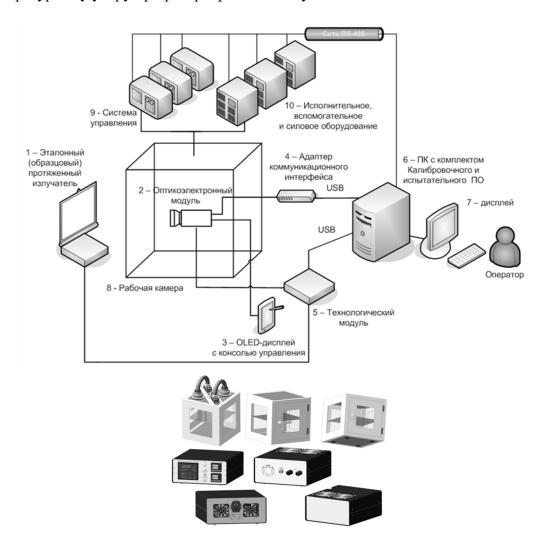


Рис. Обобщённая структура и состав оборудования испытательного комплекса и 3D-модели базовых модулей

Отличительной особенностью технологического комплекса является использование единой типовой термоэлектрической платформы на основе реверсируемых отечественных высокоэффективных термоэлектрических модулей

(ТЭМ) для статического и динамического формирования положительных отрицательных температур [2]. В протяжённом калибровочном ИК излучателе используются двухкаскадные модули с максимальной разницей температур на холодной и горячей сторонах, в то время как в термоэлектрических процессорах рабочей камеры – модули с максимальной холодильной мощностью. Аналогичные модули применены и в замкнутой комбинированной воздушно-жидкостной системе охлаждения, благодаря чему удалось минимизировать её конструкцию и повысить эффективность охлаждения «горячей» стороны. Применение двухкаскадных ТЭМ позволило увеличить толщину теплоизоляционного барьера между «холодной» и «горячей» сторонами ТЭМ, что привело к формированию более низких отрицательных температур, существенному снижению энергопотребления, сравнению с массогабаритных показателей комплекса существующими отечественными и зарубежными аналогами.

- 1. Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование: Учебное пособие для ВУЗов. Под ред. проф. А. И. Коробова. [Текст]. М.: Радио и связь, 1987. 272 с.: ил.
- 2. Термоэлектрические модули, системы охлаждения и генерации электрической энергии [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://kryothermtec.com/ru/download-catalog.html

УДК 621.384.82

## ПРИМЕНЕНИЕ ТОРОИДАЛЬНЫХ ДЕФЛЕКТОРОВ ВО ВРЕМЯПРОЛЕТНЫХ МАСС-СПЕКТРОМЕТРАХ

#### © Кошелев И.В., Пияков И.В.

e-mail: koshilia18@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Времяпролётные масс-спектрометры находят широкое применение для исследования состава материалов в земных и в космических условиях. К космическим исследованиям относятся: изучение космического пространства, химического состава космической пыли и микрометеороидов, собственной атмосферы космических аппаратов, кометного вещества и т.д.

Достоинствами времяпролётных масс-спектрометров по сравнению с детекторами других принципов действия являются: относительно малые габариты, высокая чувствительность и способность определять состав космических пылевых частиц, имеющих случайный характер взаимодействия с активной поверхностью детектора. Последнее свойство особенно важно в области космических исследований.

Применение аксиально-симметричных полей для масс-спектрометрии предлагалось реализовывать с помощью цилиндрических конденсаторов Юза-Рожанского [1]. Однако наилучшие результаты получаются для тороидальных дефлекторов [2]. Внешний вид тороидального дефлектора представлен на рисунке, где 1 – внешний электрод, а 2 – внутренний.

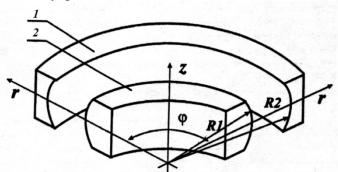


Рис. Тороидальный дефлектор

Изменяя геометрические размеры электродов можно проектировать диапазон регистрируемых масс ионов, а разностью потенциалов настраиваться на конкретное сепарируемое вещество. Также с применением тороидальных дефлекторов разработаны различные конструкции времяпролетных масс-спектрометров [3,4].

- 1. Сысоев А.А. Времяпролетные масс-спектрометры [Текст] / А. А. Сысоев, В.Б. Артаев.— М.: МИФИ, 1990. -84 с.
- 2. Сёмкин Н.Д. Перспективы развития времяпролетных масс-спектрометров для анализа газовых и пылевых частиц [Текст] / НД Сёмкин, ИВ Пияков, КЕ Воронов, РА Помельников Прикладная физика №2, 2002, с. 124-142.
- 3. Семкин Н.Д. Циклический масс-спектрометр газовых частиц [Текст] / Семкин Н.Д., Пияков А.В., Пияков И.В., Родин Д.В., Телегин А.М. Свидетельство на изобретение №2012115873, Н01J 49/00 бюл.1 2014-01-16.
- 4. Семкин Н.Д. Пылеударный масс-спектрометр [Текст] / Семкин Н.Д., Пияков А.В., Пияков И.В., Воронов К.Е., Помельников Р.А. Свидетельство на изобретение №2326465, Н01Ј 49/40 бюл.16 2008-01-20.

УДК 616-71

# ОДНОКАНАЛЬНЫЙ РЕГИСТРАТОР ЭЭГ-СИГНАЛА

#### © Кошелева А.В., Акулов С.А.

e-mail: anjelickos-2013@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Электроэнцефалография — это метод исследования активности головного мозга, суть которого заключается в записи изменения разности биопотенциалов, отводимых с кожи головы. ЭЭГ является неинвазивным, безопасным и доступным методом исследования, что является несомненным плюсом для пациента.

Для снятия сигналов ЭЭГ и обнаружения основныхритмов головного мозга достаточно 1 налобного электрода и двух ушных. Связь такого прибора с компьютером можно осуществлять посредством модуля Bluetooth. Такая конструкция будет иметь гораздо более низкую стоимость, порядка 10 000 рублей. Данное устройство подходит для домашнего использования и для проведения экспериментов в лабораториях университета. Структурная схема, описывающая данный прибор ЭЭГ, представлена на рис. 1:

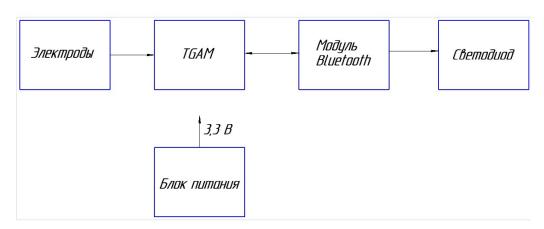


Рис. 1. Структурная схема описываемого ЭЭГ прибора

TGAM модуль обрабатывает сигналы, полученные от двух ушных электродов и одного налобного, и затем выводит на экран компьютера основные ритмы головного мозга (альфа, бета и т.д.). Данный модуль имеет ряд достоинств, такие как:

- 1) Возможность подключения к сухому электроду;
- 2) Наличие датчика плохого контакта;
- 3) Высокая помехоустойчивость;
- 4) Низкое энергопотребление;

Bluetooth – модуль b26782h предназначен для беспроводной передачи данных. Из всех достоинств данного модуля, можно выделить следующие:

- 1) низкая стоимость;
- 2) небольшой размер;
- 3) низкое энергопотребление;
- 4) возможность подключения сразу к нескольким устройствам;
- 5) радиус действия до 10 метров.

Принцип действия данного устройства заключается в том, что при включении на приборной панели переключателя в положение ON, подаётся питание на микроплату TGAM и Bluetooth — модуль, что в свою очередь вызывает свечение светодиода. То есть для обычного пользователя, свечение светодиода означает работу устройства в целом и его готовность к подключению к компьютеру, и осуществлению снятия биопотенциалов головного мозга.

Для данного прибора ЭЭГ был выбран пластмассовый корпус, что в свою очередь не только удешевляет конструкцию, но и уменьшает её вес. В целом данное устройство, благодаря своим компактным размерам, легко помещается в руке и может считаться «карманным устройством», что позволяет отказаться от использования массивных напольных штативов. Внешний вид разработанного ЭЭГ прибора представлен на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид описываемого прибора ЭЭГ

#### Библиографический список

1. Кошелева А.В. Методы исследования деятельности головного мозга// Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых учёных и специалистов, 2018, с. 164-166

УДК 618-7

# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА РОДОВСПОМОЖЕНИЯ

© Гизамова А.Р., Муфаздалова А.Н., Порунов А.А., Тюрина М.М.

e-mail: qwerty171198@mail.ru

Казанский национальный технический исследовательский университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

Демографическая ситуация в мире является одной из важных проблем в современном обществе. Материнская и детская смертность всегда оставалась одним из наиболее важных и комплексных критериев оценки благосостояния страны, так как этот показатель однозначно показывает состояние здоровья населения. В западных странах для решения проблемы материнской и младенческой смертности существуют специальные программы, состоящие из финансовой и организационной поддержки со стороны государства. В сегодняшней отечественной системе здравоохранения государство также прикладывают значительные усилия к повышению качества контроля за состоянием здоровья беременных и процессом родовспоможения, ведь для этого есть более чем серьезные основания - показатели материнской и младенческой смертности в нашей стране в два-три раз выше, чем в наиболее благополучных государствах, причем младенческая смертность в несколько раз превышает число случаев материнских смертей. Данная демографическая ситуация во многом обусловлена ухудшением репродуктивного здоровья женщины; низким уровнем оснащенности родильных отделений средствами непрерывного наблюдения и контроля процесса родов; низким качеством медицинской помощи, предлагаемой акушерами и гинекологами. Для того, чтобы уменьшить смертность и заболеваемость матери и плода, необходимо разработать новейшие технологии ведения беременности и родов, а также сопровождающие их технические средства.

Существующие отечественные и зарубежные фетальные мониторы не обеспечивают автоматизированный контроль всех параметров системы «мать-плод», начиная от центральной нервной системы и заканчивая миометрием матки, что подтверждается недостаточным количеством информационных каналов. Отсутствие этих функций у мониторов аппаратов устанавливает важность проблемы их разработки и модернизации с возможностью автоматизированного контроля всех физиологических систем, отвечающих за успешный исход процесса родовспоможения.

Проблемным моментом в процессе родов в большинстве случаев является возникновение слабости родовой деятельности (СРД). Патология сократительной деятельности матки (СДМ) остается одной из главных факторов риска в благоприятном завершении родов и проявляется такими часто встречающимися формами, как аномалии родовой деятельности, маточные кровотечения, перенашивание и невынашивание беременности, различные другие осложнения в родах и послеродовом периоде. Применение автоматизированных систем мониторинга известно при решении следующих диагностических задач. Типовыми каналами акушерского монитора являются электроэнцефалографический канал матери,повышающий достоверность информации о приближения дистоции; электрогистерографический канал,позволяющий определить момент родовой слабости; пульманологический канал, созданный для контроля системы дыхания матери; канал сердечно-сосудистой системы матери, устройство обработки информации роженицы по данным электрокардиограммы, а также

модуль управления тревожной сигнализации и модуль эталонной модели. Введение в структурное построение АМ традиционных каналов обусловлено успешным протеканием автоматизированного процесса родовспоможения [1-2].

Таким образом, автоматизированные системы контроля процесса родовспоможения, помогут снизить показатель материнской и младенческой смертности, за счет применения обратной связи биотехнической системы. Это позволит своевременно определить момент возникновения слабости родовой деятельности (дистоции) и, тем самым, принять меры по нормализации сократительной деятельности матки.

- 1. Патент на изобретение РФ № 2568254 20.11.2015 (по заявке 2014106016/14 от 18.02.2014). «Устройство контроля и прогнозирования состояния системы «мать-плод» в процессе родовспоможения»/Авт. Порунов А.А., Тюрина М.М., Пушкова А.С. Опубл. в бюл. № 32, 2015.
- 2. Пушкова А.С., Порунов А.А., Тюрина М.М. Разработка принципов и схем построения отечественного акушерского монитора нового поколения. // Труды Международной НПК «Научные аспекты современных исследований». Уфа, 2015. С.46-51.

УДК 535.434

# АНАЛИЗ ДИФРАКЦИИ СВЕТА ЧАСТИЦАМИ РАЗЛИЧНЫХ РАЗМЕРОВ В ДИСПЕРСНЫХ СРЕДАХ

#### © Литвинова Ю.Е.

e-mail: julia julie@inbox.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

При необходимости автоматического гранулометрического анализа частиц целесообразно использовать датчики на основе матричного фотоприемника [1]. Многоканальные анализаторы встроенного контроля на базе фотоэлектрического метода обладают достаточно высокой чувствительностью и не требуют отбора проб, что выгодно отражается на достоверности контроля и экономических показателях [2].

В статье [3] описаны методы обработки сигнала от матричного датчика. Основная идея состоит в анализе треков частиц в зависимости от их формы и накопленного заряда в пикселях матрицы. Такой метод позволяет определить эквивалентный диаметр частиц и их форму. Для возможности регистрации частиц меньшего размера, диаметром менее 5 мкм, необходимо учитывать дифракционное рассеяние оптического излучения на частицах.

Классический подход к описанию рассеяния оптического излучения на диске или отверстии основывается на принципе Гюйгенса-Френеля [4]. В частном случае, когда длина волны соизмерима с размером частицы, принято рассматривать теорию Ми рассеяния на сферах [5]. Основной проблемой является сложность практического применения теоретической модели в режиме реального времени из-за больших временных затрат.

В данной работе приведено сравнение результатов моделирования дифракции на основе классического подхода с использованием приближения Кирхгофа и моделирования на основе теории Ми. Были отмечены условия, при которых можно использовать расчет дифракционных картин на базе метода Гюйгенса-Френеля без значительной погрешности.

Полученные выводы позволяют ускорить процесс расчетов дифракционных картин на интересующем диапазоне и реализовать определение размеров частиц на базе анализа дифракционной картины в реальном масштабе времени.

- 1. Кудрявцев, И. А. Автоматический контроль чистоты технологических и заправочных жидкостей систем терморегулирования [Текст] / И. А. Кудрявцев [и др.] // Научно-технический сборник РК техника. Самара: 1999. Серия XII, Выпуск 1. С. 145–149.
- 2. Логвинов, Л. М. Техническая диагностика жидкостных систем технологического оборудования по параметрам рабочей жидкости [Текст] / Л. М. Логвинов // М.: ЦНТИ «Поиск», 1992. С. 91.
- 3. Determination of particle sizes in hydraulic liquids based on image and subpixel processing / D. V. Kornilin, et. al. // Proceedings of SPIE The International Society for Optical Engineering. 2016. Vol. 9971.
- 4. Борн, М. Основы оптики [Текст] / М. Борн, Э. Вольф. 2-е из. Перевод с английского. М.: «Наука», 1973. 713 с.
- 5. Bohren, C. F. Absorption and Scattering of Light by Small Particles [Текст] / С. F. Bohren, D. R. Huffman Wiley, 1998. 545 p.

УДК 681.7

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВА ТОПЛИВА И ИХ СОЦИАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

#### © Мингалимова Р.Р., Петрова Н.Н.

regishka1997@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

Уровень научно-технического потенциала страны во многом определяется развитием приборостроения и машиностроения. Особую социально-экономическую значимость приобретают технологии в области экспертизы качества автомобильного топлива. Исходя из современных потребительских требований, все автозаправочные станции (АЗС) проходят процедуру проверку качества бензина аккредитованными региональными центрами стандартизации и метрологии. В связи с этим ставится задача выбора оптимальной автозаправочной станции из числа наиболее популярных (по версии автомобильного портала города Казани и Татарстана – «Autotat.ru») – Shell, Irbis, Лукойл и Таиф-НК. При этом сравнение осуществляется с помощью метода анализа иерархий (МАИ), который заключается в разложении проблемы по множеству показателей качества и следующем экспертном сравнении элементов множества.

Таким образом, выявлены наиболее весомые показатели для анализа A3C методом анализа иерархий: содержание смол, массовая доля серы, склонность к нагарои золообразованию, воздействие на резину, наличие механических примесей [1].

В последнее время в области машиностроения и приборостроения для контроля качества автомобильного бензина на АЗС применяются приборы, способные при экспресс-анализе определить основные физико-химические свойства топлива. Принцип действия таких приборов основан на методе ближней инфракрасной (ИК) спектроскопии. Примером такого прибора активно выступает анализатор автомобильного бензина IROX 2000 Gasoline.

Принцип действия анализаторов данного типа базируется на измерении поглощения ИК-излучения в диапазоне длин волн от 2,7 мкм до 15,4 мкм (в диапазоне волновых чисел от 650 см до 3700 см<sup>-1</sup>). Полученный спектр поглощения исследуемой пробы бензина сравнивается со спектрами чистых углеводородов. Также анализатор IROX 2000 Gasoline имеет встроенный вибрационный плотномер и температурный датчик, который позволяет проводить коррекцию значений плотности [2].

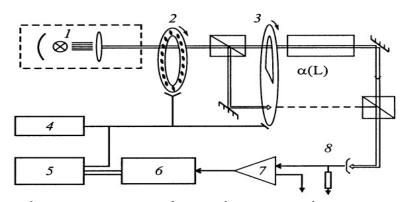
Предполагаемая типовая структура анализатора спектра ближнего ИК диапазона представлена на рис. 1.

Излучение теплового источника *I* формируется в узкий параллельный пучок, поступает на управляемый набор из 15 узкополосных интерференционных фильтров *2*, обеспечивающих селекцию излучения по спектральному диапазону длин волн. Далее после разведения пучка на два канала излучение поступает на оптический прерывателькоммутатор *3*. В дальнейшем оба канала сводятся в единый пучок, падающий на чувствительную площадку фотодиода. Далее сигнал поступает на схему электронной обработки [3].

Однако с целью модернизации ранее предложенной структуры, в настоящий момент ведется работа над интерпретацией механического прерывателя-коммутатора в виде, так называемой, жидкокристаллической (ЖК) ячейки. Принцип работы ЖК ячейки представлен на рис. 2:

Согласно рис. 2, если на ячейку подать конкретное напряжение, то ячейка становится непрозрачной, и, соответственно, после прохождения пучка света через делитель оптической мощности один из пучков, падающий на ЖК ячейку, не проходит,

в то время как второй проходит. Такая замена элемента механического типа работы на элемент электрического типа значительно упрощает техническое обслуживание устройства, позволяя делать вывод о том, что используемый прибор вполне может быть усовершенствован.



I — источник излучения; 2 — интерференционные фильтры; 3 — прерыватель-коммутатор; 4 — блок питания; 5 — портативный компьютер; 6 — аналого-цифровой преобразователь; 7 — усилитель; 8 — фотодиод

Рис. 1. Типовая структура анализатора спектра ближнего ИК диапазона

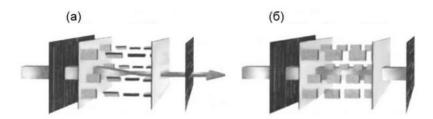


Рис. 2. Прохождение света через ЖК ячейку без напряжения (a) и с напряжением (б)

Таким образом, основной тенденцией развития в области приборостроения и в сфере контроля качества продукции является расширение функциональных возможностей и повышение точности измерений устройств за счет использования наиболее модернизированных элементов на базе существующих устройств для определения октанового числа автомобильного топлива.

Все эти инновации осуществляются с целью повышения уровня применимости техники и новых технологий в современном обществе, что позволяет науке «не стоять на месте».

- 1. Мингалимова Р.Р. Анализ АЗС Республики Татарстан по качеству топлива с использованием метода анализа иерархий // «Инновации, качество и сервис в технике и технологиях»: сборник научных трудов 8-ой Международной научно-практической конференции, 1 июня 2018 г.: Курск: ЗАО «Университетская книга», 2018. с.269-271;
  - 2. Виглеб Г. Датчики / Г. Виглеб. М: Мир, 1989. 196 с;
- 3. Королев В.Н., Маругин А.В., Цареградский В.Б. Метод определения детонационных характеристик нефтепродуктов на основе регрессионного анализа спектров поглощения в ближнем инфракрасном диапазоне. Журнал технической физики, вып. 9, том 70, Санкт-Петербург, 2000. c.83-88.

УДК 621.31

# СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТОИНДУКЦИОННОГО УСКОРИТЕЛЯ

# © Минибаев И.Р.,Сухачев К.И.

e-mail: iminibayev@list.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Рельсовый электромагнитный ускоритель позволяет ускорять объекты до сверхзвуковых скоростей посредством силы Ампера, возникающей при протекании мощного тока по контуру рельс и перемычки, называемой якорем. Главной отличительной особенностью данного ускорителя заключается в способности разгонять сверхмалые массы до скоростей более 7 км/с, в отличии от химических типов ускорителей, где скорость ограничивается кинетикой проходящей в камере сгорания химической реакции. Измерение динамического параметра скорости объектов, ускоренных реактивным, механическим, химические или электромагнитным методом, зачастую, осуществляется крутильным баллистическим маятником или времяпролетным методом, что справедливо только для достаточно больших ускоряемых объектов и требует внедрение дополнительной полнофункциональной измерительной аппаратуры и механических элементов.

Целью данной работы является унификация и сокращение количества дополнительной аппаратуры для измерения динамических параметров ускоряемых объектов путем использования магнитного пояса (пояса Роговского) охватывающего проводник с измеряемым током и представляющего собой измерительный трансформатор тока, выполненный в виде длинного замкнутого соленоида с произвольной и практически замкнутой формой и равномерной намоткой, один из выводов которой приведён к другому через ось соленоида. Выходной сигнал измерительного пояса пропорционален производной тока в первичной цепи по времени.

Для восстановления сигнала, пропорционального току, протекающему через проводник и последующей его обработки, применяется схема интегрирования, построенная на базе операционного усилителя (см. рисунок 1).

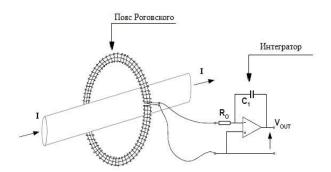


Рис. Общий вид пояса Роговского с подключенной к нему схемой интегрирования на базе операционного усилителя

Далее проинтегрированный сигнал оцифровывается АЦП, передается на ЭВМ, где происходит вычисление значения скорости и других ее производных посредствам

эмпирической формулы косвенной зависимости скорости от частоты затухания колебаний тока контура рельсотрона.

- 1. К.И. Сухачёв, Н.Д. Сёмкин, А.В. Пияков, Ускорители твердых тел // Физика волновых процессов и радиотехнические системы 2014. Т.17, №2. С 49-58.
- 2. Гойхман М.Б. Влияние дисперсии на работу пояса Роговского в короткоимпульсном режиме [Текст]/ М.Б. Гойхман, В.В. Кладухин, Н.Ф. Ковалев // Журнал техничесой физики. СПб: ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН. 2005. Вып. №9. С. 117–122.
- 3. К.И. Сухачёв, Н.Д. Сёмкин. Рельсовый электромагнитный ускоритель с внешним магнитным полем // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета) 2015. Т.14.№1. С 177-190.

УДК 629.78

## ПРОБЛЕМА ОТВЕТСТВЕННОСТИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

# © Мифтахов Б.И., Калинин К.В., Петрова Н.Н.

e-mail: bulatmiftakhov@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

Во всех областях науки и техники возникает потребность в получении информации о состоянии контролируемого процесса или объекта. Основным методом, позволяющую получить количественную информацию о параметрах контролируемого объекта является измерение. Измерением называется нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств [1]. При этом, полученная информация по результатам измерений называется измерительной информацией. Другими словами любой современный прибор различного назначения и сферы применения основан на измерении.

При проектировании приборов и информационно-измерительных систем важнейшим параметром является точность измерения. Точность измерительного устройства зависит от множества параметров. В первую очередь точность зависит от принципа действия измерительного устройства, его структурой, точностью конструктивных параметров устройства и другими параметрами.

Для удовлетворения заданной точности измерительного устройства необходимо на этапе проектирования проводить исследования по выбору оптимальной структуры устройства, выявления его оптимальных параметров и других процедур повышения точности.

При допущении малейшей ошибки при проектировании измерительного устройства разработчик несет ответственность за разрушения и несчастные случаи, которые могут возникнуть при эксплуатации измерительного устройства созданного им. Например, при неверной работе или не точным показаниям авиационного прибора, отвечающего за работу автопилота возможно крушение самолета.

Наибольшую зону ответственности входят авиационные измерительные приборы и системы. Это связано с тем, что условия работы измерительных приборов на летательных аппаратах намного жестче и отличаются разнообразием и сложным сочетанием различных внешних факторов, влияющих на работу приборов [2].

Авиационные приборы и измерительные системы классифицируются по следующим параметрам:

По назначению авиационные приборы и измерительные системы делятся

на пилотажно-навигационные приборы и системы, приборы контроля работы силовых установок, приборы для измерения параметров окружающей воздушной среды и приборы контроля за работой отдельных систем и агрегатов летательного аппарата.

По принципу действия приборы делятся на: механические, электрические, гидравлические, оптические, комбинированные и др.

По способу управления приборы делятся на недистанционные и дистанционные.

По способу воспроизведения измеряемой величины приборы делятся на с непосредственной выдачей информации, регистрирующие и измерительные преобразователи [2].

Как уже отмечалось, наиболее жесткие условия эксплуатации присущи для авиационных приборов и измерительных систем. Требования к там жестким условиям устанавливаются «Нормами летной годности самолетов и вертолётов» — НЛГС и НЛГВ [3, 4].

Авиационные приборы и системы должны сохранять свою работоспособность в условиях повышенной и пониженной температур, циклического и быстрого изменения температуры окружающей среды. Изменение температуры приводит к изменению геометрических размеров деталей и физических параметров материалов (электрическое и магнитное сопротивление, модуль упругости и т. п.). С ростом температуры увеличивается износ трущихся поверхностей, понижается механическая и электрическая прочность [2]. В связи с этим разработчику необходимо учитывать данные факторы при проектировании измерительных приборов и систем, чтобы избежать сбоев или выхода из строя измерительного прибора, что может привести к непоправимым последствиям и гибели людей.

Выделяют следующие общие требования к измерительным приборам и системам [2]:

- 1. Погрешности приборов не должны превосходить допустимых значений, которые определяют область применения и возможностью технических реализаций. Погрешности, возникающие в условиях эксплуатации, должны компенсироваться автоматически.
- 2. Элементы прибора должны быть, по возможности, детектирующими, для чего мощность выходных сигналов предыдущих элементов должны быть значительно больше потребной мощности входных сигналов последующих элементов;
- 3. Приборы должны обладать достаточной чувствительностью, надежностью, малым потреблением энергии, малой массой и габаритами.

Соблюдения данных требований является неотъемлемой частью работы разработчика. При соблюдении данных требований возникновение сбоев и отказов измерительных приборов и систем снижается до минимума. Данные требования являются законами для разработчика, при нарушении которых он несет, как и моральную ответственность, так и ответственность уголовную.

- 1. ГОСТ P8.596-2002. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения. –Взамен МИ 2438-97;введ. 2002-03-01. Москва: ИПК Изд-во стандартов, 2002.-15 с.
- 2. Солдаткин В.М., Солдаткин В.В., Никитин А.В. Основы проектирования измерительных приборов и измерительно-вычислительных систем: Учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. национальн. исследовательск. техническ. ун-та, 2013. 286 с.
- 3. Нормы летной годности гражданских самолетов. Технические требования к оборудованию самолета. М.: ЦАГИ, 1987. 325 с.
- 4. Нормы летной годности гражданских вертолетов. Требования к оборудованию. М.: ЦАГИ, 1987. 320 с.

УДК 618-7

# ВАРИАНТ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА В ВИДЕОЭНДОСКОПИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

© Муфаздалова А.Н., Гизамова А.Р., Тюрина М.М., Порунов А.А.

e-mail: mufazdalova98@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

На данном этапе развития медицинского оборудования все больше ценятся безопасные методы диагностики здоровья человека. В обследовании женской репродуктивной системы это также актуально, в частности при обследовании матки, так как какое-либо вредное воздействие может вызвать последующие проблемы при зачатии и протекании беременности, а также просто приносить дискомфорт женщине. Сейчас в гинекологическом обследовании становится популярным использование гистероскопии, так как ее проведение возможно для женщин разных возрастов, а также при предварительном обследовании репродуктивных дальнейшего использования вспомогательных репродуктивных технологий. Также данный метод – лучший вариант для обследований патологий тела матки. Тепловидение – один из наиболее безопасных способов исследования, который обладает рядом преимуществ: неинвазивность, отсутствие любых противопоказаний к применению, абсолютная безвредность, как для пациента, так и для медицинского персонала, доступная визуализация клинической картины, быстрота выполнения, а также неограниченность в количестве повторных проведений исследований. В этом ключе рассматривается введение канала термографии в видеоэндоскопический комплекс при проведении гистероскопии.

Температура — важная характеристика функционального состояния биологических объектов и тканей, поэтому при диагностике является очень информативным параметром [1]. Известный факт, что слабо нагретые тела испускают коротковолновое излучение инфракрасного спектра, а 85% теплового исходящего от человека излучения является инфракрасным.

Рассматривая функциональные особенности развития женских болезней, таких как кистоз, полипоз, миомы матки, а также злокачественные новообразования, можно придти к выводу, что все эти новообразования обрастают сосудами, которые и питают опухоли. Кровь, протекающая в сосудистое русло при гипертермии, обеспечивает зоне температуры воспаления. Температурный повышение В видеоэндоскопическом комплексе позволит проводить сканирование внутренней поверхности матки и визуализировать термограмму. Таким образом, будет получена картина распределения температурного поля эндометрия. Возможность корреляции выраженностью клинических проявлений заболевания и температурой способствует нахождению патологического очага [2]. Более того, изменения температурного плана начинаются на самом начальном этапе развития патологии, возможно даже без выраженного визуального характера.

Основываясь на физике инфракрасного излучения (ИК), наилучшим техническим решением для снятия температурного поля, является пирометр, так как этот датчик работает без непосредственного контакта с биотканью, а также достаточно чувствителен для малых перепадов температур. Выбор пироэлектриков для создания

бесконтактных датчиков температуры вполне очевиден, так как эти материалы обладают выраженным пироэлектрическим эффектом, который заключается в появлении электрического заряда на их поверхности при воздействии теплового излучения. Выполнить пироэлектрический датчик можно в виде конденсатора, у которого вместо обычного диэлектрика устанавливается пироэлектрик, например, кристалл турмалина, янтаря или кварца. На рисунке показан один из вариантов схемотехнического решения расположения PIR-датчика.

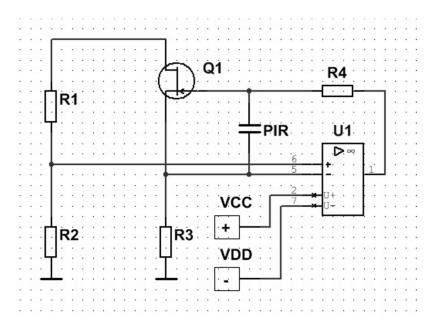


Рис. Электрическая схема включения пирометрического датчика для температурного канала видеоэндоскопического комплекса

PIR-элемент является источником тока в связке с полевым транзистором Q1. На датчике появляется напряжение  $\Delta U$ . Для того чтобы его повторить используется усилитель, и это же  $\Delta U$ снимается с его выхода, после чего происходит последующая обработка этого значения в цифровом виде.

Таким образом, введение температурного канала в видеоэндоскопический комплекс возможно с использованием представленного выше схемотехнического решения. Термография позволит определять локализацию очага воспаления на поверхности эндометрия, после чего специалист сможет осмотреть эту область более внимательно.

- 1. Анисимова Н.В. Термометрия как метод функциональной диагностики / Известия ПГПУ. -2007. -№ 5. C. 36–38.
- 2. Камзолова О.А. Тепловидение в оценке эффективности восстановительных мероприятий в ревматологии//Вестник новых медицинских технологий. 2013. № 1. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/v/teplovidenie-v-otsenke-effektivnosti-vosstanovitelnyh-meropriyatiy-v-revmatologii-nauchnyy-obzor-literatury

УДК 543.544

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОФЛЮИДНОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ КРЕМНИЕВЫХ И СТЕКЛЯННЫХ ПОДЛОЖЕК

#### © Потиенко К.И., Агафонов А.Н.

e-mail: potienko97@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Целью данного проекта является разработка универсальной технологии изготовления микрофлюидных систем [1,2] на базе кремниевых и стеклянных подложек для нужд аналитической химии. В рамках данной работы проводились исследования по двум основным направлениям:

- разработка метода и основных технологических этапов создания микрофлюидной системы;
- изготовление экспериментальных образцов микрофлюидной системы и исследование их эффективности в качестве хроматографических колонок.

В данной работе предлагается технология изготовления микрофлюидной системы с помощью жидкостного химического травления с интеграцией в ее структуру планарного нагревательного элемента (промежуточного металлического слоя) для поддержания необходимой температуры исследуемого вещества. При этом, герметизацию системы микроканалов предполагается осуществлять посредством анодного сращивания. Такой подход позволит значительно снизить стоимость конечного изделия по сравнению с зарубежными аналогами и усовершенствовать систему с точки зрения ее применения для нужд аналитической химии.

Для демонстрации потенциальных возможностей разрабатываемой технологии была рассмотрена конструкция микрофлюидной системы с металлическим промежуточным слоем в качестве структуры с дополнительным функциональным назначением, в частности, терморегуляционным (рис.  $1 \delta$ ). Конструкция изготовленного в рамках данного проекта экспериментального образца представлена на рис. 1 a.

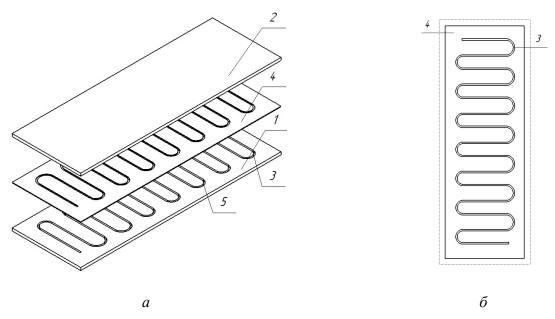


Рис. 1. Экспериментальный образец: а – схемы конструкции микрофлюидной системы; б – промежуточный металлический слой (вид сверху)

Система содержит две плоские структурированные пластины 1 и 2 с каналами 3 для сорбента 5, металлическую тонкую пленку в пространстве между колонками 4 для нагрева колонки и сорбента внутри нее. Канал заполнен сорбентом 5.

Разработанный базовый алгоритм создания системы выглядит следующим образом:

- 1. на предварительно очищенную стеклянную или керамическую пластину 1 наносят методом магнетронного распыления тонкий металлический слой 4;
- 2. на тонкий металлический слой наносится фоторезист, и методом фотолитографии создается рисунок каналов 3;
- 3. производится жидкостное травление каналов на пластине 1, при этом роль маски играет металлический слой 4;
  - 4. п. 1–3 повторяются для пластины 2;
- 5. получившиеся структурированные пластины 1 и 2 герметизируются методом анодного сращивания, при этом промежуточный металлический слой 4 играет роль связующего вещества.

Таким образом, формируется микрофлюидная система с промежуточным металлическим нагревающим слоем, который в течение технологического процесса играет роль как маски для жидкостного травления, так и связующего вещества для анодного сращивания.

В результате реализации разработанной методики изготовления были получены микрофлюидные системы, изображенные на рис. 2.

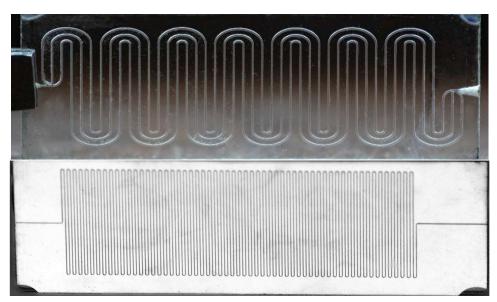


Рис. 2. Экспериментальные образцы микрофлюидной системы, полученные с помощью разрабработанной технологии

В результате проделанных конструкторско-технологических работ была разработана, реализована и усовершенствована, согласно проведенному моделированию влияния технологических погрешностей на эффективность системы и ее испытанию в составе миниатюрного газового хроматографа, технология изготовления микрофлюидных систем на базе кремниевых и стеклянных пластин для нужд аналитической химии.

- 1. Wang X. L. Valveless gated injection for microfluidic chip-based liquid chromatography system with polymer monolithic column / X. L. Wang, Y. Zhu, Q. Fang // Journal of Chromatography. 2012. Vol. 1246. P. 123–128.
- 2. Study of the sorption properties of planar micropacked gas-chromatographic columns of polycapillary and pillar types / I. A. Platonov, et. al. // AIP Conference Proceedings. 2018. Vol. 1989.

УДК 621.396.1, 621.396.6

# АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ И ОГРАНИЧЕНИЙ АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЁТА УЗКОПОЛОСНЫХ ЦЕПЕЙ СОГЛАСОВАНИЯ

© Сахарчук В.В., Ильин Е.А., Печаткин А.В.

e-mail: slavochcagood@mail.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Задачи взаимного согласования цепей и узлов электронных устройств диапазона СВЧ были и остаются актуальными для проектировщика радиоэлектронных средств в связи с тем, что в этом диапазоне активно проявляются комплексные сопротивления как на входе и выходе электронного устройства, так и на уровне электрических и топологических цепей, что приводит к потере полезной мощности, нарушению функционирования, искажению передаваемого и принимаемого (обрабатываемого) потоков. Для решения этой задачи широко используются узкополосные низкочастотные L-C и высокочастотные C-Lцепи, расчёт которых основан на использовании аналитических и графических способах [1]. Комбинированная методика активно используется и в лабораторном практикуме, курсовом и дипломном проектировании студентов направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем РГАТУ». Аналитическая комбинированная модель, реализованная в системе MathCAD, позволяет наглядно отображать математические вычисления и логику переходов при расчёте номиналов взаимно обратной пары L-C/C-L согласующих узкополосных цепей. Структура согласующих обобщённых цепей (СЦО) и аналитические выражения показаны на рис. 1 [2]. Модель, дополненная анализом эффективности использования той или иной цепи, позволяет получить и отобразить результат в виде компактной матрицы, содержащей результаты вычислений и комментарии. Генерация решений в виде двух вариантов позволяет проектировщику оценить наиболее предпочтительный и возможный для практической реализации вариант.



Рис. 1. Аналитическая модель для расчёта узкополосных согласующих цепей

В соответствии с методикой [1] и при условии, что M или N являются комплексными, то согласующая цепь не существует.

Фрагменты реализации аналитической модели показаны на рис. 2.

Рис. 2. Фрагменты программы для аналитического расчёта согласующих цепей

К графическому способу проектирования согласующих цепей, прежде всего, относится диаграмма Смита [2], в том числе её электронный аналог [3]. Следует отметить, что диаграмма Смита, лишённая возможностей оперативных вариаций, предоставляет возможность визуального проектирования и синтеза более сложных цепей и оценки траекторий согласования, например, при широкополосной нагрузке.

В одной из своих работ, Ф. Смит указывает, что для согласующих звеньев «L-типа, существуют «недосягаемые зоны», которые проявляются при больших значениях активной и реактивной составляющих комплексного сопротивления [2]. Несмотря на редкое проявление таких значений, на практике они всё же встречаются. На рис. 1 представлены исходные данные и результат расчёта именно для такого случая. Проверка указных выше параметров M или N на комплексность показывает, что оба варианта согласующих цепей могут быть успешно реализованы.

Моделирование НЧ СЦО в САПР AWR подтверждает её реализуемость. В тоже время попытка моделирования ВЧ цепи с использованием рассчитанных номиналов компонентов не реализуема. Применение электронной диаграммы Смита позволяет наглядно показать причину получившегося несоответствия. В этом случае попытка компенсировать параллельную индуктивность последовательной ёмкостью (движение против часовой стрелки) приводит к тому, что построение траектории согласования путём её движения к требуемой точке на комплексной плоскости оказывается неосуществимой. Это движение заканчивается на правой границе горизонтальной оси круговой диаграммы, т. е. на нулевом номинале ёмкости, в то время как комплексносопряжённая точка завершения находиться выше — в «индуктивной зоне». Реализация согласования возможна только при переходе к цепи вида *L-L*. Таким образом, объединение аналитического и графического способов проектирования, т. е. использование дуальной компьютеризированной аналитической модели совместно с диаграммой Смита, позволяет решать более широкий круг практических задач.

- 1. Самуилов АА. Методика «визуального» проектирования цепей на сосредоточенных элементах для широкополосного согласования двух комплексных нагрузок / АА. Самуилов, М.В. Черкашин, Л.И. Бабак // Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. Доклады ТУСУРа, № 2 (28). 2013.
- 2. Смит, Ф. Круговые диаграммы в радиоэлектронике / Перевод с англ. М.Н Бергера, Б.Ю, Капилевича. Издательство Связь, 1976.
- 3. Dellsperger, FritzCircuitDesignwithSmithChart [Электронныйресурс]. URL: http://www.fritz.dellsperger.net (дата обращения: 15.02.2018).

УДК 629.78

# ПОРТАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА МУЛЬТИСПЕКРАЛЬНОЙ АВТОЛУОРЕСЦЕНЦИИ ТКАНЕЙ

© Устинова А.О., Артемьев Д.Н., Братченко И.А.

e-mail: ustinova.anastasia1997@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Клетки биологических тканей содержат молекулы, которые флуоресцируют при возбуждении УФ или видимым излучением при определенной длине волны. Эта флуоресцентная эмиссия, возникающая из-за эндогенных флуорофоров, является внутренним свойством клеток и называется автофлуоресценцией [1]. Математическое моделирование флуоресценции позволяет прогнозировать поведение реальных систем. Была разработана модель кожи с набором необходимых флуорофоров для моделирования автофлуоресценции кожи при возбуждении излучением на различных длинах волн (УФ и видимый диапазоны). Полученные при моделировании зависимости могут быть полезны при создании портативного устройства для анализа мультиспектральной автофлуоресценции тканей и при проведении исследований другими оптическими методами.

При разработке модели распространения излучения в ткани был произведен анализ их характеристик и расположение в слоях эпидермиса и дермиса кожи человека. Проведя анализ полученных данных, были выбраны такие флуорофоры как: триптофан, тирозин, коллаген, меланин, эластин, липофусцин, протопорфирин IX, NADH, ФАД, которые вносят наибольший вклад во флуоресценцию кожи. В программной среде ТгасеРго была построена шестислойная оптическая модель кожи и оценен автофлуоресцентный (АФ) отклик при возбуждении в ультрафиолетовом (УФ) диапазоне. Характеристики рассеяния, анизотропии для слоев были выбраны на основании работы [2]. Моделирование флуоресценции проводилось методом Монте-Карло (МК). Оптическая схема состояла из источника лазерного излучения, детектора и многослойной модели кожи.

Проведен анализ химического состава слоев кожи и их флуоресцентных свойств. При моделировании АФ в УФ диапазоне были выбраны следующие флуорофоры кожи: тирозин, триптофан и NADH. Были получены зависимости изменения регистрируемого сигнала АФ с последовательным изменением длины волны возбуждения в УФ диапазоне. Полученные результаты моделирования АФ среды с многократным рассеянием подтверждаются данными реальных оптических систем. На основании разработанной оптической модели кожи и моделирования методом Монте-Карло возможен анализ распространения излучения в биоткани в целом, что может быть полезно при флуоресцентной диагностике рака кожи и в других неинвазивных методах исследования [3]. направлений оптических Одним ИЗ представленного моделирования является возможное определение оптических свойств интактных (здоровых) и пораженных различными деструктивными процессами тканей спектрофотометрическими методами с последующим использованием полученных данных при построении модели. Таким образом удастся получить априорную качественной дифференциации здоровых и информацию ДЛЯ последующей пораженных тканей при реальных клинических исследованиях.

- 1. Monici, M. Cell and tissue autofluorescence research and diagnostic applications / M. Monici // Biotechnology annual review 2005. Vol. 11. P. 227–256.
- 2. Tuchin, V.V. Tissue Optics, Light Scattering Methods and Instruments for Medical Diagnostics (Third Edition) / V.V. Tuchin SPIE, Bellingham, 2007. 825 p.
- 3. Bratchenko, I. Malignant melanoma and basal cell carcinoma detection with 457 nm laser-induced fluorescence/ Artemyev, D., Myakinin, O., Vrakova, M., Shpuntenko, K., Moryatov, A. A., Kozlov, S. V., & Zakharov, V. P., Bratchenko, I.// Journal of Biomedical Photonics & Engineering–2015, 180–185. doi:10.18287/jbpe-2015-1-3-180.

УДК 616.12-073.97-71

# ИМИТАТОР ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА ДЛЯ ПОВЕРКИ ИНТЕРПРЕТИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФОВ

#### © Фелотов А.А.

e-mail: fedoaleks@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Регистрация и обработка электрокардиосигнала (ЭКС) находит широкое применение в различных системах медицинской диагностики. Активное развитие в последнее время систем функциональной диагностики на основе методов электрокардиографии и анализа параметров сердечного ритма обуславливает необходимость точного измерения амплитудно-временных параметров ЭКС различной морфологии в условиях влияния разнообразных искажающих факторов [1, 2].

Медицинские приборы, такие как электрокардиографы, холтеровские мониторы, кардиомониторы относятся к средствам измерения медицинского назначения, поэтому при их разработке, производстве и дальнейшей эксплуатации необходимо проводить контроль и периодическую метрологическую поверку с использованием рабочих эталонов — генераторов сигналов специальной формы, которые имитируют сигналы биоэлектрической активности сердца [3, 4]. Существующие в настоящее время системы поверки электрокардиографической техники формируют лишь эталонные тестовые сигналы стандартной формы, обеспечивающие базовую проверку метрологических характеристик в соответствии с принятыми стандартами.

Регистрация ЭКС в клинических условиях сопровождается влиянием множества инструментальных и методических факторов, что приводит к возникновению погрешностей в определении количественных характеристик биосигнала и к снижению эффективности проводимой диагностики. Актуальным направлением развития систем поверки инструментальных средств электрофизиологических измерений является создание аппаратно-программных комплексов имитации биосигналов, учитывающих как естественную, так и патологическую изменчивость формы сигнала, наличие определённых физиологических феноменов, а также присутствие различных шумов и помех.

Для аппаратной реализации предложенного подхода к поверке электрокардиографических средств измерения на основе формирования модельного биосигнала была разработана структурная схема имитатора ЭКС, блок-схема которой приведена на рисунке: 1 – персональный компьютер (ПК); 2 – микросхема интерфейса USB с гальванической развязкой; 3 – микроконтроллер (МК); 4 – постоянное запоминающее устройство (ПЗУ); 5 – цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП); 6 – активный фильтр нижних частот; 7 – программно управляемый аттенюатор; 8 – аналоговый мультиплексор; 9 – поверочное коммутационное устройство (ПКУ).

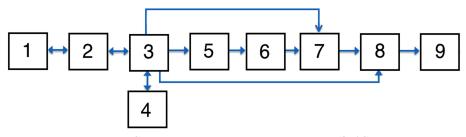


Рис. Структурная схема имитатора ЭКС

Центральным элементом имитатора является МК, выполняющий функции обмена данными с ПК посредством интерфейса USB; считывания имитационных сигналов из ПЗУ; передачи данных в выходной каскад; управления аттенюатором и мультиплексором.

Выходной каскад имитатора состоит из 16-битного прецизионного ЦАП; активного фильтра Бесселя нижних частот второго порядка, реализованного по топологии Саллена-Кея и предназначенного для сглаживания эффектов квантования в выходном сигнале ЦАП; аттенюатора, в состав которого входит 8-битный цифровой потенциометр для реализации программного управления коэффициентом передачи; многоканальный аналоговый мультиплексор для обеспечения поверки стандартных 12-канальных клинических систем регистрации ЭКС; а также ПКУ. ПКУ необходимо для имитации переходных сопротивлений, возникающих на границе раздела "электродкожа", и представляет собой параллельное соединение резистивно-емкостных пассивных элементов [3].

Имитатор ЭКС выполнен программируемым с возможностью загрузки сгенерированных на ПК модельных ЭКС в виде цифровых файлов, передаваемых по интерфейсу USB; которые далее в аналоговом виде воспроизводятся на выходе имитатора с заданными амплитудными и временными характеристиками. Программная регулировка коэффициента передачи аттенюатора обеспечивает возможность формирования тестовых сигналов в широком динамическом диапазоне изменения амплитуды с высокой точностью.

Имитатор ЭКС имеет автономный источник питания на литий-ионном аккумуляторе высокой ёмкости с возможностью зарядки от ПК. Имплементированное программное обеспечение имитатора обеспечивает формирование на выходных клеммах устройства как имитационных ЭКС, так и тестовых сигналов стандартной формы (гармонические сигналы, меандр, одиночный прямоугольный импульс), оговорённых соответствующими регламентами по метрологической поверке электрокардиографической аппаратуры [3, 4]. Управление режимами работы устройства, выбор тестового сигнала и настройка параметров осуществляется оператором ПК.

- 1. Рангайян, Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход [Текст] / Р. М. Рангайян. М.: Физматлит, 2007. 440 с.
- 2. Федотов, А.А. Математическое моделирование и анализ погрешностей измерительных преобразователей биомедицинских сигналов. [Текст] / А.А. Федотов, С.А. Акулов М.: Физматлит, 2013. 280 с.
- 3. Государственная система обеспечения единства измерений. Электрокардиографы, электрокардиоскопы и электрокардиоанализаторы. Методика поверки М.: Ростехрегулирование, 2011.-32 с.
- 4. Приборы для измерения биоэлектрических потенциалов сердца. Общие технические требования и методы испытаний. ГОСТ 19687–94. М.: Издательство стандартов. 1994. 19 с.

УДК 629.78

# УСТРОЙСТВО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ СТЕНДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

# © Фомин В.А., Пияков А.В.

e-mail: piyakov@ssau.ru, vladimir.fomin.1999@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Последнее время характеризуется ужесточением требований, предъявляемых к материалам космических аппаратов, и вместе с тем растет время активного существования космических аппаратов. Одной из причин деградации материалов космических аппаратов является ультрафиолетовое излучение Солнца. Для лабораторного моделирования солнечного излучения было спроектировано и собрано устройство, фотография которого приведена на рисунке.

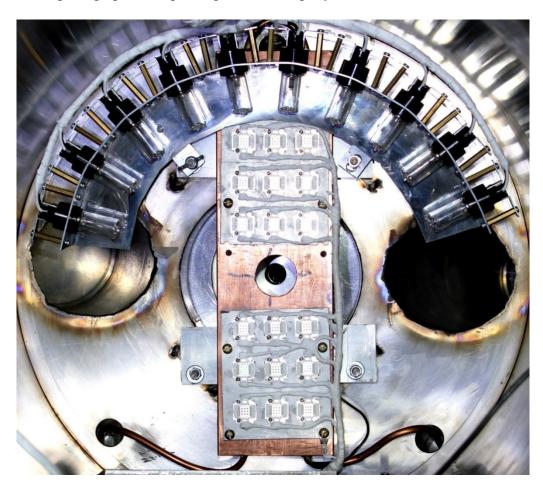


Рис. Фотография УФ-излучателя

Источником ультрафиолетового излучения в лабораторных условиях являются кварцевые лампы, а также светодиоды. Однако возникает вопрос о измерении геометрического распределения плотности УФ излучения от данного источника. Для решения задачи предполагается использовать измерительное устройство, состоящее из

четырех фотодатчиков: ML8511, VEML 6070, VEML 6075 и GUVA-S10SD, диапазоны измеряемого излучения которых приведены в таблице.

Таблица. Характеристики фотодатчиков

Наименование	Основные характеристики
ML8511	Диапазон измеряемого излучения: 280400 нм; Рабочее напряжение: 3,3 В;
VEML 6070	Диапазон измеряемого излучения: 320410 нм; Рабочее напряжение: 3,3 В;
VEML 6075	Диапазон измеряемого излучения: 330365 нм; Рабочее напряжение: 3,3 В;
Фотодиод	Диапазон измеряемого излучения: 290400 нм;
GUVA-S10SD	Рабочее напряжение: 3,3 В.

Для сбора данных и передачи в ЭВМ предполагается использовать стандартный модуль ArduinoNano, выполненный на базе микроконтроллера ATMega328, имеющий USB интерфейс.

УДК 629.78

# ВОЛОКОННЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ЗОНД ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОТКЛИКОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СРЕД

© Шацкая А.А., Артемьев Д.Н., Братченко И.А.

e-mail: shnastena@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Волоконные оптические зонды являются ключевым элементом биомедицинского спектроскопического зондирования [1]. Они имеют ряд достоинств перед другими методами: малые размеры и вес волоконных световодов, химическая неактивность материала, помехозащищенность относительно электрических и магнитных полей, большая светосила, возможность сохранения поляризации излучения при использовании лазеров [2]. Волоконные оптические зонды нашли применение в медицинских устройствах для взаимодействия инструмент-исследуемый объект, поскольку они относительно недороги, универсальны [3], оптические волокна улучшают позиционирование и обеспечивает удобство сбора излучения по сравнению с распространением луча в свободном пространстве. Компактная конструкция зонда имеет решающее значение в клинических применениях, когда требуется его вставить в рабочий канал эндоскопа или сердечно-сосудистого катетера.

К настоящему моменту существует большое количество вариантов конфигураций волоконных оптических зондов, однако нет точных критериев для применения конкретного зонда в различных видах исследований (флуоресцентная, отражательная, Рамановская спектроскопия). Работа посвящена исследованию влияния геометрических и оптических параметров волоконных оптических зондов на абсолютную величину и спектр обратно рассеянного излучения от биологических тканей.

Для решения поставленной задачи привлекалось математическое моделирование распространения излучения между волоконным оптическим зондом и органической средой. Моделирование спектров производилось с помощью программного обеспечения «TracePro», в основе которого лежит стохастический метод Монте-Карло. Данный метод является перспективным для решения прямой задачи переноса излучения для сред с произвольной конфигурацией [4], и полученные спектры биологических тканей часто подтверждаются экспериментами на практике [5].

В качестве модели органической среды взята модель многослойной ткани, которая часто используется для имитации эпителиальных тканей [6]. Предполагается, что каждый слой ткани является плоским с однородными оптическими свойствами и бесконечно большим по поперечным размерам. Также в разные слои модели были добавлены эндогенные флуорофоры для оценки вклада флуоресценции с верхнего и нижнего слоя в суммарный отклик среды.

Были спроектированы модели зондов, состоящие из набора оптических волокон, которые отличаются назначением, диаметрами и конфигурацией. Приведен анализ абсолютной величины и формы спектра регистрируемого сигнала, а также границ объема модели органической среды, захватываемой апертурой зонда. Представлена возможность повышения эффективности сбора излучения с помощью дополнительных оптических элементов.

Результаты моделирования могут служить ориентиром для оптимизации оптических конфигураций зондов, направленной на повышение эффективности регистрации спектрального отклика от биологических тканей с разрешением по глубине.

- 1. Utzingler, U. Fiber optic probes for biomedical optical spectroscopy / U. Utzingler, R.R. Richards-Kortum // Journal of Biomedical Optics. 2003. Vol. 8(1). P. 121–147.
- 2. Тучин, В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях / В.В. Тучин. М.: Москва: Физматлит, 2010. 478 с.
- 3. Pfefer, T.J. Light Propagation in Tissue During Fluorescence Spectroscopy With Single-Fiber Probes / T.J. Pfefer, K.T. Schomacker, M.N. Ediger, N.S. Nishioka // IEEE Journal On Selected Topics In Quantum Electronics. 2001. Vol. 7(6). P. 1004-1012.
- 4. Тучин, В.В. Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике [Текст] / В.В. Тучин. М.: Физматлит, 2013. 812 с.
- 5. Liu, Q. Experimental validation of Monte Carlo modeling of fluorescence in tissues in the UV-visible spectrum / Q. Liu, C. Zhu, N. Ramanujam // Journal of biomedical optics. 2003. Vol. 8(2). P. 223-236.
- 6. Zhu, C. Review of Monte Carlo modeling of light transport in tissues [Tekct] / C. Zhu, O. Liu // Journal of Biomedical Optics. 2013. vol. 18. № 5. P. 050902.

УДК 616-71

## ПРИБОР ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ГЛИКЕМИИ: ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

#### © Юнусов Н.А., Петрова Н.Н.

apach236@yandex.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

На сегодняшний день распространение сахарного диабета растет; на данный момент сахарным диабетом по миру болеют более 60 миллионов человек. Сахарный диабет требует постоянного контроля уровня глюкозы в крови, иначе болезнь может привести к серьезным осложнениям. Только при поддержании концентрации глюкозы в крови в пределах нормы возможно добиться приостановления развития осложнений.

Самый распространенный метод измерения гликемии человека заключается в прокалывании кожного покрова и взаимодействии крови со специальными тестовыми полосками. Данная процедура является болезненной, более того существует риск заражения при отсутствии должной стерилизации. Зачастую операцию измерения глюкозы пациентам приходится повторять до десятка раз в день, поэтому она может оказывать отрицательное воздействие, снижать качество жизни пациента. Поэтому в настоящее время стоит задача поиска альтернативных методов измерения концентрации глюкозы.

В последнее время популярность набирают неинвазивные методы измерения концентрации глюкозы в крови пациента. Это связано с тем, что они обладают рядом преимуществ: безболезненны, безопасны, не требуют дополнительных затрат (например, на тестовые полоски). Они могут поднять уровень комфорта, позволяя забыть о негативном эффекте от классического измерения.

На сегодняшний день существует множество способов неинвазивного измерения гликемии, основанных на измерении различных параметров тела. Среди них можно отметить методы измерения полного электрического сопротивления кожи, поляризации лазера при облучении зоны скопления кровеносных сосудов, измерения артериального давления на левой и правой руках и др. В данной работе рассмотрена зависимость температуры тела от концентрации глюкозы, а также предложено устройство, основанное на данной зависимости.

Известно, что существует связь между температурой тела и содержанием глюкозы в крови. В ходе исследования процесса восстановления температуры тела и уровня глюкозы в крови были обследованы пациенты с холодовой травмой [1]. Проведение измерений и анализ температуры и концентрации глюкозы привели к выводу: при понижении температуры тела, вызванного переохлаждением, падает содержание глюкозы в крови. Зависимость можно считать прямой. В других исследованиях рассматривалось изменение температуры тела пациента после приема пищи. После такого входного воздействия периодически в течение нескольких часов измерялась температура внутренних органов (теплового ядра организма). Параллельно с измерениями температуры с области над веной головы периодически (каждые 10-15 мин) у тех же добровольцев определялось содержание глюкозы в крови. В итоге была получена зависимость температуры тела от гликемии, которая оказалась практически прямой (рис.) [2].

На основе использования корреляционной функции, связывающей температуру тела и концентрацию сахара в крови, может быть создан неинвазивный прибор для мониторинга гликемии и упреждающей сигнализации об опасных состояниях углеводного обмена для больных сахарным диабетом, а также и в других случаях [3].

Первый датчик температуры в приборе используется для измерения температуры тела, второй датчик — для компенсации изменений температуры окружающей среды. Сигнал с них поступает на АЦП, далее на блок математической обработки данных, в котором также сходятся калибровочный сигнал, полученный из устройства ввода калибровочного значения, и значения предыдущих измерений из запоминающего устройства. Полученные в ходе математической обработки данные поступают на запоминающее устройство, а также на устройство сигнализации.

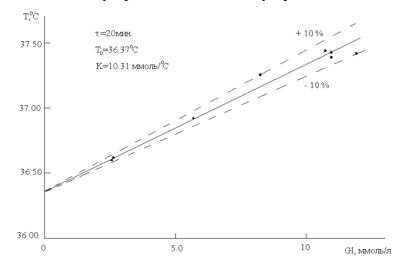


Рис. Зависимость температуры тела от гликемии при тесте на глюкозотолернатность.

Первоначальная калибровка для конкретного пациента проводится однократно. Она не требует пребывания пациента в стационаре, человек может заниматься своей повседневной деятельностью. Калибровка заключается в измерении гликемии стандартным инвазивным методом и введении полученного значения в устройство. То же относится и к дальнейшему использованию такого прибора.

Подводя итог, развитие неинвазивных методов исследований весьма перспективно и может оказать существенный эффект на стандартные методы измерения глюкозы. Наличие зависимости между температурой тела и гликемией позволяет использовать данное явление в медицинских целях. Прибор, основанный на данном физическом эффекте, может быть достаточно точным, неинвазивным, может применяться для длительного мониторинга состояния пациента. Развитие данного способа контроля концентрации сахара в крови может повысить уровень и качество жизни пациента, так как в повседневной жизни позволит сократить болезненные измерения. Также, учитывая отсутствие затрат на дополнительные материалы, возможна реализация непрерывного измерения этого параметра, что положительно скажется на предупреждении опасных ситуаций и может спасти пациенту жизнь.

- 1. Ковалев, В. В. Взаимосвязь между восстановлением температуры тела и уровнем глюкозы в крови пациентов с острой общей холодовой травмой [Текст] / В. В. Ковалев, В. А. Сизоненко // Вестник ЯГУ: сб. статей. Якутск, 2007г. С. 91–93.
- 2. Бобылев, В. М. Взаимосвязи температуры тела и концентрации глюкозы крови человека [Текст]/ В. М. Бобылев, В. М. Шмелев // Medline.ru Биомедицинский журнал. 2006.  $C.\ 101-107$ .
- 3. Патент на изобретение № 2525507. Способ неинвазивного определения концентрации глюкозы крови// авт. Бобылев Владимир Михайлович (RU), Бобылева Галина Владимировна (RU), Шмелев Владимир Михайлович (RU); Опубликовано: 20.08.2014 Бюл. № 23 Патентообладатель(и): Бобылева Галина Владимировна (RU)

УДК 621.3.049

#### ЭЛЕКТРОНИКА КОНСТРУКТОРА ДЛЯ ЧЕМПИОНАТА CANSAT

© Ягубян В.А., Ищанов А.В., Королихина Ю.О., Черняев А.Г., Кумарин А.А.

e-mail: kareliabortnik@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Атмосферные зонды имеют довольно широкую сферу применения в нашей жизни — начиная от детектирования каких-либо природных бедствий и заканчивая поиском или связью между людьми, оказавшимися в экстренных ситуациях. Ежегодно в России проводится чемпионат проекта «Воздушно-инженерная школа», в котором принимают участие школьники и студенты. Для атмосферного зонда, который запускают в небо для выполнения базовых (измерение давления, температуры, ускорения; передача данных по радиоканалу; обеспечение безопасного спуска) и дополнительных миссий, существует конструктор, который предоставляют организаторы соревнований. В данной работе было принято решение разработать улучшенный аналог для участия в соревнованиях. Актуальность данного проекта заключается в том, что участники смогут не только собрать аппарат из предложенных организаторами датчиков, но более детально изучить их характеристики, изменить конфигурацию плат, а также дополнить конструктор датчиками для своих дополнительных миссий. Кроме этого, разработанный конструктор может получить широкое распространение не только среди участников конкурса, но и среди желающих попробовать свои силы в данной сфере.

Поскольку миссии аппарата делятся на основные и дополнительные, то функциональные возможности зонда делятся на несколько систем: система питания, блок внешних интерфейсов, блок для выполнения задач основной миссии, система спасения, блок для выполнения задач дополнительной миссии.

Подробный перечень составляющих каждой системы представлен в докладе.

Также были разработаны их схемотехнические исполнения, все системы аппарата располагаются на пяти основных платах:

- 1. Плата бортового компьютера с микроконтроллером, картой памяти и UART-USB преобразователем.
- 2. Плата с датчиками: барометр, термометр, акселерометр, магнитометр/акселерометр.
- 3. Плата с системой навигации, в основе которой расположен GNSS модуль S1315F и разъем для активной раtch антенны.
- 4. Плата системы питания, содержащая: понижающий импульсный преобразователь для получения напряжения 3B, модуль повышающего импульсного преобразователя для получения напряжения 5B, схему защиты аккумуляторов от короткого замыкания и переразряда/перезаряда, модуль зарядного устройства для зарядки аккумуляторов в режиме CC/CV.
- 5. Плата системы радиосвязи, основанная на модуле с микросхемой NRF24l01+, работающей в диапазоне 2,4 ГГц.
- В процессе работы был проведен системный анализ объекта, разработана структурная схема конструктора. Выбраны технические средства для реализации системы. Были составлены принципиально электрические схемы в САПР Altium Designer. В процессе работы были получены 3D модели будущей системы. Результаты могут быть использованы в проектах команд-участников чемпионата «CanSat в России» («Воздушно-инженерная школа»), схожих проектах, а также для популяризации науки и техники в технических кружках.

## Библиографический список

1. Воздушно-инженерная школа [Электронный ресурс]. URL: http://roscansat. com/uchastnikam/polozhenie (дата обращения: 21.01.2019).

УДК 004.94

# ПОИСК КОЛЛОКАЦИЙ В ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ ОБУЧЕНИЯ

#### © Яковлев Д.Р.

e-mail: denis21.97@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

В настоящее время актуальной проблемой является автоматическое выявление необходимых словесных конструкций из текстов. Хотя в данное время и существует национальный корпус русского языка, где коллокации можно выявить с помощью статистических методов, но все же некоторые коллокации могут быть обнаружены только с помощью эвристических методов. В данной работе для решения этой задачи используется нейронная сеть, которая обучается с использованием генетического алгоритма.

Коллокацией принято называть сочетание двух или более слов, которые имеют тенденцию к совместной встречаемости [1]. В данной задаче мы будем рассматривать такие коллокации, где одно из слов – это омоним, а другое слово в паре «разрешает» эту омонимию. К примеру, рассмотрим два словосочетания: красный угол; красное пятно. Видно, что слово «красный» может иметь различный смысл, но именно по второму слову мы понимаем, какой именно смысл слово приобретает в той или иной ситуации.

Задача поиска коллокаций остается актуальной, поскольку на сегодняшний день отсутствуют абсолютно точные способы их выявления, поэтому зачастую используются эвристические методы. В данном докладе рассматривается нахождение коллокаций с помощью нейронной сети, которая обучается с помощью генетического алгоритма.

Нейронная сеть — это математическая модель, которая построена по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей, которая представляет собой систему из соединенных между собой и взаимодействующих нейронов [2]. На вход нейронной сети поступают выбранные заранее характеристики «претендента» на коллокацию. На выходе нейронной сети принимается ее решение о том, является ли данное словосочетание коллокацией или нет.

Обучение нейронной сети производится с помощью генетического алгоритма. Он представляет собой адаптивный метод поиска, который очень часто используют при решении задачи функциональной оптимизации. Он основан на генетических процессах биологических организмов.

Для того чтобы нейронная сеть обучилась, необходимо сформировать обучающую выборку. Для этого нейронная сеть в ее текущем состоянии производит поиск «претендентов» на коллокации, а затем эксперт решает, что из полученного списка является коллокациями. Затем эти данные отправляются на обучение нейронной сети, после чего она адаптируется и меняет свои внутренние параметры в соответствии с обучающей выборкой.

Таким образом, рассмотрен эвристический метод поиска коллокаций с помощью нейронной сети и генетическим алгоритмом ее обучения.

- 1. Павельева Т. Ю. Изучение коллокаций на основе лингвистических корпусов текстов // Вестник ТГУ. 2016. №3—4. С. 155—156.
  - 2. Беркинблит М. Б. Нейронные сети. М.: МИРОС и ВЗМШ РАО. 1993. 96 с.

# Секция 8

Фундаментальная и прикладная математика

УДК 519.812

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ И ПРИЕМОВ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ К МАТРИЦЕ ЭЙЗЕНХАУЭРА

#### © Беляков А.А., Старинова О.Л.

e-mail: jake.dunn@inbox.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Для удобства приведем значения основных терминов, используемых в работе:

- матрица Эйзенхауэра квадратная матрица вида  $n \times n$ , основанием которой служат две оси это ось важности (по вертикали) и ось срочности (по горизонтали). В итоге получается, что каждый квадрант отличается своими качественными показателями. В каждый из квадрантов записываются все задачи и дела, благодаря чему образуется предельно ясная и объективная картина того, чем следует заняться в первую очередь, чем во вторую, а чем вообще заниматься не стоит [1][2]. Данная ее вариация рассматривается в работе и в контексте называется «классической»;
  - план число дел в плановую единицу времени;
  - дело работа, занятие, деятельность [3];
- уровень стремления индикатор, выявляющий мотивацию и продуктивность при движении к поставленной цели с помощью намеченных планов;
- прокрастина́ция в <u>психологии</u> склонность к постоянному откладыванию даже важных и срочных дел, приводящая к жизненным проблемам и болезненным психологическим эффектам [4]. Перспективное направление в мировой науке;
- стремление (функция удовольствия от процесса) совокупность желаний и соответствующих действий по достижению поставленной цели вкупе с мотивацией, навыками, опытом и поддержкой извне с учетом окружающих условий.

Таким образом, матрица Эйзенхауэра – это квадратная матрица вида

$$\ni=egin{pmatrix} 
u_{ij} & \cdots & \nu_{ij} \\
\vdots & \ddots & \vdots \\
\nu_{ij} & \cdots & \nu_{ij} 
\end{pmatrix}$$
, где  $\nu_{ij}$  – план,  $i$  – индекс строки на оси важности (ось ординат),

ј – индекс столбца на оси срочности (ось абсцисс).

План по определению равен:

$$\nu = \frac{N}{t}$$
, где  $N$  – число дел,  $t$  – плановое время (1) Математически, уровень стремления (P) – модуль детерминанта, поставленного

Математически, уровень стремления (P) – модуль детерминанта, поставленного в соответствие матрице Эйзенхауэра.

Уровень стремление может быть любого порядка.

Для данной матрицы Эйзенхауэра существует только один уровень стремления. При этом он может иметь множество миноров в зависимости от ранга.

$$P = |\det \beta| = \begin{vmatrix} v_{11} & v_{12} \\ v_{21} & v_{22} \end{vmatrix}$$
 (2)

Для нахождения уровня стремления простой (классической) матрицы Эйзенхауэра применим метод диагоналей, аналогичный для математических детерминантов второго порядка.

 $P = |\det 3| = \begin{vmatrix} v_{11} & v_{12} \\ v_{21} & v_{22} \end{vmatrix} = |v_{11} * v_{22} - v_{12} * v_{21}| = |F - v_{12} * v_{21}|$ , где F – смещение фокуса внимания между самыми нужными и самыми ненужными планами, а вычитаемое произведение  $v_{12} * v_{21}$  является смещением фокуса внимания между оставшимися планами соответственно.

В остальных случаях при  $n \ge 2$  уровень стремления находится, как и математический детерминант, по правилу треугольника или теореме Лапласа.

P=0 – уровень стремления отсутствует. Это означает перегруженность или увлеченность побочными планами независимо от их индексации.

Свидетельствует о том, что человек совершает действия, которые слабо влияют на достижение цели либо не влияют вовсе.

#### Формула прокрастинации

$$F_{\text{crit}} = \sum_{n=1}^{\infty} \nu_n = \nu_1 + \nu_2 + \nu_3 + \dots + \nu_n + \dots$$
 (3)

$$\nu_{\rm n} = \nu_{\rm ii}^n * \nu_{\rm ii}^n \tag{4}$$

Таким образом, смещение фокуса коррелирует с побочными планами. Эта связь дает понять, каково критическое смещение фокуса, что позволяет избежать прокрастинации путем уменьшения числа побочных планов.

P0 – уровень стремления к поставленной цели есть, и он дает стимул к дальнейшим действиям.

Вспомним, что стремление (функция удовольствия от процесса) — это совокупность желаний (D) и соответствующих действий (A) по достижению поставленной цели вкупе с мотивацией (M), навыками (S), опытом (E) и поддержкой извне (H) с учетом окружающих условий ( $\gamma$ ).

asp(x) – стремление, где x – удовольствие от процесса.

$$asp(x) = \gamma^*(D + A + M + S + E + H)$$
 (5)

$$asp(x) = \gamma * P - зависимость стремления от его уровня.$$
 (6)

γ0 – коэффициент влияния окружения.

D, A, M, S, E, H – факторы, определяемые оценочно.

D, A, M, S, E,  $H \ge 0$ ;

D, A, M, S, E, HZ

Позитив: x = 1 при  $asp(x) \ge 0$ 

Негатив: x = 0 при asp(x) < 0

В общем случае аргумент стремления (х) конгруэнтен функции Хевисайда, т.е.

 $f(\gamma) = \gamma P$ ;

f(x) = asp(x);

 $\theta(f)$  – функция Хевисайда;

$$x\theta(f) = \theta(\gamma) = \begin{cases} 0, x < 0; \\ 1, x \ge 0 \end{cases}$$

$$(7)$$

# Уравнение факторов стремления.

$$P = |det \Im| = D + A + M + S + E + H$$
 (8)

- 1. Глеб Архангельский, Марианна Лукашенко, Татьяна Телегина, Сергей Бехтеров. Тайм-менеджмент. Полный курс. М.: Альпина Паблишер, 2012. 312 с.
- 2. Современный менеджмент (в схемах): Опорный конспект лекций. Сладкевич В. П., Чернявский А. Д. 3-е изд., стереотип. К.: МАУП, 2003. 152 с.
- 3. Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка: 80 000 слов и фразеологических выражений / Российская академия наук. Институт русского языка им. В. В. Виноградова. 4-е изд., дополненное. М.: Азбуковник, 1998. 944 с.
- 4. Григорий Тарасевич.Прокрастинация: болезнь века // Русский репортёр : журнал. М.: PunaMusta Oy, 2014. № 14 (342). С. 20—29.

УДК 591.87

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАЙНОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫБОРА СХЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИНЕРЦИИ

### © Ерохин Д.А., Ахмедова Ш.А.

e-mail: erohhaa@mail.ru

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация

Стайный алгоритм оптимизации (Particle Swarm Optimization, PSO) был предложен в 1995 году Дж. Кеннеди и Р. Эберхартом [1] для решения задач однокритериальной безусловной оптимизации функций вещественных переменных. Работа стайного алгоритма оптимизации начинается с генерирования случайным образом конечного множества (популяции) идентичных индивидов (частиц). Предположим, что число таких частиц равно N. Каждая i-ая частица ( $i=1,\ldots,N$ ) описывается своим положением в пространстве поиска  $x_i=(x_{i1},x_{i2},\ldots,x_{iD})$  и скоростью перемещения в нем  $v_i=(v_{i1},v_{i2},\ldots,v_{iD})$ . Далее каждая i-ая частица передвигается в пространстве поиска, изменяя свои скорость и координаты, основываясь на собственном опыте и опыте других частиц.

Изменение скорости и координат осуществляется по следующим формулам:

$$v_{ij}^{t+1} = \omega \cdot v_{ij}^{t} + c_{1} \cdot rand_{1} \cdot (p_{ij} - x_{ij}^{t}) + c_{2} \cdot rand_{2} \cdot (pg_{j} - x_{ij}^{t}),$$

$$x_{ij}^{t+1} = v_{ij}^{t+1} + x_{ij}^{t},$$

в данных формулах  $x_{ij}^t$ ,  $v_{ij}^t$ ,  $x_{ij}^{t+1}$ ,  $v_{ij}^{t+1}$  — координаты и скорость i-ой частицы на итерациях t и t+1 соответственно,  $p_{ij}$  — лучшее положение, найденное i-ой частицей за t итераций,  $pg_{ij}$  — лучшее положение, найденное всей «стаей» за t итераций,  $rand_{ij}$  и  $rand_{ij}$  — случайные числа, сгенерированные на промежутке от 0 до 1.

Особый интерес в данных формулах представляют параметры алгоритма PSO:  $^{\omega}$  — инерционный вес,  $c_1$  и  $c_2$  — параметры обучения. Коэффициент инерции  $^{\omega}$  определяет «широту» исследования поисковой области частицами. Константа  $c_2$  управляет воздействием глобального лучшего положения, а константа  $c_1$  управляет воздействием личного лучшего положения на скорость каждой частицы. Эффективность работы алгоритма во многом зависит от выбора и настройки его параметров. В данной работе была осуществлена оценка работоспособности стайного алгоритма с различными комбинациями указанных выше параметров  $c_1$ ,  $c_2$  и  $^{\omega}$ . Были установлены их значения, приводящие к наилучшим результатам при решении задач безусловной оптимизации функций вещественных переменных.

Изначально проводилось исследование эффективности алгоритма PSO в зависимости от выбора параметров  $c_1$  и  $c_2$ . Для определения их значений проводились тесты на различных функциях: размер популяции и число итераций не менялись, а значения параметров варьировались от 0.05 до 2. В итоге было установлено, что для простых функций, например, сферы или эллипсоида, лучшие результаты достигались при  $c_1 = c_2 = 2$ , в то время как на сложных функциях при  $c_1 = c_2 = 1.7$ .

Далее оценка работоспособности алгоритма PSO проводилась в зависимости от выбора коэффициента инерции. В данной работе рассматривались следующие схемы определения инерционного веса: константа, случайный вес, линейно убывающий параметр, осцилляционный инерционный вес, метод имитации отжига для

коэффициента инерции, логарифмически убывающий вес инерции, экспоненциально убывающий коэффициент инерции [3].

В рамках данного исследования размер популяции и максимальное число итераций не менялись и были равны соответственно N=50 и T=2000. Исследование эффективности алгоритма осуществлялось с помощью пяти тестовых функций: сфера, функция Гриванка, функция Розенброка, функция Растригина и функция Акли [4]. Кроме того, число переменных было равно D=10, и для каждой задачи были осуществлены 30 программных запусков. Эффективность алгоритма с выбранной схемой определения коэффициента инерции оценивалась по следующим критериям: минимальное (1 строка) и среднее значения ошибки (2 строка), полученной в результате тестирования. Полученные результаты представлены в таблице, причем в первом столбце указаны номера использованных схем определения инерционного веса в заданном выше порядке.

	Сфера	Ф. Гриванка	Ф. Розенброка	Ф. Растигина	Ф. Акли
1	0.0091	0.1076	9.2609	3.1338	1.1552
	0.0518	0.6930	114.2120	15.5008	3.5697
2	2.6516	12.6018	1434.11	41.2382	12.2764
	7.9168	26.5074	6218.4	56.0839	14.5058
3	0.0044	0.0394	0.3444	4.9748	0.0076
3	0.0083	0.1411	10.5337	15.7535	0.4270
4	0.0039	0.0272	2.9618	4.9810	0.0083
4	0.0082	0.1434	47.2568	14.6958	0.5158
5	0.0707	0.8153	33.5948	15.5437	2.4608
	0.7809	3.1461	279.2290	28.6901	6.1671
6	0.0054	0.0295	1.9528	4.9748	0.0070
	0.0085	0.1179	26.1101	14.1982	0.1620
7	0.0044	0.0271	0.9745	4.9748	0.0082
	0.0084	0.1229	31.4282	13.5460	0.1406

Таблица. Результаты, полученные для различных схем определения коэффициента инерции

Таким образом, в данной работе было представлено исследование эффективности стайного алгоритма оптимизации в зависимости от выбора его параметров. С этой целью были рассмотрены 7 схем определения инерционного веса. В итоге было установлено, что лучшие результаты для указанных выше тестовых задач оптимизации достигались при линейном убывании коэффициента инерции, что позволяет сделать вывод о ее работоспособности и целесообразности применения.

- 1. Kennedy, J., Eberhart, R. Particle swarm optimization // Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, 1995. P. 1942–1948.
- 2. Shi, Y., Eberhart, R. A modified particle swarm optimizer // Proceedings of the IEEE World Congress on Computational Intelligence, 1998. P. 69–73.
- 3. Bansal, J. C., Singh, P. K., Saraswat, M. Inertia Weight Strategies in Particle Swarm Optimization // Third World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing, 2011. P. 640–647.
  - 4. Molga, M., Smutnicki, Cz. Test functions for optimization need, 2005. 3 kwietnia.

# НЕЛОКАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ И НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### © Киричек В.А.

e-mail: Vitalya29@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В докладе рассматриваются задачи с нелокальными условиями для гиперболического уравнения.

Пусть  $\Omega$ — область в  $R^n$  с гладкой границей  $\partial\Omega$ . Обозначим  $Q_T=\Omega\times(0,T)$ ,  $S_T=\partial\Omega\times(0,T)$ . Рассмотрим уравнение

$$u_{tt} - \left(a_{ij}(x, t)u_{x_i}\right)_{x_j} + c(x, t)u = f(x, t)$$
 (1)

и поставим следующую задачу: найти в цилиндре  $Q_T$  решение уравнения (1), удовлетворяющее начальным данным

$$u(x,0) = \varphi(x), u_t(x,0) = \psi(x)$$
 (2)

и нелокальному условию

$$lu + \int_{\Omega} K(x, y, t)u(y, t)dy = 0, (x, t) \in S_{T}.$$
 (3)

По повторяющимся индексам ведется суммирование от 1 до n,  $v = (v_1, ..., v_n)$ — вектор внешней нормали к  $\partial \Omega$  в текущей точке, lu представляет собой соотношение между значениями искомого решения и его производных в точках боковой границы. Будем называть его граничным оператором.

Исследования нелокальных задач показали, что доказательство их разрешимости нельзя провести классическими методами, применимыми к изучению начально-краевых задач [1-3]. К настоящему времени разработаны эффективные методы исследования нелокальных задач [3-6]. Оказалось, что выбор метода во многом зависит от структуры граничного оператора l, входящего в соотношение (3). Доклад посвящен проблеме выбора метода исследования разрешимости нелокальной задачи (1) — (3) и демонстрации применения его для доказательства существования и единственности решения нелокальной задачи с интегральными условиями для уравнения (1). Особое внимание будет уделено частному случаю задачи для уравнения (1) при n=1.

- 1. Гордезиани, Д. Г. Решения нелокальных задач для одномерных колебаний среды [Текст]/ Гордезиани Д. Г., Авалишвили Г. А. Математическое моделирование. -2000. T.12, №1. C. 94-103.
- 2. Avalishvili, G. On integral nonlocal boundary problems for some partial differential equations [Text]/ Avalishvili G., Avalishvili M., Gordeziani D. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. 2011. Vol. 5, No. 1. P. 31-37.
- 3. Кожанов, А. И. О разрешимости краевых задач с нелокальным граничным условием интегрального вида для многомерных гиперболических уравнений [Текст]/ Кожанов А. И., Пулькина Л. С. Дифференциальные уравнения. 2006. Т. 42, № 9. С. 1166—1179.

- 4. Пулькина, Л. С. Краевые задачи для гиперболического уравнения с нелокальными условиями I и II рода [Текст]/ Л. С. Пулькина.Известия вузов. Математика — 2012. — № 4. — C. 74–83.
- 5. Pul'kina, L. S. Solutions to nonlocal problems of pseudohyperbolic equations [Text]/ L.
- S. Pul'kina. EJDE. 2014. Vol. 2014, No. 116. P.1-9.

  6. Pul'kina, L. S. A problem with dynamic nonlocal condition for pseudohyperbolic equation [Text]/ L. S. Pul'kina. Russian Mathematics. – 2016. – Vol. 60, No. 9. – P. 38-45.

# ИНВАРИАНТНЫЕ МНОГООБРАЗИЯ СО СМЕНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ В ЗАДАЧАХ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ

### © Милосердов В.В., Щепакина Е.А.

e-mail: slavmiloserdov@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Работа посвящена математическому приему, позволяющему эффективно и достаточно просто моделировать различные колебания для некоторого класса трехмерных сингулярно возмущенных систем. Характерной особенностью рассматриваемых систем является наличие точного медленного инвариантного многообразия со сменой устойчивости [1]. Такие системы характерны для широкого круга математических моделей популяционной динамики [2, 3]. Наличие точного медленного инвариантного многообразия позволяет формировать колебания трехмерной системы посредством выбора формы траекторий двух ее двухмерных проекций.

Особое внимание в работе уделено колебательным процессам, траектории которых являются траекториями-утками [4]. Следует отметить, что по сравнению с традиционными методами, этот подход кажется более простым.

Напомним, что термин «траектория-утка» первоначально был дан французскими математиками промежуточным периодическим траекториям (между малым, только что возникшим, и релаксационным циклами) уравнения Ван-дер-Поля благодаря их особой форме. Позднее этот объект был изучен для других типов сингулярно возмущенных систем, в том числе систем более высоких размерностей [5].

Согласно геометрической теории сингулярных возмущений траекторию-утку можно рассматривать как результат склеивания устойчивых и неустойчивых медленных инвариантных многообразий в одной точке поверхности срыва [1, 5]. Это возможно из-за наличия дополнительного скалярного параметра в дифференциальной системе. Если устойчивые и неустойчивые медленные инвариантные многообразия склеены во всех точках поверхности срыва одновременно, то в результате возникает непрерывное медленное инвариантное многообразие со сменой устойчивости. Во многих случаях такие поверхности целиком состоят из траекторий-уток.

Для демонстрации предлагаемого подхода, рассматривается модель конкуренции динамики популяций. Эта модель интересна еще и тем, что в ней помимо точного медленного инвариантного многообразия со сменой устойчивости, существует возможность построения второго такого многообразия. Это обстоятельство позволяет получить широкий спектр колебаний.

- 1. Щепакина, Е. А. Интегральные поверхности со сменой устойчивости и траекторииутки [Текст]/ Е. А. Щепакина, В. А. Соболев. Известия РАЕН. Математика. Математическое моделирование. Информатика и управление. −1997. −Т. 1, № 3. − С. 151–175.
- 2. Ризниченко,  $\Gamma$ . Ю. Лекции по математическим моделям в биологии [Текст]/  $\Gamma$ .Ю. Ризниченко. М.: Изд-во РХД, 2011.-560 с.
- 3. Базыкин, А. Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций [Текст]/ А. Д. Базыкин. Москва Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 368 с.
- 4. Мищенко, Е.Ф. Периодические движения и бифуркационные процессы в сингулярно возмущенных системах [Текст]/ Мищенко Е.Ф., Колесов Ю.С., Колесов А.Ю., Розов Н.Х. М.: Физматлит, 1995. 336 с.
- 5. Соболев, В. А. Редукция моделей и критические явления в макрокинетике [Текст]/ В. А. Соболев, Е.А. Щепакина. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 320 с.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В МОДЕЛИ АВТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

# © Осипчук М.А., Щепакина Е.А.

e-mail: osipchuk.mariya@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королёва, г.Самара, Российская Федерация

В представленной работе исследуется нелинейная динамическая модель химической реакции типа реакции Белоусова — Жаботинского [1]. Реакция Белоусова-Жаботинского демонстрирует большое разнообразие режимов: от простых периодических колебаний до различных видов хаоса [2]. Эта реакция представляет собой процесс окисления малоновой или броммалоновой кислоты ионами металлов переменной валентности. Исследуемая модель описывает динамику трехмерного автокаталатора. Под автокаталатором понимают реакционный сосуд, в котором протекает автокаталитическая реакция типа Белоусова-Жаботинского. В безразмерном виде динамическая модель имеет вид [3]:

$$\frac{dx}{d\tau} = \mu \left(\frac{5}{2} + y\right) - xz^2 - x, \frac{dy}{d\tau} = z - y, \varepsilon \frac{dz}{d\tau} = xz^2 + x - z,$$

где x, y, z- безразмерные концентрации трех реагентов,  $\tau$ - безразмерное время,  $\varepsilon$  – малый положительный параметр, отражающий соответствующую структуру временных масштабов химических процессов,  $\mu$  – скалярный положительный параметр, отражающий соотношение между скоростями химической реакции.

В работе исследована динамика решений в зависимости от значения бифуркационного параметра  $\mu$ . Исследование проводится с помощью метода интегральных многообразий сингулярно возмущенных систем. На основе анализа нулевого приближения медленного интегрального (инвариантного) многообразия установлено существование трех основных сценариев динамики решений дифференциальной системы — сценарий химической реакции с медленной динамикой, сценарий реакции с быстрой динамикой и сценарий критической динамики. Установлена связь между динамикой реакции и положением особой точки на медленной поверхности (нулевом приближении медленного инвариантного многообразия) дифференциальной системы.

Получено асимптотическое представление траектории-утки [3, 4] системы, соответствующее критическому параметру  $\mu$ . Данная траектория моделирует критический режим, разделяющий области химической реакции с медленной и быстрой динамикой.

- 1. Жаботинский, А. М. Концентрационные автоколебания [Текст]/ А. М. Жаботинский.— М.: Наука, 1974.-179 с.
- 2. Жаботинский, А. М. Колебания и бегущие волны в химических системах: Пер. с англ. [Текст]/ А. М. Жаботинский, Х. Огмер, Р. Филд и др.; под ред. Р. Филда и М. Бургер. М.: Мир, 1988. 720 с.
- 3. Соболев, В. А. Редукция моделей и критические явления в макрокинетике [Текст]/ В. А. Соболев, Е.А. Щепакина. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 320 с.
- 4. Щепакина, Е. А. Интегральные поверхности со сменой устойчивости и траекторииутки [Текст]/ Е. А. Щепакина, В. А. Соболев. Известия РАЕН. Математика. Математическое моделирование. Информатика и управление. −1997. −Т. 1, № 3. − С. 151−175.

# МЕТОД ИНВАРИАНТНЫХ МНОГООБРАЗИЙ В МОДЕЛИ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ

# © Рифферт Н.Г., Щепакина Е.А.

e-mail: riffert.nadya@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Представленная работа посвящена исследованию модели, описывающая взаимодействие трех популяций «хищник – две жертвы» с учетом так называемого «механизма переключения» популяции хищника с одного вида добычи на другой вид [1]. Данная модель описывается следующей системой уравнений [2]:

$$\begin{split} \frac{dp_1}{dt} &= \acute{p}_1 = g_1 \left( p_{1,} p_{2,} z, q \right) = r_1 p_1 - q p_1 z, \\ \frac{dp_2}{dt} &= \acute{p}_2 = g_2 \left( p_{1,} p_{2,} z, q \right) = r_2 p_2 - (1 - q) p_2 z, \\ \frac{dz}{dt} &= \acute{z} = g_3 \left( p_{1,} p_{2,} z, q \right) = e q p_1 z + e (1 - q) q_2 p_2 z - m z, \\ \varepsilon \frac{dq}{dt} &= \acute{q} = f \left( p_{1,} p_{2,} q \right) = q (1 - q) Ve(p_1 - q_2 p_2). \end{split}$$

Здесь  $p_1$ и $p_2$  — численности популяции первого и второго вида жертв, соответственно; z — численность популяции хищника, питающегося двумя видами жертв  $p_1$ и  $p_2$ ;  $r_1$ и  $r_2$  — скорости размножения популяций первого и второго вида жертв в отсутствии хищника, соответственно; m — естественная смертность хищника; e — коэффициент переработки потребленной хищником биомассы жертвы в собственную биомассу; q — величина, характеризующая желание хищника поглотить жертву, его аппетит;  $q_2$  — параметр, который представляет степень предпочтения хищником добычи  $p_2$ ,  $q_2 \epsilon [0; 1]$ ;  $\epsilon$  — малый положительный параметр; V — безразмерная константа, часть аддитивного члена генетической дисперсии.

Так называемый «механизм переключения» хищника с одного вида добычи на другой вид описывается четвертым уравнением моделирующей системы. Предполагается, что скорость «переключения» хищника с одного вида добычи на другой значительно больше, чем скорость изменения численности популяций. Об этом свидетельствует наличие малого положительного параметра  $\varepsilon$ , стоящего при производной q. Таким образом, моделирующая система является сингулярно возмущенной, поэтому для её исследования были применены методы геометрической теории сингулярных возмущений [3].

Было исследовано нулевое приближение медленного инвариантного многообразия системы, так называемой медленной поверхности. Установлено, что медленная поверхность состоит из трех листов, которые одновременно являются точными инвариантными многообразиями системы. Исследована динамика решений на этих точных многообразий системы. Показано, что система имеет двухпараметрическое семейство периодических решений для достаточно большого разделения временных рамок между эволюционной и экологической динамикой. Для обоснования этого факта применяется техника траекторий-уток — одномерных инвариантных многообразий со сменой устойчивости [3-5]. Построена траектория-утка и найдено соответствующее

значение бифуркационного параметра в виде асимптотических разложений по целым степеням малого параметра. Результаты численного эксперимента хорошо согласуются с результатами качественного исследования.

- 1. Ризниченко,  $\Gamma$ . Ю. Лекции по математическим моделям в биологии [Текст]/  $\Gamma$ . Ю. Ризниченко. М.: Изд-во РХД, 2011. 560 с.
- 2. Piltzy, S. H. A predator 2 prey fast-slow dynamical system for rapid predator evolution [Text]/ S. H. Piltzy, F. Veermanz, P. K. Maini, M. A. Porter. SIAM J. Applied Dynamical Systems 2017. Vol. 16, No. 1. P. 54-90.
- 3. Соболев, В. А. Редукция моделей и критические явления в макрокинетике [Текст]/ В. А. Соболев, Е.А. Щепакина. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 320 с.
- 4. Щепакина, Е. А. Интегральные поверхности со сменой устойчивости и траекторииутки [Текст]/ Е. А. Щепакина, В. А. Соболев. Известия РАЕН. Математика. Математическое моделирование. Информатика и управление. −1997. −Т. 1, № 3. − С. 151–175.
- 5. Щепакина, Е. А. Интегральные многообразия со сменой устойчивости: учеб. пособие [Текст]/ Е. А. Щепакина, Е. В. Щетинина; под редакцией В. А. Соболева. Самара: Изд-во «Универс групп», 2009. 228 с.

# ПОНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ МОДЕЛИ МАНИПУЛЯТОРА С УПРУГИМИ СОЧЛЕНЕНИЯМИ

#### © Симдянов А.А., Воропаева Н.В.

e-mail: simdyanov.aleksey@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Исследуется математическая модель n-звенного робота-манипулятора с гибкими сочленениями, которые моделируются пружинами кручения. Динамика манипулятора описывается системой дифференциальных уравнений порядка 4n [1]

$$D(q_1)\dot{q}_1 + c(q_1, \dot{q}_1)K(q_1 - q_2) + B(\dot{q}_1 - \dot{q}_2) = 0,$$

$$I\dot{q}_2 - K(q_1 - q_2) - B(\dot{q}_1 - \dot{q}_2) = u,$$
(1)

где  $q_1 \in R^n$ и $q_2 \in R^n$  —углы поворота звеньев манипулятора и роторов приводов, соответственно;  $D(q_1)$  — матрицаинерциизвеньев; J —диагональная матрица инерции роторов; вектор  $c(q_1, q_1)$  определяется кориолисовой, центробежной и гравитационной составляющими;  $K = k \cdot diag(K_1, ..., K_n)$  —диагональная матрица жесткости связей; B —диагональная матрица демпфирования. В качестве управляющих воздействий выступают крутящие моменты. Предполагается, что коэффициенты жесткости пружин являются достаточно большими, а коэффициенты вязкого трения — малыми. Учитывая это, можно ввести малый параметр  $\mu = 1/k$ и новые переменные  $q = q_1$ ,  $z = k(q_1 - q_2)$ и переписать систему (1) в виде

$$\dot{q} = a_1(q, \dot{q}) + A_1(q)z + \mu A_3(q)\dot{z}, 
\mu \dot{z} = a_2(q, \dot{q}) + A_2(q)z + \mu A_4(q)\dot{z} + M_2u. \tag{2}$$

Система (2) является квазиосциллирующей сингулярно возмущенной системой дифференциальных уравнений. Особенностью рассматриваемого класса систем является то, что для них не выполняются условия классической теоремы А.Н. Тихонова, что делает невозможным применение традиционных асимптотических методов анализа. В связи с этим актуальной становится задача разделения быстрых и медленных движений в рассматриваемой системе.

Для решения данной задачи предлагается использовать метод интегральных многообразий [2]. Для системы (2) установлено существование интегрального многообразия медленных движений. Интегральное многообразие может быть построено с любой степенью точности в виде асимптотического разложения по степеням малого параметра. Медленная подсистема, описывающая движение на интегральном многообразии имеет размерность вдвое меньше чем исходная, не содержит малого параметра при производных и с достаточно достоверно описывает поведение исходной системы. Этот факт позволяет рассматривать медленную подсистему в качестве упрощенной модели исходной системы. В качестве примера рассмотрена задача управления однозвенным манипулятором с целью отслеживания звеном манипулятора заданной траектории.

- 1. Spong, M.W. Modeling and control of elastic joint robots [Text] / M.W. Spong. Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control. 1987. No. 109. P. 310-319.
- 2. Воропаева, Н.В. Геометрическая декомпозиция сингулярно возмущенных систем [Текст] / Н.В. Воропаева, В.А. Соболев. –М.: Физматлит, 2009. –256 с.

#### ЛЕМНИСКАТА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

© Такуова Т.Ю., Тлеккали С.А., Любимов В.В.

e-mail: filissi albert@iCloud.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Известно, что в древней Греции «лемнискатой» назывался бант, которым прикреплялся венок к голове победителя спортивных игр. Уравнение лемнискаты впервые было опубликовало Якобом Бернулли в статье под названием «Curvatura Laminae Elasticae» в 1694 году. Якоб Бернулли назвал эту данную кривую lemniscus. Ему не было известно, что четырнадцатью годами ранее Джованни Кассини уже исследовал более общий случай этой кривой. Представление лемнискаты в виде квадратуры впервые была получено Джюлио-Карло Фаньяно в 1718 году в статье «Меtodo per misurare la lemniscata». Таким образом, было положено начало изучению эллиптических интегралов, которое в дальнейшем развил в своих трудах величий математик Леонард Эйлер. Отдельные свойства лемнискаты были исследованы Якобом Штейнером в первой половине XIX века.

Лемниската Бернулли — это плоская кривая, имеющая две оси симметрии. Согласно определению, лемниската Бернулли представляет собой геометрическое место точек, произведение расстояний от которых до двух заданных точек (называемых фокусами) неизменно и равно квадрату половины расстояния между фокусами. Форма лемнискаты Бернулли напоминает символ бесконечности. Центральная точка симметрии этой кривой, где она пересекающая саму себя, называется узловой точкой. Следует отметить, что лемнискату Бернулли описывает окружность известного радиуса. При этом инверсия относительно этой окружности с центром в узловой точке, позволяет перевести лемнискату Бернулли в гиперболу. Кроме того, при разных величинах коэффициента k при полярном угле ф Лемниската принимает различные формы: с двумя лепестками, с тремя лепестками, и т.д.

Существуют и другие виды замечательных кривых, например: Лемниската Бута — это плоская алгебраическая кривая четвёртого порядка, частный случай кривой Персея, названа в честь Джеймса Бута; Лемниската Жероно, или лемниската Гюйгенса — это плоская кривая, получила свое название в честь французского математика Камиля-Кристофа Жероно, описавшего её свойства в своем учебнике по геометрии в 1854 г., которая является уникурсальной кривой; Овал Кассини — это кривая, являющаяся геометрическим местом точек, произведение расстояний от которых до двух заданных фокусов неизменно и равно квадрату некоторого числа а. Частным случаем овала Кассини при фокусном расстоянии, равном 2а, является лемниската Бернулли. Автором данного овала является астрономом Джованни Кассини. Кроме того, окружность также является лемнискатой с одни фокусом.

Целью в данной работе является изучение замечательной кривой – лемнискаты. Выполняется построение лемнискат различных видов и форм. Кроме того, анализируются некоторые интересные свойства данных кривых. В работе также рассматриваются примеры использования лемнискат в науке, технике и искусстве. В процессе построения лемнискат различных видов применяются сплайны NURBS.

# Библиографический список

- 1. Математическая энциклопедия (в 5-и томах). М.: Советская Энциклопедия, 1982.
- 2. Маркушевич А. И. Замечательные кривые ilib.mirror1.mccme.ru/plm/ann/a04.htm. Популярные лекции по математике ilib.mccme.ru/plm/. М.: Гостехиздат, 1952. С. 23-25.
- 3. Савелов А. А. Плоские кривые / Под. ред. А. П. Нордена. М.: ФИЗМАТГИЗ, 1960. С. 155-162.

Lockwood E. H. A book of curves. – Cambridge: Cambridge university press, 1961. – P. 110-117.

# ИССЛЕДОВАНИЕ СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭПИДЕМИОЛОГИИ

#### © Тельнова К.С., Щепакина Е.А.

e-mail: telnova.ksjukha2010@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В данной работе была исследована динамическая модель эпидемии туберкулёза [1, 2]. Одним из наиболее эффективных методов решения таких задач является построение и исследование математической модели, описывающей процессы распространения инфекции в популяции, развития заболевания и воздействие противотуберкулезных мероприятий, на основании которых разрабатываются эффективные методы борьбы. Так как в исходной математической модели нет четкого разделения на быстрые и медленные переменные, то она была приведена к безразмерному виду [3]:

$$\frac{dx_1}{d\tau} = B(1 - x_1) + (1 - m)y_1 - n\frac{x_1x_2}{x_1 + x_2},$$

$$\frac{dx_2}{d\tau} = (1 - m)y_2 - (1 + B)x_2 - n\frac{x_2^2}{x_1 + x_2},$$

$$\varepsilon \frac{dy_1}{d\tau} = -y_1 + n\frac{x_1x_2}{x_1 + x_2},$$

$$\varepsilon \frac{dy_2}{d\tau} = my_1 - (1 - m)y_2 + n\frac{x_2^2}{x_1 + x_2},$$

$$\varepsilon \frac{dy_3}{d\tau} = x_2 - (1 - m)y_3,$$

где  $x_1$  соответствует популяции чувствительных лиц, не принадлежащих к кластеру,  $x_2$  популяции латентно инфицированных лиц, не принадлежащих к кластеру,  $y_1$  отражает популяцию восприимчивых людей в кластере,  $y_2$  – популяцию латентно инфицированных, а  $y_3$  – популяцию инфицированных лиц, принадлежащих к кластеру,  $\tau$  – безразмерное время.

В данной работе исследование проводится с помощью методов качественной и численной теории сингулярных возмущений [4]. С помощью метода интегральных многообразий была обоснована редукция исходной модели, в результате которой вместо исходной системы из пяти дифференциальных уравнений была получена система из двух уравнений. В силу устойчивости медленного интегрального многообразия редукция была осуществлена корректно. Были определены условия, при которых в системе есть глобальная асимптотическая устойчивость положения равновесия.

- 1. Song, B. Tuberculosis models with fast and slow dynamics: the role of close and casual contacts [Text]/ Baojun Song, Carlos Castillo-Chavez, Juan Pablo Aparicio. Mathematical Biosciences. 2002.– Vol. 180. P. 187–205.
- 2. Castillo-Chavez, C. Dynamical models of tuberculosis and their applications[Text]/ Carlos Castillo-Chavez, Baojun Song. Mathematical Biosciences. 2004. Vol. 1, No. 2. P. 361–404.
- 3. Марри, Д. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. Лекции о моделях [Текст]/ Д. Марри. М.: Мир, 1980. 368 с.
- 4. Соболев, В. А. Редукция моделей и критические явления в макрокинетике [Текст]/ В. А. Соболев, Е.А. Щепакина. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 320 с.

# АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ БЕЛОГО ШУМА В СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

#### © Фирстова Н.М., Щепакина Е.А.

e-mail: shchepakpna@yahoo.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Анализ изменений в поведении динамических систем под воздействием случайных возмущений представляет большой интерес для исследователей в различных областях естествознания. Стохастические модели применяются для исследования различных физических, химических, биологических процессов, для которых характерно наличие случайных отклонений (всевозможные погрешности, шумы, нестабильность влияющих на процесс факторов). Стохастические флуктуации часто вызывают неожиданный результат в работе электронных генераторов и лазеров, приводят к смене динамических режимов функционирования химических и биологических систем.

В данной работе исследуется модифицированная динамическая модель химической кинетики [1] с точки зрения учета влияния флуктуаций среды на протекание химической реакции, которая описывается сингулярно возмущенными системами обыкновенных дифференциальных уравнений. Так как эти флуктуации носят случайных характер, то их учет в рамках предполагаемой модификации должен приводить к тому, что новая модель будет считаться стохастической. Естественно, что такое возмущение нужно вводить посредством аддитивной добавки в параметры стационарного процесса.

Вообще говоря, сингулярно возмущенные дифференциальные уравнения используются для моделирования процессов различной природы, например, в моделях химической кинетики наличие малого параметра связано с тем, что в химической системе одновременно происходят резко отличающиеся по скорости процессы.

Обычное предположение теории сингулярных возмущений основано на том, что основной функциональный определитель быстрой подсистемы отличен от нуля. Однако во многих прикладных задачах, в частности в моделях химических систем, это условие нарушается, и возникают критические ситуации. Нарушение этого условия может привести к возникновению эффекта затягивания потери устойчивости. Один из сценариев затягивания потери устойчивости в сингулярно возмущенных системах описывается траекториями-утками.

В работах [2,3] был проведен детальный анализ детерминированной модели с помощью методов теории сингулярных возмущений и численными методами. Было показано, что критический режим моделируется траекторией-уткой и что именно этот режим играет роль своеобразного водораздела между двумя основными типами режимов протекания реакции: устойчивым циклом и релаксационными колебаниями [4,5,6,7].

Для исследуемой в работе стохастической модели выполнен анализ индуцированных шумом переходов. Исследовано воздействие внешних возмущений на предельный цикл [8]. Найдена чувствительность цикла к шуму [9]. Показана зависимость порогового значения интенсивности шума от управляющего параметра

системы [10]. Получено значение критической интенсивности шума, при которой колебания малой амплитуды преобразуются в колебания смешанного типа [11]. Найдено критическое значение шума, отвечающее переходу от траектории—утки к релаксационным колебаниям в модели [12]. Показано, что увеличение интенсивности случайных возмущений может привести к значительным изменениям режимов в модели вплоть до их разрушения.

### Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Самарской области в рамках научного проекта No 16-41-630529 р\_a и Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках программы повышения конкурентоспособности Самарского университета (2013-2020).

- 1. Koper, M.T.M. Instabilities and oscillations in simple models of electrocatalytic surface reactions. [Text]/ M.T.M. Koper, J.H. Sluyters. Journal of Electroanalytical Chemistry. − 1994. − №371(1), − PP. 149-159.
- 2. Фирстова Н.М. Исследование критических явлений в модели электрохимического реактора [Текст]/ Н.М. Фирстова. Вестник Самарского государственного университета. -2013. Т. 110(9/2). С.221-226.
- 3. Firstova, N.M. Study of oscillatory processes in the one model of electrochemical reactor [Text]/ E.A. Schepakina, N.M. Firstova. CEUR Workshop Proceedings. 2016. Vol. 1638, PP. 731-741. DOI: 10.18287/1613-0073-2016-1638-731-741.
- 4. Щепакина, Е.А. Сингулярно возмущенные модели горения в многофазных средах. [Текст]/ Е.А. Щепакина. Сибирский журнал индустриальной математики. 2003. Т. 6, № 4. С. 142-157.
- 5. Щепакина, Е.А. Интегральные поверхности со сменой устойчивости и траекторииутки [Текст]/ Е.А.Щепакина, В.А. Соболев. Известия РАЕН.Математика. Математическое моделирование. Информатика и управление. -1997.-T. 1, N 3. - C. 151-175.
- 6. Щепакина, Е.А. Притягивающе-отталкивающие интегральные поверхности в задачах горения [Текст]/ Е.А. Щепакина. Математическое моделирование. − 2002. − Т. 14, № 3. − С. 30–42.
- 7. Соболев В.А. Редукция моделей и критические явления в макрокинетике. [Текст]/ Е.А. Щепакина, В.А. Соболев. М.: Физматлит, 2010. 319 с.
- 8. Башкирцева И.А. Анализ стохастических аттракторов при бифуркации точка покоя цикл [Текст] / И.А. Башкирцева, Т.В. Перевалова. Автоматика и телемеханика. 2007. № 10. С. 53–69.
- 9. Bashkirtseva I.A. Stochastic sensitivity analysis: theory and numerical algorithms [Text] / I.A. Bashkirtseva. IOP Conf. Series: Mater. Sci. Eng. 2017. Vol.192. 012024.
- 10. Bashkirtseva I.A. Sensitivity analysis of the stochastically and periodically forced Brusselator [Text] / I.A. Bashkirtseva, L.B. Ryashko. Physica A. 2000. Vol.278. P. 126–139.
- 11. Bashkirtseva I.A. Stochastic sensitivity analysis of noise-induced excitement in a preypredator plankton system [Text] / I.A. Bashkirtseva, L.B. Ryashko. Frontiers in Life Science. -2011. Vol. 5. P. 141.
- 12. Berglund N. Hunting french ducks in a noisy environment [Text] / N. Berglund, B. Gentz, C. Kuehn. Journal of Differential Equations. 2012. Vol. 252 (9). P. 4786–4841.

# Секция 9

Информационные технологии и анализ данных

UDK 004.89

#### THE DEVELOPMENT PROSPECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

#### © Aksenova D.A., Agureeva A.V.

e-mail: darinaksena@gmail.com

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

Before we talk about the study of the object, no matter what it represents, it is necessary to give definitions of the object and related parts that will unambiguously designate them and will be sufficient for accurate description of the topic in hand.

The idea of artificial intelligence is not that old and there are many ways to interpret the concept. What does it mean, to have intelligence? It means to have the ability to think, reason rationally, draw conclusions, learn, create something completely new and even make art. But it is inseparable from feeling and receiving information by intuition, empathizing and even dreaming. When a machine becomes "thinking"?

The machine can be made competent in one area, even more competent than a person, for example, in a game of chess or Go, but other fields human mind still rules over.

There are also philosophical questions which doubt the rationality of a person as it is, since, not all of a human's decisions are taken with the accordance to logic – some of them are prone to emotional impulses, others are imposed from outside, others are the result of naive assumptions. Even if a person acts in a way that he or she does not fully recognize, he or she still remains a rational human-being, while the machine is in any case to be considered as the one with the lack of reason.

In this regard, there are different points of view concerning the definition of artificial intelligence and approaches to the development of artificial intelligence and intelligent systems.

In the framework of the current level of the development of AI, the existing division of approaches into the top-down and the bottom-up ways is justified.

The top down approach to the development of AI consists of a plenty of methods aiming at both the achievement of automated intelligence and understanding the biological aspects of the human brain. If we understand the operation of this internal structure, we will be able to create a system that works in a similar way and obtains the similar results. A great role in this approach is played by neural networks and neurocomputers.

The bottom up approach is quite different in a certain respect with the consumption that the human brain looks like a "black box" which inner construction is obscure. But we do have input and output data so we can say what the result will be and, therefore, model a workable system [1].

Such systems are based on the principles of symbolic, logical, agent-based, hybrid approach and others. By creating expert systems in this way, humanity has achieved the certain results.

The creation of AI and IS, like any designing, has generated a number of associated "side effects", what were not always expected, but now their influence cannot be underestimated.

Bias. The recent research of the work of AI has shown the bias of its decisions. Intellectual systems based on human speech in order to understand and produce it use historical and cultural associations, some of which can be objectionable. But IS bias today create problems, for example, regarding the interrogation of racial and gender differences of

people with résumé screening and in the future they will only increase and block the introduction of IS into processes for which they were created [2].

Neuroevolution, has led to networks that can drive a car or even compose music. They work by simplifying the original problem, splitting it into easily solvable, by solving which we get the result, without performing lots of computation in one step. The algorithm uses "gradient descent", improves the solution and reducing the number of errors and discarding options that lead to unwanted consequences, and giving preference to the most beneficial. The advantage of the method is that we consider many options, which turns out to be more efficient, and train the neural network while decision making, forcing the system to evolve [3].

AI is used for researching of psycho-emotional processes by simulation of chemical reactions and important role of neurotransmitters that affect emotions, mood and decision-making process, which make machine more like human in case of mental diseases [4].

As for emotional intelligence, humanity is not on the first place. Often people are not able to control their emotions and feelings, starting pointless fights for example. Emotions and feelings are organic algorithms that can be programmed and used against humanity. What is difficult to control by a person can easily be programmed and used against him. By programming such processes, we are approaching the possibility of programming a person, turning him into an organic robot [5].

To sum it up, we can say that the technology of artificial intelligence is the future. It has advantages and disadvantages, it should be treated carefully and used for the prosperity of humanity.

#### References

- 1. Medium [Электронный ресурс] // [Б.м.], 2019. URL: https://medium.com/@jarrian.mclean/top-down-vs-bottom-up-design-c5e82d48f37 (дата обращения: 22.03.2019).
- 2. Caliskan, A. Semantics derived automatically from language corpora contain human-like biases [Text] / A. Caliskan1, J. J. Bryson, A.Narayanan // Science. 2017. Vol. 356. P. 183-186. DOI: 10.1126. URL: https://www.sciencemag.org/news/2018/01/artificial-intelligence-can-evolve-solve-problems (датаобращения: 22.03.2019).
- 3. Science [Электронный ресурс] // [Б.м.], 2019. URL: https://www.sciencemag.org/news/2018/01/artificial-intelligence-can-evolve-solve-problems (дата обращения: 22.03.2019).
- 4. Science [Электронный ресурс] // [Б.м.], 2019. URL: https://www.sciencemag.org/news/2018/04/could-artificial-intelligence-get-depressed-and-have-hallucinations (дата обращения: 22.03.2019).
- 5. Medium [Электронный ресурс] // [Б.м.], 2019. URL: https://machinelearnings.co/therise-of-emotionally-intelligent-ai-fb9a814a630e (дата обращения: 22.03.2019).

УДК 811.111+004

#### VARIETY OF NEURAL NETWORKS

© Belko A., Sergeeva G.V.

e-mail: alinabelko@gmail.com

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

Even though many people consider that neural networks are an emerging technology, its mathematical model was developed in 1943, but back then they were too computationally expensive. With modern technologies new researches on neural networks are developed every month, and in spite the fact that it is impossible to cover all of them in this essay, I would like to review some notable models.

Generative adversarial networks are one of the most widely used nowadays. Its operation principle is based on using of two competetive neural networks. For instance in Prisma generative part is modifying given image, so that it looks like a paint of a certain artist, and a discriminative network is trying to distinguish generated picture from original paints. Projects using that type of network can generate non-existing images of faces or cats ("This person does not exist", "This cat does not exist"), enhance resolution of pictures (Fig. 1) (ESRGAN), generate flowers on its text description (StackGAN) and create landscapes from simple sketches (GauGAN).



Fig. 1. Examples of results of GANs

Convolutional neural networks are commonly used to classify images, their distinguishing feature is a use of convolution layers. It is almost impossible to classify image depending on values of certain pixels so what convolution layer do is move window with values for the shape we are looking for and it multiplies values of convolution with values of pixels, where the black color is one and white is zero, and sends summary of that values to the next convolutional level. For example if we want to classify whether this image contains doughnut or not we would use convolution layer with ones on edges and zero in center, so that if we find round shape it would give next layer high value, which means that there is a high probability that that part of picture contains doughnut. Next level produces one more convolution, but because all the values are fitted by algorithm it is not always clear how exactly it chooses features to recognize picture (Fig. 2, 3).

Long short-term memory network can use context of event unlike other networks, which reacts only on event itself. It can predict stock prices depending on previous values and seasonal changes, or predict weather based on past. One of the most remarkable use of that network is analyzing natural language, it can spell-check text depending on context, plausibly imitate human speech (Alice, Siri) and even answer questions about plot of the book it read.

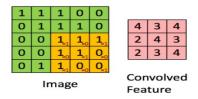


Fig. 2. Model of convolution layer

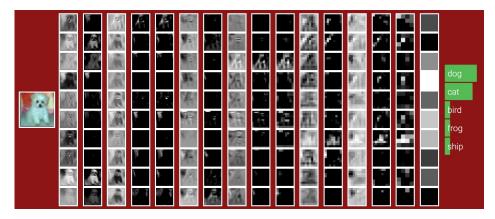


Fig. 3. Example of layers for multiclass classification

In conclusion, in this essay were considered certain types of neural networks to demonstrate the variety of methods using in machine learning.

#### References

- 1. Andrew Ng. Machine Learning Yearning. Available at: https://www.deeplearning.ai/machine-learning-yearning/ (accessed 15 March 2019)
- 2. CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recognition, lecture notes. Available at: http://cs231n.stanford.edu/ (accessed 16 March 2019)
- 3. Machine learning, lecture notes. Available at: https://www.coursera.org/learn/machine-learning (accessed 10 March 2019)

УДК 811.111+004

#### PROGRAMMING AS A TOOL FOR CREATING USEFUL SOCIAL APPS

© Belyaev P., Agureeva A.

e-mail: pasha9819@gmail.com

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

Now there is a rapid development of the information industry. Many companies including government agencies are moving to electronic document management. They implement the latest technologies and devices which need powerful software and hardware systems.

Now most people between the ages of sixteen and fifty years are actively using a variety of smart devices. The technique allows users to shift routine tasks to the machine and optimize the execution of different processes.

One of the services which facilitate human interaction with state and municipal institutions is Internet-portal "Gosyslygi". This portal allows each person (which is registered on portal) to make an appointment to GAI, to doctor, to multifunctional center and etc.

In addition, one of the innovators in the development and implementation of social-useful applications is IT-company "Yandex». This company has developed a huge variety of services in order to facilitate the process of finding information and optimizing routine operations.

Now "Yandex" is actively developing several services which can be useful to a wide range of users (for example, "Yandex.Taxi"). This software package allows users to optimize the waiting time of customers and drivers downtime. Different algorithms are used to serve this purpose.

One of the most significant social-useful applications of our city is the "Pribyvalka-63» which is designed to predict the arrival of public transports.

Currently, the market of unmanned aerial vehicles (drones) is actively developing. Drones are already used in many industries (for example, in farming sector).

Optimization of business processes is the most advantageous in terms of using social-useful applications. The consequence of this advantage is a significant reduction in the time of production and in the use human resources; this will allow business leaders to reallocate the budget of the organization directing it to increase the efficiency of the enterprise.

In Samara, there are two applications for monitoring public transport – "Pribyvalka" and "Yandex.Transport". They're not informative enough for me. For example, both apps do not track off-route vehicles. Also, these applications do not display the transport correctly which goes on a reduced route or go to the park.

In my opinion, the designated problems should be solved as soon as possible.

In my free time I develop my own server which should embody all the advantages of existing applications and also solve the most urgent problems.

The novelty of my development lies in the greater functionality of the client application and also in the original approach to the issue of forecasting the commuting of vehicles.

To sum it up, now the information sphere is developing at high speed. Software systems are used in almost all possible industries. Programming is one of the main tools of improving the efficiency of your business, the effectiveness of each person.

#### References

1. Как мы распределяем заказы между водителями в Яндекс. Такси / Блог компании Яндекс / Хабр. Available at: https://habr.com/ru/company/yandex/blog/439182 (accessed 5 March 2019).

УДК 004.056

#### **CYBERSECURITY**

#### © Durasov S.V., Mishina Y.E.

e-mail: s.durasov0@gmail.com

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

We live in the age of information technology. And nowadays the most valuable resource is information. As Rothschild said, «The one who owns the information, owns the world». But not all information should be in open access. Therefore, an important question arises how to protect information?

Protecting information depends a lot on the complexity of the password, our attention to the sites that we visit and the programs that we install on our computer. To understand how to protect it, first let's take a look at the main ways of hacking accounts.

The first one and the most popular is – brute force which goes through all possible password combinations and finds the one you need. The success of brutforce work depends entirely on the complexity of the password. The simpler the password, the faster it will be cracked. Another similar method is dictionary attack. Attacks of this type go through the words that most people use as a password. And it makes the attack much faster [1].

Still another one is social engineering and password recovery questions. In general, the method is reduced to the fact that almost any information necessary to access confidential information can be found in the public domain. And I will give only a simple example related to passwords. As you know, on many sites for password recovery it is enough to enter the answer to the control question: which school you studied at, your mother's maiden name, your pet's name, etc. Even if you have not already posted this information in open access on social networks, do you think it's difficult to get such information? Not at all. Either using the same social networks, being familiar with you, or specially met.

To avoid all of this use a complex password consisting of symbols, numbers and special characters. Don't use the same password for all sites. If you have a large number of passwords, you can store them in the special password managers.

The next method, which is also very popular is phishing. The attacker makes a fake page of a popular site, which usually has a similar web address and design. As a result, users enter their login and password. Always check the website address, see that it is certified [2].

And finally, less popular, but no less dangerous – spyware represented by a wide range of programs. Not always, but most often this problem is solved by installing an antivirus [3].

#### References

- 1. Matt Curtin Brute Force. Cracking the Data Encryption Standart. -Copernicus; Softcover reprint of hardcover 1st ed. 2005 edition October 6, 2010. -304 p.
- 2. Christopher Atkins Phishing Attacks: Advanced Attack Techniques. -CreateSpace Independent Publishing Platform; 1 edition January 21, 2018. -160 p.

Gregory D Evans Spyware Reference & Study Guide. -LIGATT Corp.; Study Guide edition March 2005. -364 p.

УДК 811.111+004

#### CLOUD PLATFORMS ARCHITECTURE

#### © Gavrilov V.I., Slobozhanina N.A.

e-mail: gavrilowlad@hotmail.com

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

This study explains one of the most used term in today's computing architecture, especially for future solutions. It is a hot topic for small businesses and huge enterprises.

The basic method for the undertaken research is the descriptive method including the methods of interpretation and generalization. The statistical method of research is also applied in the work.

According to RightScale survey, 96% of respondents use clouds. The State of the Cloud Survey is the largest survey on the use of cloud infrastructure, the survey asked 997 IT professionals across companies, some of them with more than 1000 employees. Gather predicts that by 2020, most companies are expected to have cloud-first or cloud-only policies.

The purpose of this study is to examine main factors behind this change. They include things like lower operating costs, improved time to marker, bettor collaboration, and increased flexibility.

Clouds solutions are complex of different patterns that complements each other to bring benefits from approach. One of the trends in cloud computing is a focus on IaaS (Infrastructure as a Service) and SaaS (System as a Service), according to survey by RightScale. Depends of your needs, there can be different levels that provides you final software as a service or infrastructure to build system on that infrastructure.

As the applications became more and more complexity, it was hard to keep all logic as a single piece of code. Object oriented programming approach provide a pattern to divide code to classes by their meaning, but with growing of information that information system used to handle, there appears necessity of another level of splitting. For example, system handle two types of independent information and user run hard calculation for first type, the whole system will be extremely loaded and users with second type, that has no connection with first type will notice decrease in performance. That's how behave monolith applications and clouds allow us to separate independent modules into separate container to easy maintain their behaviour and their loading.

Generally speaking, cloud-based applications should leverage identity and access management (IAM). Enterprises that develop mature IAM capabilities can reduce their security costs and, more importantly, become significantly more agile at configuring security for cloud-based applications. Indeed, IAM will be a part of more than 50 % of existing applications that migrate to the public cloud and nearly 90% of new applications built on clouds.

Your core objective is to design security into the application and take advantage of the native features of both the cloud and the IAM system you use. However, each application has its own requirements based upon the needs of the business, and security always differs from one enterprise to another.

Conclusions:

Business of all sizes, geographies, and industries are turning to cloud services. Building a cloud application requires that you pay attention to a few new things, but many of the traditional concepts are still important. Understand that approaches such as service orientation should be given priority, even if it means longer initial application development lifecycles and bigger budgets. Even though you'll pay more for application development in the cloud than you did for traditional application development, the investment in services pays huge dividends year in and year out. It's a smart investment. Here are some advantages that worth all that hardship in architecting and implementation of that kind of complex system compare to traditional monolith applications:

- It's a more efficient system
- More secure
- Scalabile.

#### References

- $1. \quad https://www.rightscale.com/blog/cloud-industry-insights/cloud-computing-trends-2018-state-cloud-survey$
- $2. \quad https://www.networkcomputing.com/cloud-infrastructure/guide-cloud-computing-architectures$ 
  - 3. https://www.networkcomputing.com/cloud-infrastructure/complex-cloud-architecture-types

УДК 004.054

# THREE THINGS THAT WILL IMPACT THE FUTURE OF SOFTWARE TESTING

© Shatskaya Y.V., Mishina Y.E.

e-mail: shatskaya.yu@gmail.com

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

As Elon Musk once said, "If you go back a few hundred years, what we take for granted today, would seem like magic-being, able to talk to people over long distances, to transmit images, flying, accessing vast amounts of data like an oracle. These are all things that would have been considered magic a few hundred years ago." [1].

Today we continue to develop new technologies and use them everywhere, including software testing. Already now the field of test automation is well paid, and to stay afloat we have to know new directions of software testing.

In the past few decades, software testing has evolved. Previously, there were only a few tools used in software testing, but now we have a set of tools to choose from, from possessive to open source. On a high level, here are three key things that are going to shape the future of software testing.

About five years ago, everyone was talking about "mobile first". Now, the new buzzword is Artificial Intelligence. It is in self-driving cars, home assistants, computer vision, health care, finance, and now in software testing [2].

DevOps is a practice that helps software development teams to better collaborate, thereby ensuring there is constant automation and monitoring throughout the software development lifecycle. It starts from requirements gathering and extends all the way to production release and monitoring. This increased culture of collaboration starts having positive effects in team morale, and the whole team starting working together as one unit.

There are now robots that do testing. Some people may think that robot testing is scary in terms of job security, but the human mind can never be replaced. There would still be the need for humans to monitor the robots to ensure they are doing what is expected of them and to actually program them to do things.

In summary, advancements in technology have already started influencing the way we are doing software testing and to make all this a reality, companies need to adopt lean processes and be much more transparent to prevent being an obstacle for innovation.

#### References

- 1. Cawley C. 13 *Elon Musk Quotes That Will Make You Excited for the Future*. Available at: https://tech.co/news/elon-musk-quotes-excited-future-2017-01. (accessed 14.11.2018)
- 2. Sruthi T. K. *Keys that bright the future of software testing*. Available at: http://logiology.com/softwaretestingblog.html. (accessed 14.11.2018)

УДК007.52

# THE APPLICATION OF ARDUINO HARDWARE PLATFORM IN EVERYDAY LIFE

#### © Vladimirova A.A., Mishina Y.E.

e-mail: Vladimirova.A-A@yandex.ru

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

According to the "Medici effect," a term coined by Frans Johansson, innovation comes from diverse industries, cultures, and disciplines when they all intersect, bringing ideas from one field into another [1]. What might happen if you combine computer science, electronics and everyday life?

One day I found out about Arduino. So, the next question is "What is Arduino?"

Arduino is an open-source electronics platform based on easy-to-use hardware and software [2]. It's intended for anyone making interactive projects. Arduino boards are able to read inputs – light on a sensor, a finger on a button, or a Twitter message – and turn it into an output – activating a motor, turning on an LED, publishing something online. You can tell your board what to do by sending a set of instructions to the microcontroller on the board [3].

To do so you use the Arduino programming language, Arduino Software (IDE) and the hardware that consists of a microcontroller with other electronic components which can be programmed using the software to do almost any task. For that you can use a lot of open source frameworks for which you can find a lot of helpful communities on the Web. [4].

The simplicity of the Arduino language makes it very easy for almost everyone who has an interest in electronics or software design.

Now, we are moving to my project. I decided to make an automatic trash bin. I took a trash bin, a soap dish, a cap of a can, a clip and Arduino board with peripherals (Fig. 1).



Fig. 1. Basic components

After that I connected all components according to the scheme (Fig. 2). The circuit consisted of a motion sensor for motion detection, a servomotor, that helps to open the trash bin lid power supply block for 5v-12 for stand-alone work, an Arduino board for control and a resistor to limit current.

The basic idea is simple: when you bring your hand to the motion sensor the trash bin opens. Actually we need set the time during which the lid will be kept opened. Let it be 5 seconds. After that it will close.

With the help of Arduino IDE I developed the algorithm using C++. After that with the help of USB cable I loaded the program into the board. The results you can see in the Fig. 3.

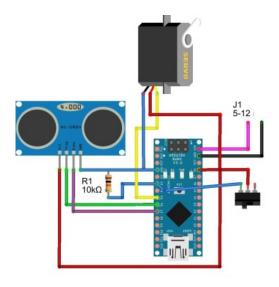


Fig. 2. The scheme



Fig. 3. The automatic trash can

#### References

- 1. JohanssonF., Medici Effect: What You Can Learn from Elephants and Epidemics, Harvard Business School Press, 2006.
  - 2. Blum J., Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry, Wiley, 2013.
  - 3. Bayle J., C Programming for Arduino, Packt Publishing, 2013.
- 4. Igoe T., Making Things Talk: Physical Computing With Sensors, Networks, and Arduino, Paperback, 2011.

УДК 004.8

# УВЕЛИЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПОРОЖДАЮЩИХ СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

#### © Альгашев Г.А.

e-mail: algashev@live.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Одной из задач, которую решают с использованием нейронных сетей является задача увеличения качества изображений. Для решения этой задачи было решено использовать порождающие состязательные сети [1]. Это гибридная концепция, которая объединяет дискриминативную и порождающую модель нейронной сети в единую систему, в которой сети соперничают друг с другом:

- 1) Генератор (порождающая нейронная сеть) модель, которая порождает новые данные, похожие на настоящие примеры;
- 2) Дискриминатор (дискриминативная нейронная сеть) модель, которая отличает порожденные генератором данные от настоящих примеров из обучающей выборки.

Схематически модель нейронной сети показана на рис. 1.

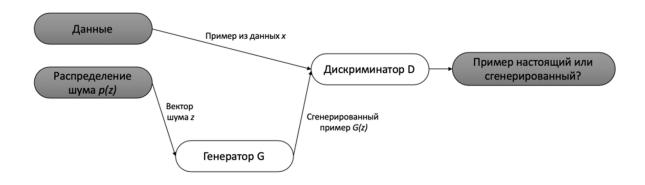


Рис. 1. Схема работы порождающей состязательной сети

Глубокие свёрточные порождающие состязательные сети являются частным случаем обычных порождающих состязательных сетей [2]. Особенность сети заключается в том, что в качестве порождающей и дискриминативной модели выбираются свёрточные нейронные сети.

Выбранные архитектуры дискриминативной и порождающей моделей для обучения представлены на рис. 2. Для обучения порождающей модели на её вход подаётся случайный шум, который затем преобразуется в результирующее изображение. На вход дискриминатора подаются данные из обучающей выборки и данные, созданные генератором.

В качестве данных для обучения было решено взять набор рукописных цифр MNIST [3]. В результате обучения модели нейронных сетей на наборе данных MNIST, порождающая сеть научилась генерировать изображения. Достигнув этого, можно перейти к основной задаче восстановления изображений.

Для увеличения разрешения изображения на вход порождающей модели подаётся не случайный шум, а изображение низкого разрешения, которое необходимо

будет увеличить [4]. Выходом модели будет являться изображение увеличенного разрешения.

Для увеличения разрешения изображения на вход порождающей модели подаётся не случайный шум, как в классическом подходе генерации новых данных, а изображение низкого разрешения, которое необходимо будет увеличить [9]. Выходом модели будет являться изображение увеличенного разрешения. Дискриминативная модель продолжает работать без изменения.

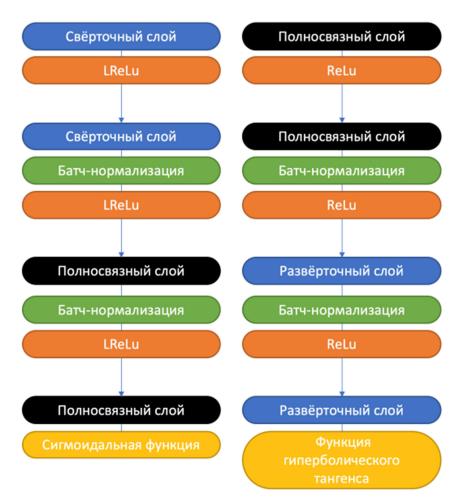


Рис. 2. Архитектура дискриминативной (слева) и порождающей (справа) моделей

Порождающая модель для обработки изображений должна претерпеть изменения. В неё перед развёрточными слоями добавляется пара свёрточных слоёв, отвечающие за то, чтобы первоначальное исходное изображение декомпозировать на признаки, а затем уже благодаря последующим преобразованиям превратить полученные свойства в изображение большего разрешения.

После работы модели были получены результаты (рис. 3), из которых видно, что увеличение разрешения изображений действительно произошло. При этом объекты остались идентифицируемы. Также из результатов можно увидеть, что полученные изображения очень похожи по качеству на оригинальные изображения, из чего можно сделать вывод, что задача увеличения качества изображения была выполнена.

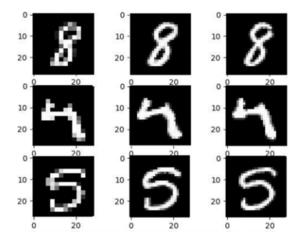


Рис. 3. Визуальное сравнение оригинального изображения (справа), изображения низкого разрешения (слева) и обработанного изображения (центр)

- 1. Generative Adversarial Nets [Электронныйресурс] // Neural Information Processing Systems (NIPS). https://papers.nips.cc/paper/5423-generative-adversarial-nets.pdf (датаобращения: 23.11.2018).
- 2. Unsupervised Representation Learning with Deep Convolutional Generative Adversarial Networks [Электронный ресурс] // arXiv.org. https://arxiv.org/abs/1511.06434 (дата обращения: 27.11.2018).
- 3. The MNIST Databese [Электронный ресурс] // Yann LeCun Blog. http://yann.lecun.com/exdb/mnist// (дата обращения: 05.12.2018).
- 4. Semantically Decomposing the Latent Spaces of Generative Adversarial Networks [Электронный ресурс] // arXiv.org. https://arxiv.org/pdf/1705.07904.pdf (дата обращения: 07.12.2018).

УДК 004.855.5

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ СВЁРТОЧНЫМИ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ

# © Бадрутдинов Р.Р., Солдатова О.П.

e-mail: delightalmighty@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва г. Самара, Российская Федерация

Свёрточная нейронная сеть — архитектура искусственных нейронных сетей, предложенная Яном Лекуном в 1988 году и нацеленная на эффективное распознавание изображений, входит в состав технологий глубокого обучения [1].

Целью данного исследования являлось изучение возможностей свёрточных нейронных сетей на примере LeNet 5 в решении задачи распознавания рукописных символов, разработка библиотеки свёрточных нейронных сетей и сравнение её с существующими аналогами. Реализованная модель обучалась алгоритмом обратного распространения ошибки.

Библиотека реализована на языке Python с помощью интегрированной среды разработки приложений JetBrains Idea 2018.1 под управлением операционной системы Ubuntu Linux 18.04.

С помощью разработанной библиотеки и библиотек Theano и TensorFlow были разработаны программы, реализующие модель свёрточных нейронных сетей LeNet 5; проведено сравнение ключевых показателей разработанных программ при обучении и классификации изображений базы данных MNIST.

Обучение проводилось на наборе MNIST на протяжении 20000 итераций. Скорость обучения во всех трёх случаях устанавливалась равной 0.001, обучающая выборка разбивалась на пачки по 100 штук. Тестирование производилось с использованием одной и той же операционной системы на одном и том же оборудовании.

Точность классификации при использовании написанной библиотеки достигла 94,89%, при использовании TensorFlow: 96,24%; Theano: 92,18%. Время обучения модели при использовании написанной библиотеки составило: 11 минут 35 секунд, тогда как при использовании TensorFlow: 10 минут 34 секунды, при использовании Theano: 19 минут 26 секунд.

- 1. Richard H. R. Hahnloser, Rahul Sarpeshkar, Misha A. Mahowald, Rodney J. Douglas & H. Sebastian Seung. Digital selection and analogue amplification coexist in a cortex-inspired silicon circuit. Nature, 2000, 405, 947–951 (1006).
- 2. DeepLearning 0.1. // LISA Lab. [2008-2018]. Дата обновления: 09.03.2018. URL: http://deeplearning.net/tutorial/contents.html (дата обращения: 10.04.2018).
- 3. A Guide to TF Layers: Building a Convolutional Neural Network // TensorFlow. [2010-2018]. Дата обновления: 28.04.2018. URL: https://www.tensorflow.org/tutorials/layers (дата обращения: 01.05.2018).

УДК 004.896, 004.942

# ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИЙ АКТИВАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ РАДИАЛЬНО-БАЗИСНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

# © Бербасов О.Д., Лёзина И.В.

e-mail: olegoleg.ru@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

При решении задачи прогнозирования люди всё чаще обращаются к нейронным сетям. Одним из их основных достоинств является возможность распознавания сложных зависимостей в предоставляемых им обучающих данных.

Для прогнозирования в автоматизированной системе используется радиальнобазисная нейронная сеть, имеющая п входов, каждый из которых напрямую соединен с одним из нейронов скрытого слоя. Нейроны скрытого слоя реализуют некоторую нелинейную функцию, преобразующую входной сигнал [1]. Такая функция называется функцией активации. В радиально-базисных сетях в качестве функций активации используются функции, радиально изменяющиеся вокруг некоторого выбранного центра и принимающие ненулевые значения только в окрестности этого центра. Эти функции имеют следующий вид (1) [2]:

$$f(x) = \varphi(\|x - c\|) \qquad , \tag{1}$$

где x — вектор входных сигналов нейрона, c —смещение центра функции,  $\varphi(\gamma)$  — убывающая функция (чаще всего, равная нулю вне некоторого отрезка).

Роль функции активации заключается в отображении радиального пространства вокруг заданной точки или группы таких точек [2]. При решении практических задач, выбор конкретной радиально-базисной функции может ускорить процесс обучения или позволит получить более адекватную модель прогнозируемого процесса.

Для реализации в данной автоматизированной системе и дальнейшего тестирования были выбраны следующие радиально-базисные функции (см. таблицу).

Для оценки прогнозирующих способностей сети были выбраны несколько критериев, позволяющих делать выводы об адекватности модели и точности прогнозирования.

Оценка общей адекватности модели производилась исходя из рассчитанных значений коэффициента несовпадения Тейла (2) [3,4]. Коэффициент принимает значения от 0 до 1. При чем, если получен 0, то прогноз считается точным, а если получена единица, то модель считается не адекватной, а прогноз ошибочным.

$$E = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (y_i - d_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} {y_i}^2} + \sqrt{\sum_{i=1}^{n} {d_i}^2}} , \qquad (2)$$

где  $y_i$  — спрогнозированное значение на i-ом шаге,  $d_i$  — реальное значение временного ряда на i-ом шаге, а n — количество полученных прогнозов.

Для сравнения точности прогнозирования для одного временного ряда, при различных параметрах сети (в том числе при различных функциях активации) использовалась средняя абсолютная ошибка (МАЕ) (3) [5], так как она позволяет количественно сравнивать точность прогнозирования.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} |d_i - y_i| \quad , \tag{3}$$

где  $y_i$  — спрогнозированное значение на i-ом шаге,  $d_i$  — реальное значение временного ряда на i-ом шаге, а n — количество полученных прогнозов.

Функция	Название функции	
$K(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-1}{2}u^2}$	Функция Гаусса	
$K(u) = \sqrt{1 + u^2}$	Мультиквадратичная	
$K(u) = \sqrt{1 + u^2}$ $K(u) = \frac{1}{1 + u^2}$	Инверсная квадратичная	
$K(u) = \frac{1}{\sqrt{1+u^2}}$	Инверсная мультиквадратичная	
$K(u) = \frac{70}{81}(1 -  u ^3)^3$	Трикубическая	
$K(u) = \frac{3}{4}(1 - u^2)$	Ядро Епанечникова	
$K(u) = \frac{15}{16}(1 - u^2)^2$	Биквадратное ядро	
$K(u) = \frac{\pi}{4} \cos\left(\frac{\pi}{2}u\right)$	Косинусоидальное ядро	

Таблица. Реализованные функции активации.

Результаты тестирования нейронной сети с различными функциями активации показали, что наименьшая средняя абсолютная ошибка для используемых временных рядов получается при использовании ядра Епанечникова (0,016) и биквадратной ядерной функции (0,019), а наилучшие значения коэффициента Тейла — при использовании биквадратной ядерной (0,14) и инверсной квадратичной функции (0,148).

- 1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс [Текст]/С. Хайкин. М.: ООО "И.Д. Вильямс". 2006. 1104 с.
- 2. Осовский, С. Нейронные сети для обрабѕотки информации [Текст] / Пер. с польского И. Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.: ил.
- 3. Глава 5. Имитационное моделирование. [Электронный ресурс] http://dis.bio.msu.ru/articles/levich teor and exper ecolog/Glava5/Glava5.htm
- 4. Адекватность математического моделирования. [Электронный ресурс] http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Library/Book2/Content999/Content\_z.htm
- 5. Основные оценки точности прогнозирования временных рядов. [Электронный ресурс] http://www.mbureau.ru/blog/osnovnye-ocenki-tochnosti-prognozirovaniya-vremennyh-ryadov

УДК 004.421.6 УДК 004.421.6

# РЕАЛИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА БЛОЧНОЙ СОРТИРОВКИ НА ОСНОВЕ ГРАФА ЗАВИСИМОСТЕЙ ЗАДАЧ

# © Бобылева И.В., Востокин С.В.

e-mail: ikazakova90@gmail.com

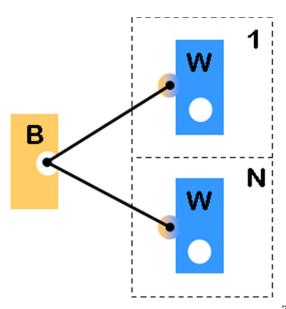
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Современные методы параллельной сортировки актуальны при решении различных научных и прикладных задач. Одним из таких методов является блочная параллельная сортировка, которая заключается в упорядочении входных данных, разделенных на заданное количество блоков.

Целью проведенного исследования являлась разработка и анализ применимости параллельного алгоритма блочной сортировки, использующего вычислительную парадигму портфеля задач для организации параллельных вычислений по графу зависимостей задач сортировки и попарного слияния блоков.

Принцип работы портфеля задач заключается в управлении состоянием параллельных вычислений в архитектуре управляющий-рабочие на основе портфеля задач сортировок и слияний в управляющем процессе. Программа сортировки была реализована с применением акторной модели [1]. Все действия параллельного алгоритма описываются как последовательные процедуры обработки сообщений в акторах. Программа имеет два типа акторов: bag, который реализует алгоритм управления, и worker – это рабочий актор, который выполняет либо сортировку, либо слияние. На рис. 1 приведена схема их взаимодействия.

Вычисления начинают акторы типа worker, отправляя сообщения в управляющий актор bag. Актор bag занимается распределением задач для акторов worker. Когда ему



Puc. 1. Схема взаимодействия акторов bag и worker

поступает сообщение от рабочего актора, то вначале производится проверка, является ли это сообщение первым от данного актора. Если сообщение первое, значит оно не содержит результат предыдущей операции сортировки или слияния блоков, следовательно, с ним ничего делать не нужно. Для всех последующих сообщений выполняется запоминание результата вычисления. содержащегося сообщении, и происходит обновление списка задач в портфеле. Следующим действием задачи из портфеля распределяются по свободным акторам. Если в конце такого распределения оказывается, что ни один актор не обрабатывыполнение программы задачу, то останавливается. Рабочие акторы, получив задачу от управляющего актора bag, выполняют сортировку или слияние заданных блоков и возвращают результат в ответном сообщении.

Таким образом, алгоритм управления на

основе портфеля задач формулируется в терминах очереди задач и в терминах процедур

пополнения этой очереди. В коде программы он реализован двумя функциями и одним объектом: on sort end (функция обновления очереди задач завершению сортировки), ПО задачи on merge end (функция обновления очереди задач ПО завершению задачи слияния) и task queue (объект очереди задач). рассматриваемом алгоритме вычислений необходимо заранее определить граф зависимостей задач (рис. 2, цифрами показано, какие блоки сортируются либо сливаются). В коде программы представлен управляющими граф таблицами, сортировками И слияниями. Разработанный алгоритм генерации графа зависимостей задач является универсальным и подходит для любого количества блоков.

Тестирование алгоритма проводилось с разделением массива в 189000000 целых чисел на блоки равного размера (от 2 до 10 блоков с шагом 1). Наилучший результат тестирования параллельной сортировки относительно

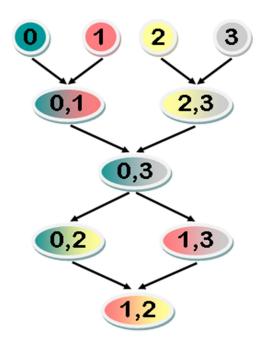


Рис. 2. Граф зависимостей задач

последовательной, производимой на нескольких персональных компьютерах различной производительности, получен с количеством блоков равным количеству логических процессоров. В экспериментах также наблюдалось сокращение времени вычислений при 90% эффективности использования процессора, что подтверждает применимость исследуемого алгоритма. Эффективность использования модели акторов доказана для моделирования распределённой сортировки вставками [2].

- 1. Хьюитт К., Бишоп П., Штайгер Р. Универсальный модульный формализм акторов для искусственного интеллекта // IJCAI. 1973.
- 2. Востокин С.В., Казакова И.В. Реализация потоковых вычислений с использованием формализма акторов для моделирования распределённой сортировки вставками // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2018). 2018. С. 2356-2366.

УДК 004.932.4

# ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВИДЕОМАТЕРИАЛОВ

#### © Болотин Е.В., Сизов П.В.

e-mail: abcxyz@airmail.cc

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

В настоящее время уже существуют классические алгоритмы для увеличения изображений (например, билинейная или бикубическая интерполяция). Однако они не способны в полной мере восполнить ту информацию, которая была потеряна при сжатии или конвертировании изображения из одного формата в другой. Так, например, алгоритм JPEG сильно подвержен потере информации. Всё происходит потому, что JPEG является форматом сжатия с потерями, и при каждом сохранении растёт количество математических усреднений, ошибок. Два сохранения с 90 % сжатием примерно эквивалентны одному с 81 % по количеству артефактов. Точно такая же ситуация сложилась и в отношении видеоматериалов. Для экономии пространства накопителей видеоматериалы подвергаются сжатию с потерями и уменьшению разрешения. Это приводит к появлению и распространению низкокачественного видеоконтента. Кроме того, существует и множество других вариантов улучшения изображений, например, шумоподавление или регулировка цвета и контраста, которые всё равно не позволяют восстановить потерянную информацию. Для спутниковых снимков одним из показателей качества является Ground Sample Distance (GSD), физическое измерение, представляемое одним пикселем на изображении. Для улучшения таких изображений применяют технологию, называемую «суперразрешением».

Технология «суперразрешения» (SR) выполняет задачу улучшения некачественных и сжатых изображений высокого разрешения из более мелких изображений (синтезируется субпиксельная информация небольших изображений для обработки основного изображения) и имеет очень важное значение для применения в областях анализа спутниковых и медицинских изображений[1].

Синтез включают в себя следующие методы:

- интерполяция соседних пикселей в изображении;
- интерполяция близлежащих кадров в видео;
- частотная фильтрация для уменьшения шума.

В рамках данной работы планируется изучить применяемые методы в направлении использования искусственных нейронных сетей.

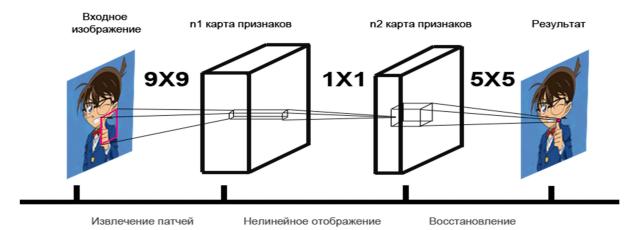
Для выполнения поставленной цели предлагается исследовать модель SRCNN, которая реализуется в следующем алгоритме:

- 1) выполнение интерполяции для увеличения изображения с низким разрешением до необходимого размера;
  - 2) формирование нелинейной карты через трехслойную свёрточную сеть;
  - 3) восстановление изображения с высоким разрешением.

Как правило, для первичного увеличения изображения используется алгоритм бикубической интерполяции.

Обозначим как Y (рис.) входное изображение, которое получено в результате интерполяции, а изображение, с которым будет осуществляться сравнение, как X. В ходе работы необходимо получить изображение F(Y), которое должно быть сравнимо (максимально схоже) по качеству с изображением X. Для этого нужно найти функцию F, выполнив следующие шаги [2]:

- 1) **извлечение патчей** операция позволяет получить участки изображения (патчи), состоящие из нескольких пикселей, из изображения с низким разрешением *У*. Затем необходимо представить каждый такой патч в виде набора карт признаков, размер которых равен размерности вектора;
- 2) **нелинейное отображение** операция позволяет получить нелинейное отображение каждого многомерного вектора на другие векторы. Каждый отображенный вектор (часть многомерного вектора) представляет патч высокого разрешения уже с другим набором карт признаков;
- 3) восстановление на данном шаге воссоздается изображение F(Y), для чего используются отображения высокого разрешения каждого патча, полученные в предыдущем шаге. Ожидается, что в результате полученное изображение будет схожим с исходным изображением X.



Puc. модель SRCNN

Всего данная модель содержит три слоя:

#### 1. Первый слой.

Используется для получения патчей и обозначается формулой:

$$F_1(Y) = \max(0, W_1 * Y + B_1)$$

где  $W_1W_1$  – фильтры,  $B_1B_1$  – веса, \* – операция свёртки.

Фильтры  $W_1 W_1$  можно обозначить через формулу:

$$W_1 = c \times f1 \times f1$$

где c – число каналов изображения Y, fI – пространственный размер фильтра.

Фильтры  $W_{\bf 1}W_{\bf 1}$  осуществляют nl операций свёртки изображения, и каждая свёртка имеет ядро свёртки размера  $c \times {\bf f1} \times {\bf f1} \ c \times {\bf f1} \times {\bf f1}$ . Выходные данные слоя содержат nl карт признаков.

Веса  $B_1B_1$  представляют собой nl-мерный вектор, каждый элемент которого сопоставлен с элементом фильтра  $W_1W_1$ .

В качестве активационной функции первого слоя используется ReLU (Rectified Linear Unit)

$$f(x) = max(0, x)$$

где x — входной сигнал.

#### 2. Второй слой.

Слой производит операцию нелинейного отображения n1-мерных векторов на n2-мерные векторы. Это будет работать только для фильтров с размером 1x1. Описанная операция выражается формулой:

$$F2(Y) = \max(0, W_2 * F_1(Y) + B_2)$$

где параметры  $W_2W_2$  и  $B_2B_2$  аналогичны подобным параметрам для  $F_1F_1$  с той разницей, что теперь фильтры осуществляют n2 операций, а веса представлены n2-мерным вектором. Так же, как и у первого слоя используется ReLU.

#### 3. Третий слой.

Слой осуществляет финальную операцию восстановления изображения. Его можно представить следующей формулой:

$$F(Y) = W_2 * F_2(Y) + B_2$$

где  $W_2W_2$  – это c c фильтров размерностью  $n2 \times f3 \times f3$   $n2 \times f3 \times f3$  ,  $B_2B_2$  – это n2-мерный вектор. Выходными данными этого слоя является изображение высокого разрешения. Для активации данного слоя используется линейная функция:

$$f(x) = x$$

где х – это входной сигнал.

В качестве функции потерь используется среднеквадратическая ошибка MSE (Mean Squared Error):

$$L(\theta) = 1/n \sum_{\downarrow} (i = 1)^{\uparrow} n \equiv |F(Y_{\downarrow}i) - X_{\downarrow}i|^{\uparrow} 2$$

где  $\theta$  — это конфигурация нейронной сети  $W_1, W_2, W_3, B_1, B_2, B_3, W_1, W_2, W_3, B_1, B_2, B_3, n$  — число сэмплов обучающей выборки [2].

Улучшение качества видео подразумевает несколько дополнительных операций по разложению на кадры и обратную сборку видеодорожки. В этом случае количество данных для обработки будет существенно увеличено по сравнению с простой обработкой серии изображений. Это значит, что для улучшения одного видеофайла в разумные сроки необходимо будет использовать графические процессоры для ускорения процесса. Получить кадры из видеодорожки можно, если воспользуемся библиотекой ffmpeg:

где video.raw – исходная видеодорожка, image%08d.bmp – выходной кадр в формате BMP.

Для обучения модели могут использоваться различные наборы изображений. Однако каждое переобучение может как улучшить, так и ухудшить выходное качество для данной модели, поэтому следует обоснованно выбирать наборы данных под каждую задачу.

Ближайшими целями работы являются: программная реализация представленного способа для задачи восстановления разрешения видеоматериалов и определение направлений его развития.

- 1. LearningaDeepConvolutionalNetworkforImageSuper-Resolution [Электронный\_pecypc]. URL: http://personal.ie.cuhk.edu.hk/~ccloy/files/eccv 2014 deepresolution.pdf
- 2. Image Super-Resolution Using Deep Convolutional Networks [Электронный\_pecypc]. URL: https://arxiv.org/pdf/1501.00092.pdf

УДК 004.056.55

#### РЕАЛИЗАЦИЯ РОССИЙСКИХ СТАНДАРТОВ СИММЕТРИЧНОГО ШИФРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОРЕNCL

#### © Борисов А.Н., Мясников Е.В.

e-mail: borisovalexey1996@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Криптографическая защита информации в настоящее время является неотъемлемой частью ІТ-инфраструктуры. Постоянно возрастающие объемы обрабатываемых данных приводят к повышению требований к производительности средств криптографической защиты информации.

Основным средством криптографической защиты информации являются симметричные шифры. В России стандартами симметричного шифрования являются алгоритмы «Кузнечик» и «Магма», определяемые ГОСТ Р 34.12-2015 [1].

«Кузнечик» является алгоритмом блочного шифрования с длиной ключа 256 бит и длиной блока 128 бит. Число раундов алгоритма равно 10. По своей структуре является SP-сетью, в чем схож с алгоритмом AES. Раунд «Кузнечика» состоит из побайтового нелинейного преобразования, линейного преобразования и сложения с раундовым ключом по модулю 2.

«Магма» является блочным шифром, построенным на основе сети Фейстеля с 32 раундами. Длина ключа — 256 бит, длина блока — 64 бита.

Для ускорения шифрования возможно использовать графические процессоры. Архитектура графических процессоров нацелена на массивно параллельные вычисления с использованием сотен и тысяч потоков, поэтому наибольшее ускорение от их использования получают задачи, которые могут предоставить необходимую степень параллельности.

В настоящей работе для написания кода, исполняемого на графическом процессоре, используется фреймворк OpenCL [2]. Код, написанный на OpenCL, может исполняться на любом совместимом устройстве, будь то центральный процессор (ЦП) или графический процессор ( $\Gamma\Pi$ ).

Алгоритм «Магма» переносится на OpenCL без специфических модификаций, в силу своей простоты.

Реализация «Кузнечика» на OpenCL вместо прямого вычисления всех функций использует заранее подготовленные таблицы поиска, получение которых подробно описано в работе [3]. При этом вычисление функции заменяется на ряд чтений из таблицы и операций XOR между полученными значениями, что требует существенно меньшего количества времени. В настоящей работе рассмотрено 2 варианта таблиц — таблица 16х256 и таблица 32х16, размер одного элемента в обоих случаях равен 16 байтам. Первая таблица совмещает одновременно линейное и нелинейное преобразование, что упрощает код и уменьшает число обращений в память. Размеры второй таблицы позволяют размещать ее в выделенном регионе сверхбыстрой памяти, которая имеется в графических процессорах (локальная память, в терминологии OpenCL). Вариант алгоритма с первой таблицей обозначен как «Кузнечик-1», со второй таблицей — «Кузнечик-2».

Для проведения исследования использовалась следующая конфигурация:

- 1. ЦП: Intel Core i7-4510U.
- 2. ΓΠ1: Intel HD Graphics 4400.

- 3. ГП2. NVIDIA GeForce 850M, 4 ГБ DDR3.
- 4. ОЗУ: 12 ГБ DDR3-1600.

Массив раундовых ключей перед началом исполнения копировался в память устройства. Все данные хранились в закрепленном буфере в ОЗУ, без копирования в память устройства. Размер шифруемого блока данных составлял 256МБ. Сам шифруемый блок представлял собой случайную последовательность символов. Результаты исследования представлены в таблице.

Устройство	Скорость шифрования, МБ/с			
	Кузнечик-1	Кузнечик-2	Магма	
i7-4510U	61	198	66	
HD Graphics 4400	354	213	624	
GeForce 850M	2758	1893	7842	

Таблица. Скорость шифрования

Из результатов экспериментов следует, что для центральных процессоров наилучшим вариантом является реализация «Кузнечик-2», поскольку при этом OpenCL-компилятор способен использовать SIMD-регистры. Встроенный графический процессор IntelHDGraphics 4400 оказывается быстрее двухъядерного процессора, что потенциально позволяет его использовать в качестве выделенного устройства для шифрования данных, освобождая тем самым центральный процессор для других задач. Мобильный графический процессор GeForce 850M позволяет развивать скорость более 2 ГБ/с для «Кузнечика» и более 7 ГБ/с для «Магмы», что соответствует пропускной способности современных NVMe интерфейсов, и позволит шифровать большие объемы данных без потерь производительности.

- 1. ГОСТ 34.12 2015. Криптографическая защита информации. Блочные шифры [Текст] Москва: Стандартинформ, 2015. 21 с.
- 2. OpenCLReferencePages [Электронный ресурс] / KhronosGroup. https://www.khronos.org/registry/OpenCL/sdk/1.2/docs/man/xhtml/ (дата обращения: 23.04.2019)
- 3. Ищукова Е.А. Разработка и реализация высокоскоростного шифрования с использованием алгоритма "Кузнечик" [Текст]/ Е.А Ищукова , Р.А. Кошуцкий, Л.К. Бабенко // Журнал Auditorium. 2015. Вып. № 4(8). "Общие и комплексные проблемы технических и прикладных наук и отраслей народного хозяйства".

УДК 535.429

## СИСТЕМА ОБОБЩЕННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ ЛИНЗ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

© Васильев В.С., Скиданов Р.В.

e-mail: vadimka.vasilev.93@mail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

На данный момент существуют различные задачи, связанные с необходимостью уменьшения искажения изображений. Для этого производятся дифракционные оптические элементы, которые позволяют не только создавать заданные распределения амплитуды и фазы пучка, но и изменять данные параметры при падении на оптический элемент определённого изображения. Таким образом, ДОЭ является оптическим элементом, который обладает рядом преимуществ перед классическими линзами. К примеру, невозможно создать сложное комплексное распределение поля с использованием лишь классических рефракционных элементов (линз, зеркал и т.д.). Напротив, ДОЭ справляются очень хорошо с поставленной задачей. Кроме этого, дифракционные оптические элементы обладают гораздо меньшей толщиной по сравнению с обычными линзами, что влияет на присутствие хроматических аберраций [1,2]. Благодаря этому уменьшается поглощение света за счёт уменьшения толщины элемента и появляется возможность создавать составные оптические устройства, которые будут иметь значительно меньший вес. Данный аспект значительно влияет на используемые, в настоящее время, фокусирующие [3-5] и изображающие [6] оптические системы.

В докладе рассматривается задача восстановления изображения с использованием линз, имеющих асферический профиль. В свою очередь, для уменьшения габаритов оптической системы и для получение более чёткого изображения на базовых длинах волн, необходимо сделать асферическую гармоническую линзу. Такая линза называется обобщённо гармонической.

Функция пропускания такой линзы описывается следующей формулой:

$$T_1(r) = \exp(-icr^n), \tag{1}$$

где c — определённый коэффициент, а n — степень, отличная от 2 (в данном случае будет сферическая линза). Оптическая система, состоящая из одной обобщённогармонической линзы, является не фокусирующей, т.е. такая линза не фокусирует плоский волновой фронт, падающий на линзу, в точку. Данная схема представлена на рис. 1.

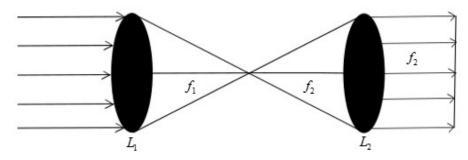


Рис. 1. Оптическая схема, состоящая из 2-х обобщённых гармонических линз

Идея заключается в том, чтобы изменения, вносимые в изображения первой линзой, корректировать специально подобранной линзой на выходе. В качестве оператора распространения используется преобразование Френеля. В соответствии с этим необходимо, чтобы восстановилась изначальная фаза изображения на выходе, после второй линзы. Данного результата можно добиться, если записать линзу, которая имеет следующую функцию пропускания:

$$T_2(r) = \exp[i(2\pi - \arg(E_2(x, y, z)))],$$
 (2)

где  $E_2(x,y,z)$  — амплитуда светового поля, падающего на вторую линзу. Таким образом, получаем оптическую систему, которая состоит из двух обобщённых гармонических линз и полностью восстанавливает исходное изображение благодаря использованию условия полного восстановления начальной фазы.

Для примера рассмотрим систему, которая состоит из обобщённой линзы со степенью n = 2.1.и выходной линзы, которая корректирует искажения, полученные при использовании первой линзы и фазовая функция которой определяется выражением (2).

В качестве тестового изображения, используемого для восстановления, было выбрано полутоновое изображение леса. Ниже показано само изображение (рис. 2a) и восстановленное изображение (рис.  $2\delta$ ).



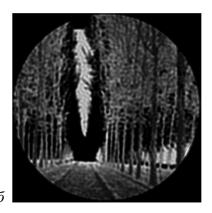


Рис. 2. Результаты построения изображения в системе, состоящей из 2 обобщённых гармонических линз: начально изображение (а) и изображение на выходе системы (б)

Таким образом, была получена оптическая система, благодаря которой имеется возможность получать изображения с наименьшими искажениями.

- 1. AietaF. Multiwavelength achromatic metasurfaces by dispersive phase compensation, Science, 2015, Vol. 347,№6228,c. 1342–1345.
- 2. SwansonG. JBinary optics technology: the theory and design of multi-level diffractive optical elements, Lincoln Laboratory, 1989, 47 c.
- 3. BobrovS.T., GreysukhG.I., TurkevichY.GThe optics of diffraction elements and systems, Machine engineering, 1986, 223 Pp.
- 4. GreysukhG.I., YeshovE.G., StepanovS.A. Comparative analysis of chromaticity diffractive and refractive lenses, Computer optics., 2014, Vol. 38.No 12.Pp. 60–65.
- 5. Kazanskiy N.L.Theformingofimagesbydiffractionmultilevellens, Computer optics, 2014. Vol. 44. No. 11, Pp. 425-434.
- 6. Skidanov, R.V. Theinfluencetechnological mistakes and broadening of radiation line on quality work diffraction optical elements, Optical Journal, 2004. Vol. 71. No. 7. Pp. 62-64.

УДК 004.855.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА НА ТОЧНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ЦИФР

#### © Васин А.С., Лёзина И.В.

e-mail: vofuss@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Одной из распространенных проблем при обучении многослойного персептрона является подбор оптимальных параметров. Это необходимо для того, чтобы не произошло переобучение нейронной сети, которое приводит к снижению точности распознавания. В данной работе будут рассмотрены параметры обучения многослойного персептрона, обученного алгоритмом обратного распространения ошибки.

Многослойный персептрон — многослойная нейронная сеть, состоящая из нейронов, расположенных на разных уровнях. Помимо входного и выходного слоев, имеется еще, как минимум, один внутренний, т.е. скрытый слой [1]. В представленной работе использовалась сеть с одним скрытым слоем.

Алгоритм обратного распространения ошибки — это итеративный градиентный алгоритм, который используется с целью минимизации ошибки работы многослойного персептрона и получения желаемого выхода [2].

Для исследования зависимости точности распознаваниярукописных цифр от различных параметров нейронной сети была разработана автоматизированная система, которая по заданным параметрам создает модель нейронной сети и тестирует ее в автоматическом режиме.

В проведенных экспериментах были исследованы 4 параметра, задающие модель нейронной сети:

- размер обучающей выборки;
- количество эпох обучения;
- количество нейронов в скрытом слое;
- коэффициент обучения.

Для каждого из параметров была проведена серия экспериментов, в которой изменялось значение исследуемого параметра, а значения остальных параметровинициализировались значениями по умолчанию.

Список значений по умолчанию для каждого параметра:

- размер обучающей выборки: 1000;
- количество эпох обучения: 50;
- количество нейронов в скрытом слое: 100;
- коэффициент обучения: 0.3.

Количество тестовых примеров для каждого эксперимента равно 1000.

По результатам проведенных исследований определены оптимальные параметры нейронной сети, при которых процент распознавания находится в диапазоне 75-100%. Наилучшие возможности по распознаванию рукописных цифр нейронная сеть показала при размере обучающей выборки равном 10000, количестве эпох обучения равном 200, количестве нейронов в скрытом слое равном 100 и коэффициенте обучения равному 0.085.

- 1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс [Текст]/С. Хайкин. М.: ООО "И.Д. Вильямс". 2006. 1104 с.
- 2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского [Текст]/С.Осовский. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.

#### РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ПОИСКА МУЗЫКИ ПО СТРАНАМ И ЖАНРАМ

#### © Владимиров В.Д, Красильникова А.В., Тимонин А.Д., Даниленко А.Н.

e-mail: seva.vladimirov@gmail.com, krasilnikova.schura@yandex.ru, timonin.98@mail.ru, danilenko.al@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Музыка является весьма весомым критерием для изучения культуры страны, ее истории. Сегодня существуют каталоги поиска музыки по названию, по ключевым словам, по исполнителям. Для получения более подробной информации необходимо задействовать другие интернет-ресурсы, поэтому написание ресурса, который сможет выдавать информацию моментально, актуально.

Разрабатываемое авторами приложение должно позволять пользователю: искать музыку по десятилетию XX-XXI вв, жанру и стране; выдавать информацию об исполнителе и идее создания альбома.

Пользователю предоставляется выбор десятилетия, жанра и интересующей страны (для визуализации выбор страны будет производиться по карте кликом на название страны). Эти характеристики положены в основу поиска. Также предоставляется возможность любой пункт игнорировать (рис. 1).



Рис. 1. Расположение основных параметров поиска музыки

При задании всех параметров в центре экрана открывается окно исполнителей. Выбранный исполнитель выделяется красным шрифтом (рис. 2). Предыдущее окно закрывается и выдается информация о группе/исполнителе. Есть возможность перехода к предыдущему окну по стрелке (рис. 3). В окне «альбомы» выбираем альбом и кликом на кнопку «Прослушать альбом» открывается окно с треками для прослушивания. Окно можно закрыть, композиция продолжит играть (рис. 4). Или в окне с информацией об исполнителе по клику на «История группы» просмотреть историю группы.



Рис. 2. Окно со списком найденных исполнителей

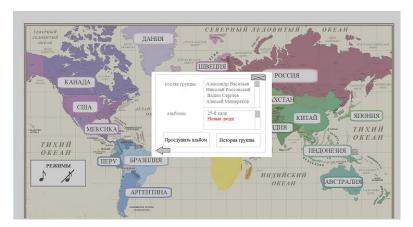


Рис. 3. Окно с информацией об исполнителе

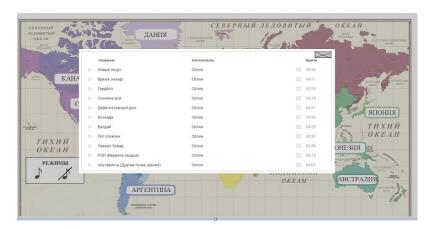


Рис. 4. Окно с треками из альбома

Приложение разработано с использованием фреймворка Django, языка программирования Python 3.0, в текстовом редакторе Atom [1, 2].

Разрабатываемое приложение будет полезно для людей, интересующихся современной разно-континентальной музыкой.

- 1. В.Дронов, Django 2.1. Практика создания веб-сайтов на Python[Text] / В.Дронов. М: ВНV,2016. -672с.
- 2. Д. Форсье, П. Биссекс, У. Чан, Django. Разработка веб-приложений на Python [Text] / В.Дронов. М: Символ-Плюс, 2010. -456с.

#### ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ОБНАРУЖЕНИЯ ЖИВЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗДАНИИ ПРИ ПОЖАРЕ

#### © Владимирова А.А., Куликовских И.М.

e-mail: Vladimirova.A-A@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

По данным Центра пожарной статистики Международной ассоциации пожарноспасательных служб (Center of Fire Statistics of CTIF) [1], Россия занимает лидирующие позиции в мире по числу погибших при пожарах. Только в 2016 году среднее число погибших на 100000 человек в России -6, в то время как для некоторых стран, в которых среднее число возгораний на 1000 человек намного больше, этот показатель находится в районе -1.

Во время пожара огромную ценность представляет человеческая жизнь, поэтому на начальном этапе важно оперативно провести эвакуацию людей из горящего здания. Зачастую у многих наступает паника, обусловленная психоэмоциональным состоянием, а также состоянием среды: высокая степень задымленности, интенсивное изменение теплового потока, уменьшение концентрации кислорода, увеличение концентрации токсичный продуктов горения, в том числе оксида углерода (СО) – газа без цвета, вкуса и запаха. Легко соединяясь с гемоглобином крови (в 250-300 раз активнее, чем кислород), оксид углерода уменьшает способность крови поглощать кислород, вызывая кислородный голод организма [2].

Пожарные не всегда успевают обнаружить людей, нуждающихся в помощи, т. к. в некоторых случаях не знают, где они находятся, особенно когда происходят возгорания большой площади. Решить проблему могут датчики движения, однако многие виды имеют ряд недостатков, например, у одних при повышении температуры, растет погрешность измерения, у других теряется эффективность при задымлении помещения. Комбинируя виды датчиков с учетом их достоинств и недостатков, данная работа нацелена на создание программно-аппаратного комплекса, определяющего наличие живого объекта в помещении при пожаре. Под живым объектом подразумевается объект, обладающий признаками, по которым происходит детектирование движения датчиками, а именно: температура тела и способность к передвижению.

Основная задача аппаратной части проектируемой системы — измерение параметров среды. Для этого подобрана периферия, состоящая из трех типов датчиков — ультразвукового, микроволнового (СВЧ) и инфракрасного (ИК), а также аппаратная платформа на базе Arduino, с помощью которой будет осуществляться предварительная обработка данных.

Задача программной части заключается в оптимизации параметров датчиков и их количества для решении задачи эффективного обнаружения живого объекта в помещении. На данном этапе проводится дизайн эксперимента. Формируется матрица "объект-признак" на основе параметров датчиков и регистрируемых ими значений. На рисунке 1 слева изображены вариации параметров датчиков СВЧ при условии, что они крепятся на сервопривод. Мы можем задать дальность срабатывания датчика, величину сектора обнаружения объекта, угол обзора, частоту вращения сервопривода. Сканирование проводится по горизонтальной плоскости. На рисунке справа мы видим,

расположение датчиков ИК. Здесь возможно регулировать радиус действия датчиков, следовательно, от этого зависит их количество и расположение. Сканирование проводится по вертикальной плоскости.

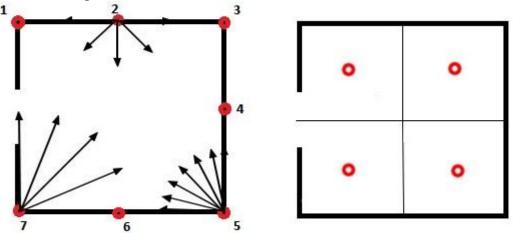


Рис. Варианты расположения и параметров датчиков СВЧ (слева) и ИК (справа)

Сформированная матрица "объект-признак" требуется для обучения модели нейронной сети для решения поставленных задач оптимизации параметров датчиков и их количества для решения задачи эффективного обнаружения живого объекта в помещении.

#### Благодарность

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-37-00219).

- 1. Брушлинский Н.Н., Холл Дж.Р., Соколов С.И., Вагнер П. Мировая пожарная статистика // Центр пожарной статистики СТІГ, 2018, № 23. 62 с.
- 2. Шмидт Р,, Физиология человека 3-е издание. В 3-х томах, Том 2. Перевод с английского канд. мед. наук Н. Н. Алипова, канд. биол. наук О. В. Левашова и канд. биол. наук М. С. Морозовой под редакцией акад. П. Г. Костюка //Р Шмидт,.Г .Тевс, Москва «Мир», 2005. 171 с.

#### РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАБОТЫ С ПАТЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

#### © Галанова Д.С., Даниленко А.Н.

e-mail: dasha952100997@gmail.com, danilenko.al@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Патент — это документ, подтверждающий исключительное право патентообладателя на изобретение, полезную модель, либо на промышленный образец. Он также удостоверяет приоритет и авторство. Патент защищает идеи и изобретения и запрещает их копирование, распространение и продажу без разрешения автора. Он нужен для того, чтобы изобретатель не боялся делиться своими идеями и технологиями с остальным миром [1].

Патентный поиск можно осуществлять по множеству критериев. Для поиска по ключевым словам или по коду в международной патентной классификации (МПК) существует множество программ и web-сервисов [2]. Множественный поиск по номерам патентов данные программы не предоставляют. Однако перед работниками патентных отделов часто встает задача одновременного поиска множества патентов из разных категорий МПК по номерам. Поэтому задача разработки такого приложения для одновременного поиска патентов по номерам является актуальной.

Разработанное авторами приложение позволяет пользователю:

- считывать номера патентов из внешнего файла;
- осуществлять патентный поиск в информационно-поисковой системе ФИПС по заданным номерам патентов [3];
  - сохранять ссылки на патенты во внешний файл;
  - открывать ссылки на патенты в браузере;
  - сохранять информацию о патенте во внешний файл.

Архитектура приложения представлена на рис. 1.

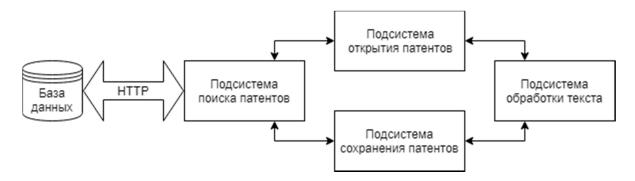


Рис. 1. Архитектура приложения

Пользователь имеет доступ ко всем функциям системы, посредством использования соответствующих разделов окна приложения, которое разбито на две основные части: область ввода номеров патентов, область отображения работы программы (рис. 2).

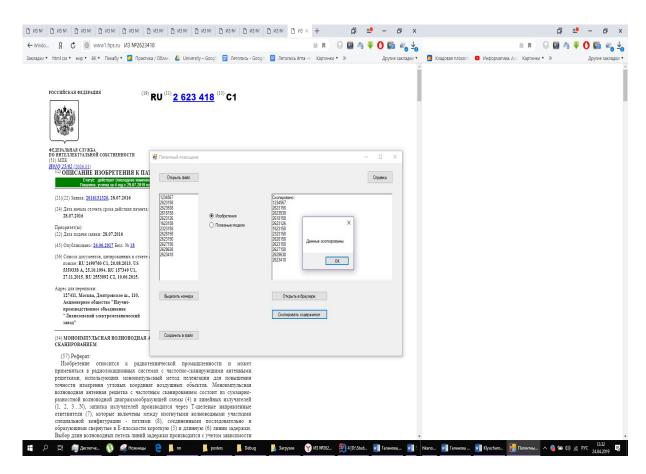


Рис. 2. Сохранение патентных данных по номеру патента

Приложение разрабатывалось с использованием языка программирования С#, в среде программирования VisualStudio 2017.

Разработанное приложение будет использоваться для решения задач Отдела интеллектуальной собственности Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королёва. Оно поможет обрабатывать и сохранять патентную информацию с любого устройства, имеющего выход в интернет.

- 1 Сайт «Молодой учёный». Для чего нужен патент и как его оформить [Электронный ресурс]. URL: https://moluch.ru/information/dlya-chego-nuzhen-patent-i-kak-ego-oformit/ (дата обращения: 15.09.2018).
- 2 А. П. Сергеев. Право интеллектуальной собственности в Российской Федерации. Учебник. Издание второе, переработанное и дополненное. М.: ПБОЮЛ Гриженко Е.М., 2001. 752с.
- 3 Сайт ФИПС. Основная деятельность ФИПС [Электронный ресурс]. URL: http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content ru/ru/about/osn deyat/ (дата обращения: 04.11.2018).

УДК 629.78

#### РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА СЕГМЕНТАЦИИ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА НА ИЗОБРАЖЕНИИ

#### © Ганеева Ю.Х., Бекетова В.А., Мясников Е.В.

e-mail: jganeeva99@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Идентификация по радужной оболочке глаза является одной из наиболее перспективных технологий идентификации личности. Этот способ является одним из наиболее точных и надёжных способов биометрической идентификации, так как текстура радужки крайне устойчива во времени.

Важную роль в достижении высоких показателей качества распознавания по изображению радужной оболочки глаза играет точность сегментации, то есть выделения радужной оболочки глаза на изображении. Так как радужная оболочка представляет собой на изображении кольцевую область между зрачком и склерой, то решение задачи сегментации часто сводится к аппроксимации внутренней и внешней границ радужной оболочки глаза окружностями. Для этой цели в большинстве работ используются метод Даугмана [1] и преобразование Хафа для поиска окружностей [2], а также другие методы, например, основанные на анализе граничных точек [3].

К сожалению, выполненная указанными методами сегментация радужной оболочки глаза часто оказывается недостаточно точной из-за частичного перекрытия радужной оболочки веками и ресницами, а также возникновения бликов от источника света. Таким образом, актуальной задачей представляется повышение качества сегментации радужной оболочки глаза. Для решения этой задачи в настоящей работе предлагается метод, основанный на преобразовании Хафа и дополненный рядом этапов обработки для учета указанных выше факторов.

Описание разработанного метода

- В качестве входных данных для разработанного метода используется полутоновое изображение (фотография) глаза. В результате работы метода формируется бинарное изображение маска сегментации. При этом единичный уровень яркости маски соответствует отсчетам области радужной оболочки, а нулевой остальным отсчетам изображения. Собственно алгоритм сегментации состоит из следующих шагов:
- 1. С использованием преобразования Хафа для поиска окружностей определяются координаты центров и радиусов двух окружностей, аппроксимирующих зрачок и радужку глаза (выбор метода обусловлен достаточно высокой точностью и скоростью работы).
  - 2. Изображение обрезается для удобства последующей обработки (рис. 1 а).
- 3. Получившееся изображение размывается для устранения незначительных шумов и сглаживания радужной оболочки (рис. 1  $\delta$ ).
  - 4. Изображение переводится в монохромное и определяются контуры (рис. 1 в).
- 5. Выполняется морфологическое преобразование, а именно закрытие разрывов (рис. 1 *г*).
- 6. Производится построение маски открытой области радужки, то есть каждому пикселю исходного изображения приписывается значение 1, если этот пиксель принадлежит радужке, и 0 иначе (рис.  $1\partial$ ).

Исходное изображение с наложенной маской показано на рис. 1 е.

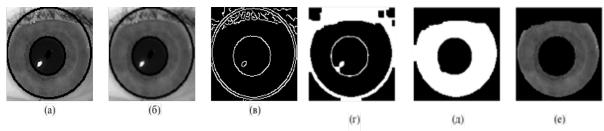


Рис. 1. Изображение глаза

Разработанный метод был реализован на языке программирования Python с использованием библиотек OpenCV, NumPy и Mathplotlib.

Проверка разработанного метода проводилась с использованием базы данных MMU Iris Database [4], в которой представлены изображения глаз 45 человек. После применения разработанного метода на изображениях из базы данных, были приглашены 2 независимых эксперта, которыми было проведено сравнение исходных изображений глаз и полученных результатов. Для каждого изображения выставлялись оценки от 0 до 10. Оценки 8-10 были получены более чем в 60% случаев (рис. 2).



Рис. 2. Результаты обработки полученных данных

- 1. Daugman J.G. How iris recognition works // Proc. IEEE Trans. Circ. Syst. Video Technol. 2004. V.14. N.1. P.21-30.
- 2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005.  $1072~\mathrm{c}$ .
- 3. Семенов, М.С. Сравнение методов сегментации изображения радужной оболочки глаза [Текст] / М.С. Семёнов, Е.В. Мясников // Сборник трудов IV международной конференции и молодежной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2018) Самара: Новая техника, 2018. С.814-821
- 4. MMU Iris Image Database: Multimedia University. [Электронный ресурс]: http://pesonna.mmu.edu.my/ccteo/ .

УДК 004.896, 004.942

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КУРСОВ ВАЛЮТ РАДИАЛЬНО-БАЗИСНОЙ СЕТЬЮ

#### © Глотова П.А., Лёзина И.В.

e-mail: glotova.polina@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Коровёва, г. Самара, Российская Федерация

Во многих сферах жизни современного человека велика актуальность задачи прогнозирования тех или иных временных рядов. В частности в сфере экономики остро стоит проблема получения качественных прогнозов курсов валют на ближайшее будущее. Целесообразным подходом к решению задачи прогнозирования является использование нейронных сетей, в частности радиально-базисной сети [1].

В данной работе реализовано прогнозирование курсов валют радиально-базисной сетью с Гауссовской функцией активации, которая имеет вид:

 $\varphi_i(x_k) = exp\left(\frac{-1}{2}u_{ik}\right)$ , где суммарный сигнал нейрона  $\mathbf{u}_{ij}$  описывается как

$$u_{ij}\sum_{i=1}^{N}\frac{\left(x_{jk}-c_{ij}\right)^{2}}{\sigma_{ij}^{2}}.$$

Обучение сети реализовано гибридным методом, состоящим из двух этапов:

- подбор центров и радиусов радиальных функций для нейронов скрытого слоя;
- подбор весов выходного нейрона.

Для подбора центров и радиусов сети в данной работе использовался градиентный метод наискорейшего спуска. Для подбора весов выходного слоя использовался метод псевдоинверсии [2].

Тестирование разработанной автоматизированной системы производилось на значениях курса Йена к Доллару США за период 04.02.2018-03.02.2019 [3]. Были получены значение СКО равное 0,162 и значение коэффициента несовпадения Тейла равное 0,142.

- 1. Солдатова, О.П. Применение нейронных сетей для решения задач прогнозирования [Электронный ресурс]/ О.П. Солдатова, В.В. Семенов Электрон. текстовые дан. Долгопрудный: МФТИ, 1998. . Режим доступа: http://elibrary.lt/resursai/Uzsienio%20leidiniai/MFTI/2006/136.pdf, свободный.
- 2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ С. Осовский; пер. с польск. И.Д. Рудинского, рец. И.Б Фоминых. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.: ил.
- 3. Курс валют Йена к Доллар США [Электронный ресурс]/. Электрон. текстовые дан. –,. Режим доступа: https://ru.moneyratestoday.com/kurs-yena-v-dollar-ssha.html#year, свободный.

#### РАЗРАБОТКА CRM-СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С КЛИЕНТАМИ НА ПЛАТФОРМЕ IOS

#### © Голов М.Е., Даниленко А.Н.

e-mail: afterfocus@icloud.com, danilenko.al@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Система управления взаимоотношениями с клиентами (CRM, CRM-система, сокращение от англ. Customer Relationship Management) — прикладное программное обеспечение, предназначенное для автоматизации стратегий взаимодействия организаций с заказчиками (клиентами), в частности для повышения уровня продаж, оптимизации маркетинга и улучшения обслуживания клиентов путём сохранения информации о клиентах и истории взаимоотношений с ними, установления и улучшения бизнес-процессов и последующего анализа результатов [1].

Разработанное авторами приложение позволяет пользователю:

- 1. вести клиентскую базу;
- 2. управлять предоставляемыми услугами и рабочим графиком;
- 3. создавать записи для клиентов;
- 4. просматривать статистику работы;
- 5. синхронизировать данные между разными устройствами (рис. 1).

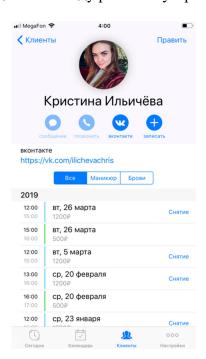


Рис. 1. Профиль клиента

Пользователь может создавать профили клиентов, которые могут содержать фамилию, имя, номер телефона, ссылку на профиль в социальной сети ВКонтакте, фотографию клиента и примечания (рис. 1). Так же в профиле будут отображаться все созданные в календаре (рис. 2) записи для данного клиента.

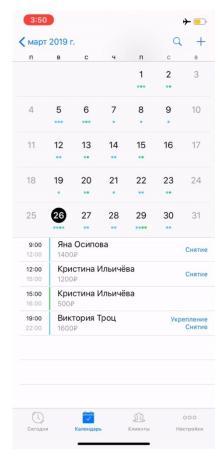


Рис. 2. Календарь с записями

Приложение разрабатывалось с использованием языка Swift в среде программирования Xcode. Интерфейс приложения автоматически подстраивается под любые размеры экранов iOS-устройств благодаря технологии AutoLayout. Синхронизация данных выполняется при помощи облачной СУБД Firebase.

Разработанное приложение может быть использовано практически в любой сфере услуг: как репетиторами, так и мастерами салонов красоты. Оно поможет организовать и оптимизировать рабочий процесс с любого iOS-устройства, имеющего выход в интернет.

#### Библиографический список

1. Гринберг П. С<br/>RM со скоростью света [Текст] / П. Гринберг — СПб.: Символ Плюс,<br/> 2007.-528с.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПАСПОРТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

© Гринблат А.А., Михеева Т.И.

e-mail: art.grinblat@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В настоящее время интеллектуальная транспортная система большое внимание уделяет задаче паспортизации транспортной сети, которая позволяет вести учет всех дорог общего пользования независимо от принадлежности, состояния и вида покрытия. При эксплуатации транспортной сети в среде интеллектуальной транспортной геоинформационной системы «ITSGIS» пользователю предоставляется возможность тесно работать с семантической (атрибутивной) информацией, хранящейся в базе данных. «ITSGIS» позволяет быстро находить объекты на тематических слоях интерактивной электронной карты и получать детальную информацию по ним. С другой стороны, выполнив специализированный запрос к базе данных, результат визуализируется на тематическом слое карты. Использование транспортной сети в интеллектуальной транспортной геоинформационной системе «ITSGIS» включает в себя совокупность улиц, дорог, тротуаров, дорожных сооружений, пригодных по своему техническому состоянию для движения подвижного состава автомобильного транспорта. Создание паспорта транспортной сети разрабатывается в «ITSGIS» в автоматизированной информационной системе паспортизации транспортной сети, которая является плагином «ITSGIS», состоящей из двух частей. Первая часть графическая, которая состоит из картографической основы, а вторая текстовая, включающая в себя семантику: сведения о названии улицы населенного пункта, протяженности дороги, ширины земляного полотна и покрытии. Паспортизация транспортной сети определяет наличие путепроводов и мостов, производственных зданий, входящих в состав дороги, пешеходных переходов, водопропускных труб, тротуаров и пешеходных дорожек, протяжённость обочин по видам укрепления, количество съездов по видам покрытия и пересечений с железными и автодорогами.

Основным отличием интеллектуальной транспортной геоинформационной системы «ITSGIS» от неэлектронных карт является то, что интерактивная геоинформационная электронная карта не является статической картинкой. Каждый геообъект, отображаемый на тематических слоях «ITSGIS», соответствует объекту инфраструктуры населенного пункта, который можно проанализировать, получить семантическую и географическую информации из базы данных. Так, одной из базовых функций автоматизированной информационной системы паспортизации транспортной сети «ITSGIS» является получение информации по выбранному на электронной карте геообъекту. Например, указав в «ITSGIS» курсором участок дороги транспортной сети на электронной карте города, можно получить детальную информацию о названии улицы, длине дороги, ширине дороги на данном участке, материале участка, степени износа, её владельце.

Легенда тематических слоёв паспортизации транспортной сети плагина «ITSGIS» предназначена для получения информации о способе визуализации комплексных геопространственных данных на интерактивной электронной карте, а также для задания видимости тех или иных наборов данных. По разработанным стандартам дороги бывают с такими покрытиями, как асфальтобетонные, грунтовые, щебеночно-гравийные, цементобетонные (плиты), брусчатка. Также дороги бывают на мосту через

железнодорожные пути, через водоём, над автомобильной дорогой, над спецобъектами. У каждого типа дорог есть определенный статус: существует, требуется, демонтировать, временная, на ремонте, платная. Данный статус позволяет визуализировать данные участки дорог на определенных тематических слоях «ITSGIS». При построении паспорта транспортной сети в «ITSGIS» реализован функционал различных типов:

- получение информации об геообъектах на карте: пользователь выбирает геообъект на карте и получает семантику об указанном объекте;
- увеличение / уменьшение изображения осуществляется до определенного допустимого ГОСТом размера геообъекта;
- панорамирование / геовидеомаршрут: просмотр видеоинформации с геопривязкой к координатам в WGS-84 в различных направлениях;
- измерение расстояний / площадей: данный функционал позволяет вычислить как одиночный, так и комплексный размер длины и площади геообъектов;
- создание новых / редактирование существующих геообъектов: данный функционал позволяет создать или изменить как геометрические, геологические, так и семантические данные геообъектов;
- построение паспорта участка транспортной сети: формируется семантика участка с учетом различных геообъектов, входящих в  $\square$ -территорию осевой линии дороги (см. рис.) с визуализацией  $\square$ -территории (розовая полоска) с детализацией на пикеты.

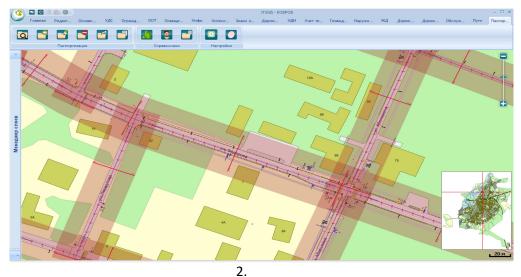


Рис. Паспортизация транспортной сети города Ковров

Вышеизложенный системный подход к формированию информационной основы для управления транспортными сетями на всех стадиях их функционирования удовлетворяет всем современным требованиям дорожной отрасли, соответствуя при этом возможностям современных геоинформационных технологий. Стандарты «ITSGIS» разработаны для лучшей визуализации транспортной сети. Таким образом, паспортизация транспортной сети позволяет детально отобразить схему населенного пункта, покрытие автомобильной дороги, протяженность и статус которому автомобильная дорога принадлежит.

#### Библиографический список

1. Михеева Т.И. Параметризация управляющих объектов урбанизированной территории / С.В. Михеев, О.К. Головнин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17, № 2 (5). – С. 1058–1062.

#### РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ РЕГИСТРАЦИОННЫХ ЗНАКОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

#### © Гуженко А.С., Даниленко А.Н.

e-mail: asguzhenko95@gmail.com, danilenko.al@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В настоящее время развитие информационных технологий, применение искусственных нейронных сетей и обширное использование систем регистрации фото и видео сигналов стали решающими факторами стремительного развития автоматических систем распознавания образов, в том числе — распознавания государственных регистрационных знаков (далее — ГРЗ) автомобилей и прочих транспортных средств.

Подобные системы имеют широкую область применения. Например, системы наблюдения, устанавливаемые в местах большого скопления автомобилей (платные парковки аэропортов, вокзалов, торговых центров, проезжая часть и т.д.), позволяют автоматически выписывать штраф водителям, нарушившим правила дорожного движения, а также заметно ускоряют процесс оплаты парковочного места. Наконец, система распознавания ГРЗ позволяет решать задачу идентификации, при которой база данных может включать номера транспортных средств, находящихся в розыске.

Безусловная польза автоматизированного процесса распознавания номерных знаков, а также недостатки существующих на сегодняшний день систем-аналогов, а именно высокая стоимость и определенные технические ограничения, доказывают актуальность задачи — разработать эффективную систему распознавания ГРЗ транспортных средств, удовлетворяющую требованиям, предъявляемым на практике.

Разработанное авторами web-приложение позволяет пользователю:

- 1. авторизоваться в системе;
- 2. посмотреть результаты распознавания с доступных пользователю камер видеонаблюдения;
- 3. загрузить изображение и получить результат распознавания в режиме реального времени (рис. 1).

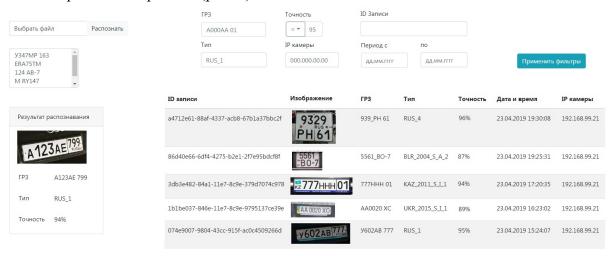


Рис. 1. Экранная форма web-приложения

Для реализации процесса распознавания (рис.2) была использована архитектура нейронной сети MobileNetV2+SSDLite. Основные преимущества данной архитектуры:

- 1. в качестве классификатора используется MobileNetV2 [1], позволяющая при относительно небольшом количестве входных параметров получить высокую точность классификации;
- 2. комбинация MobileNetV2 с детектором SSDLite представляет собой самое быстрое на текущий момент решение для детектирования объектов на изображении [2].



Рис. 2. Процесс распознавания ГРЗ

В данной работе обучение нейронных сетей было проведено в 2 этапа с применением методики обучения с переносом (transfer learning) на наборе данных СОСО [3]:

- 1. предварительное обучение на наборе данных общего назначения;
- 2. дообучение на наборе данных, содержащем только изображения ГРЗ.

Оба этапа обучения проводились на виртуальной машине Google Compute Engine со следующими характеристиками:

- 1. 2 процессора Intel Xeon Silver 4116;
- 2. 64 гб RAM;
- 3. 2 графических процессора Nvidia Tesla K80.

Для обучения использовался фреймворк глубокого обучения Tensorflow.

Разработанная система находится на этапе внедрения в одной из российских транспортных компаний. Она будет использоваться в качестве одного из шагов автоматизированного процесса оплаты парковочного места на стоянке транспортных средств.

- 1. MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks [Text] / Sandler M, Howard A, Zhu M, Zhmoginov A, Chen LC.: arXiv preprint. arXiv:1801.04381, 2018.
- 2. Speed/accuracy trade-offs for modern convolutional object detectors [Text] / Huang J, Rathod V, Sun C, Zhu M, Korattikara A, Fathi A, Fischer I, Wojna Z, Song Y, Guadarrama S, Murphy K: CVPR, 2017.
- 3. Microsoft COCO: Common Objects in Context [Text] / Tsung-Yi Lin, Michael Maire, Serge Belongie, Lubomir Bourdev, Ross Girshick, James Hays, Pietro Perona, Deva Ramanan, C. Lawrence Zitnick, Piotr Dollár.: arXiv preprint. arXiv: 1405.0312, 2015.

УДК 629.78

#### АЛГОРИТМ РАЗРАБОТКИ СТАНДАРТА ВИЗУЛИЗАЦИИ И ДИСЛОКАЦИИ ГЕООБЪЕКТОВ В СРЕДЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ITSGIS

#### © Елизаров В.В., Михеева Т.И.

e-mail: elizarov43@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

При разработке стандарта визуализации и дислокации геообъектов в среде интеллектуальной транспортной геоинформационной системы «ITSGIS» учитываются правила и алгоритмы разработки, утверждения, отмены и применения стандартов. Стандарт «ITSGIS» построен на основе алгоритма со следующими этапами разработки:

- организация разработки стандарта «ITSGIS»;
- определение отделов-разработчиков стандарта «ITSGIS» и ответственных исполнителей;
  - установление сроков разработки начало и окончание работы;
  - изучение и анализ состояния вопроса по геообъектам;
- обсуждение проекта в заинтересованных подразделениях и сторонних организациях;
  - замечание и предложения по проекту стандарта;
  - устранение полученных в процессе обсуждения замечаний;
  - разработка и корректировка окончательной редакции проекта стандарта;
  - утверждение стандарта «ITSGIS»
- В стандарт «ITSGIS» заложены методы упорядочения, которые включают в себя процессы систематизации, селекции, симплификации, типизации и оптимизации.
- Систематизация геообъектов, выполнена на основе принципов последовательного классифицирования и ранжирования совокупности конкретных геообъектов.
- Процесс селекции геообъектов заключается в отборе конкретных геообъектов, которые признаются целесообразными для интеграции при создании тематических слоев электронных карт (дорожные знаки, светофоры, дорожные ограждения, улично-дорожная сеть и т.д.) и интегрированных типов объектов (АЗС, железнодорожные переезды, комплексная схема организации дорожного движения).
- Симплификация включена в метод стандартизации, направленный на устранение неоправданного дублирования многообразия одноименных геообъектов путем простого сокращения количества их разновидностей до необходимого (осветительные приборы, линии электропередач, газопроводы и т.п.).
- Типизация геообъектов основана на создании типовых геообъектов, интегрированных схем, технологических правил, комплексных форм документации (типовые схемы организации дорожного движения около образовательных учреждений; при производстве дорожных работ на улично-дорожной сети и т.п.).
- Оптимизация визуализации и дислокации геообъектов заключается в нахождении оптимальных главных параметров, а также значений других показателей качества и экономичности (построение оптимального маршрута, дислокация знаков приоритета на перекрестке, перегоне, транспортной сети).

Стандарт «ITSGIS» используется при решении задач в следующих сферах: государственный кадастр, землепользование и планирование; социальная политика, управление ЖКХ и инфраструктурой; оборона и безопасность; природные ресурсы и экология.

УДК 532.137

#### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ВЯЗКОСТИ В СИСТЕМЕ МАТLAВ

#### © Захваткин Я.В., Чертыковцева В.О., Куркин Е.И.

e-mail: mr.kirarik@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Вязкость может быть замерена ротационным вискозиметром и зависит от молекулярной массы полимера и температуры. Принцип работы вискозиметров основан на измерении закручивания калибровочной пружины при вращении шпинделя в тестируемой жидкости с постоянной скоростью [1]. Актуальным вопросом является обработка результатов, полученных на вискозиметре.

Ротационный вискозиметр Brookfield DV3T записывает файлы в формате .vdt и .csv. Для экспорта данных и обработки результатов измерений, записанных на вискозиметре, в MATLAB разработана программа для ЭВМ [2]. Файл исходных данных содержит информацию о приборе, времени проведения эксперимента, типе используемого шпинделя и запланированной программе эксперимента. В блоке TEST METHOD приводится маркировка модели вискозиметра, которая позволяет максимальный крутящий момент. Данные о времени проведения эксперимента позволяют проводить сортировку материалов исследований. Далее идет информация о программе проведения эксперимента – номера шагов и значения настроек прибора. В случае использования термобани или термоячейки допускается задание целевых значений температур. Идущий затем блок DATA содержит результаты измерений. Каждый результат описывается номером шага эксперимента, к которому он принадлежит, значением времени, прошедшем от начала измерений, крутящего момента и скорости вращения шпинделя, значением вязкости и, при возможности, скорости сдвига, температуры среды, плотности и точности измерений. Температура среды записывается в файл в случае подключения термодатчика. Значение крутящего момента в процентах от максимального крутящего момента вискозиметра и скорости вращения шпинделя (грт) являются прямыми показаниями измерений. Значения вязкости и скорости сдвига являются расчетными величинами и зависят от номера установленного шпинделя. После считывания данных программа проводит первичную обработку результатов эксперимента. Для каждой скорости вращения шпинделя находит последнее измеренное значение вязкости и строит зависимости вязкости от скорости вращения шпинделя. Функция Temperature lines decomposition позволяет сортировать экспериментальные данные по измерениям температуры. После определения интервала выборки с использованием оператора unique значения температуры проверяются на предмет их повторения. Результатом применения этого оператора является диапазон исследуемых температур. Для каждой температуры функция сортирует основные характеристики: значения скоростей сдвига и вязкости. Зависимости вязкости от скорости вращения шпинделя помогают в дальнейшем анализировать неньютоновский характер измеряемых сред.

#### Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке  $P\Phi\Phi U$  в рамках научного проекта N2 18-31-20071 мол а вед.

- 1. В.Е. Крупенникова, В.Д. Раднаева, Б.Б. Танганов "Определение динамической вязкости на ротационном вискозиметре Brookfield. Методические указания", Улан-Удэ, издательство ВСГТУ, 2011, 48 с.
- 2. Куркин Е.И., Садыкова В.О. Программа Brookfield\_to\_MATLAB экспорта и обработки результатов измерений реологических характеристик на ротационном вискозиметре. Свид. о гос. рег. прогр. для ЭВМ №2017661812 от 31.10.2017.

УДК 621.396.6

# БИБЛИОТЕКА PSPICE МОДЕЛЕЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

© Ильин Е. А., Сахарчук В. В., Печаткин А. В.

e-mail: efimmariner@yandex.com

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Конец 20-го века ознаменовался существенными достижениями цифровых технологий, прежде всего благодаря универсальности решений и возможности создания гибких аппаратных приложений на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС/FPGA). Между тем, практика проектирования устройств сбора и обработки данных наглядно доказала необходимость взаимной интеграции аналоговых и цифровых схемотехнических решений, особенно в области обработки непрерывных сигналов и создания гибридных программируемых систем.

На сегодняшний день можно выделить 4 способа решения этой сложной задачи:

- 1) независимое использование аналоговых, аналого-цифровых и цифровых схем;
- 2) использование цифровых сигнальных процессоров;
- 3) применение систем-на-кристалле с цифровой и аналоговой базой;
- 4) переход к статически программируемым аналоговым интегральным схемам (ПАИС/FPAA) и/или динамически перепрограммируемым процессорам аналоговой обработки сигналов (dpASP).

Для широкого круга профессиональных приложений последний вариант является наиболее предпочтительным, т. к. позволяет реализовать наращиваемую функциональную мощность с минимальными аппаратными затратами и создавать реконфигурируемые в реальном времени интеллектуальные аппаратные решения [1]. Основу FPAA и dpASP составляют операционные усилители и матрицы переключаемых конденсаторов, на основе которых сформированы конфигурируемые аналоговые блоки (КАБ) и функционально завершённые решения, объединённые в библиотеку конфигурируемых аналоговых модулей (KAM). Использование обновляемой специализированной фирменной среды проектирования AnadigmDesigner®2 и наличие развитой библиотеки КАМ позволяет оперативно осуществлять проектирование устройств для широкого круга практических задач [2].

Однако различие между базисами ПЛИС и ПАИС затрудняет комплексную интеграцию эффективных гибридных решений и приводит к усложнению проектирования подобных систем. Однако, если выделить пять элементарных компонентов любой радиоэлектронной аппаратуры, соответствующих основным операторам систем дифференциальных уравнений (умножение, дифференцирование, интегрирование, сложение и размножение), можно получить эффективную «прозрачную» методику проектирования программируемых аналоговых электронных устройств [3]:

- использование в качестве исходных данных математической модели в виде системы из *n* дифференциальных уравнений 1-го порядка;
- построение структурной матрицы проектируемого устройства и нахождение матричных циклов;
  - восстановление структурной схемы проектируемого устройства;
- преобразование структурной схемы в функциональную путём замены типовых звеньев совокупностью элементарных звеньев;

- преобразование функциональной схемы проектируемого устройства в схему электрическую принципиальную путём замены элементарных звеньев эквивалентными им аппаратными базисными элементами или *применение современных САПР* для синтеза топологии непосредственно из функционального описания;
  - разработка топологии проектируемого устройства.

Предлагаемый подход обладает рядом важных преимуществ: функциональная схема проектируемого устройства синтезируется из исходной системы дифференциальных уравнений путём стандартных матричных преобразований, которые могут быть упорядочены и преобразованы в алгоритм для автоматических вычислений; электрическая принципиальная схема синтезируется из функциональной схемы простой заменой элементарных динамических звеньев эквивалентными им базисными элементами; упрощается моделирование устройства средствами САПР [3].

Между тем, использование фирменной среды проектирования и схемотехнических САПР, построенных на платформе PSpice, исключает возможность моделирования и анализа в частотной области проектируемых устройств на базе дуала «переключаемые конденсаторы + операционный усилитель», равно как и на базе FPAA/dpAS. Эта особенность накладывает ограничения и на подготовку специалистов в области проектирования сложнофункциональных аналоговых узлов и блоков. Для устранения этого недостатка на кафедре РТС РГАТУ проводятся работы по созданию библиотеки функционально-параметрических моделей  $(\Phi \Pi M)$ основе на коммутируемых конденсаторов. Библиотека ориентирована на использование в составе широко распространённого схемотехнического PSpice симулятора MicroCAP. ФПМ построены по принципу современных технологий объектно-ориентированного программирования, свойственных языкам высокого уровня. Они, как и создаваемые на их основе программируемые аналоговые узлы, отвечают 4-м основным требованиям:

- 1) абстракция ФПМ имеют чётко определённые концептуальные и функциональные границы;
- 2) наследование ФПМ являются конструкторскими единицами, обладающими собственными индивидуальными свойствами при одновременном наследовании базовых свойств родительских моделей компонентов, из которых они собраны;
- 3) полиморфизм  $\Phi\Pi M$  допускают изменение свойств родительской модели с целью приобретения новых или изменения существующих без потери качества функционирования, что позволяет синтезировать  $\Phi\Pi M$  с одинаковой спецификацией и различной схемотехнической реализацией, а также изменять структуру модели в процессе наследования;
- 4) инкапсуляция ФПМ, а также создаваемые на их основе типовые структуры программируемых аналоговых узлов, поддерживают возможность структуризации и объединения в общности классы с целью оптимизации проектирования и моделирования создаваемых или изучаемых электронных устройств.

- 1. Полищук, Александр. Программируемые аналоговые ИС Anadigm: весь спектр аналоговой электроники на одном кристалле. Первое знакомство / Современная электроника, №2, 2004. // [Электронный ресурс]. URL: http://www.prosoft.ru/
- 2. Щерба, Александр. Программируемые аналоговые ИС Anadigm: применение конфигурируемых аналоговых модулей в составе программы AnadigmDesigner2 / Компоненты и технологи, № 12, 2007. // [Электронный ресурс]. URL: http://www.prosoft.ru/
- 3. Мишин, Г.Т. Универсальные аналоговые программируемые ИС: выбор элементарных функциональных узлов (теоретическое обоснование). ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технологии, Бизнес. 4/2004. [Электронный ресурс]. URL: http://www.prosoft.ru/

#### РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО WEB-ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ СОЗДАНИЯ САЙТА-КАТАЛОГА

#### Иринина Е.В., Парфенов А.В., Бренев Е.А., Даниленко А.Н.

e-mail: elena irinina@mail.ru, danilenko.al@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В век высоких технологий ни одна компания не может обойтись без личного сайта или мобильного приложения. Многие магазины, торговые точки и мерчендайзеры имеют собственные сайты-каталоги, которые предоставляют возможность обычному пользователю или юридическому лицу ознакомиться с продукцией и сделать заказы.

Разумеется, что сайт-каталог облегчает работу и позволяет экономить время обеим сторонам торговых отношений. Именно поэтому задача разработки сайта-каталога является актуальной [1].

Разработанный авторамисайт-каталог позволяет пользователю:

- ознакомиться с основным перечнем продукции;
- отправить запрос на обратную связь;
- узнавать точное местоположение места (компании, предприятия или магазина) с помощью карты и возможности перехода к навигации;

Доступ к сайту есть у любого пользователя (регистрация не нужна). Весь сайткаталог разбит на три части. Первая — это описание самой компании, чем она занимается и какую продукцию предоставляет. Вторая — это непосредственно каталог товаров (вместе с указанной стоимостью, фотографией и описанием). Третья — это связь с поставщиком (продавцом). В третью часть входит информация о местоположении, карта, на которой указана точная геопозиция, а также форма обратной связи, где пользователь может оставить свои контактные данные. Кроме этого, на сайте присутствует адаптивное меню, позволяющее удобно перемещаться по сайту. Скриншоты сайта представлены на рисунках 1-3.

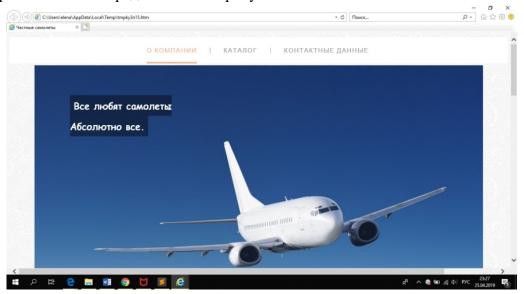


Рис. 1. Стартовая страница сайта

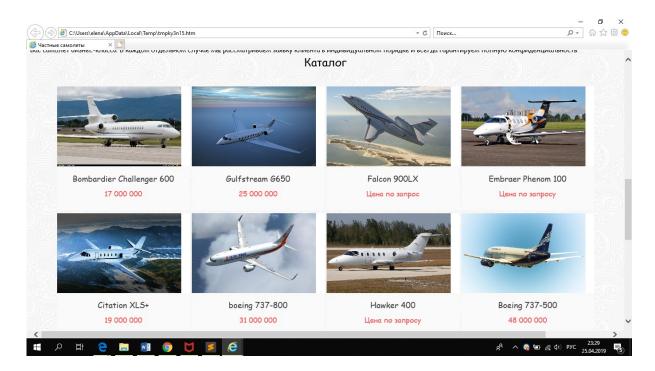


Рис. 2. Каталог самолетов

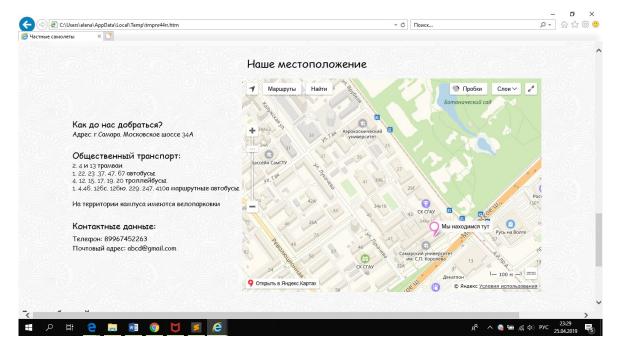


Рис. 3. Расположение компании

Данный сайт разрабатывался с использованием средств SublimeText 3 с помощью HTML, CSS и языка программирования PHP [2].

Разработанное приложение может быть адаптировано для любого магазина или предприятия для предоставления пользователю своей продукции.

- 1. Кузнецов РНР. Практика создания Web-сайтов [Текст] / Кузнецов, М.В. М.: БХВ-Петербург, 2016.-895c.
- 2 Зандстра РНР. Объекты, шаблоны и методики программирования [Текст]/ Мэт Зандстра.М.: Вильямс, 2019 г. 576 с.

#### ПОСТРОЕНИЕ СТАНДАРТА ФУНКЦИОНАЛА ПЛАГИНОВ ДЛЯ РАБОТЫ С ГЕООБЪЕКТАМИ

© Казятин Л.Н., Михеева Т.И.

e-mail: leonid05021@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара

Построение стандарта функционала плагинов интеллектуальной транспортной геоинформационной системы «ITSGIS» для работы с геообъектами посвящено исследованию проблем отсутствия официальных информационных ресурсов, содержащих актуальную и достоверную информацию о стандартах плагинов, их функционалах; построению и утверждению разработанного стандарта. На сегодняшний день разработчики геоинформационных систем, содержащих различного вида функционал с геообъектами, сталкиваются с различными проблемами:

- отсутствие актуальной информации о стандартах функционала плагинов;
- наличие большого количества недостоверной и нестандартизированной информации о плагинах и их функционале;
- большие трудозатраты, необходимые для проверки истинности информации;
- отсутствие единого хранилища данных о стандартах функционала плагинов;
- наличие большого количества научных статей, поясняющих функционал геоинформационных систем, хранящихся на разнородных носителях в различных форматах;
- отсутствие единого подхода для создания функционала плагинов;
- отсутствие алгоритмов для решения поставленных задач.

Построение стандарта функционала плагинов реализуется в среде «ITSGIS» — интеллектуальной транспортной геоинформационной системы, предоставляющей инструментарий для организации и оптимизации транспортных процессов и позволяющей хранить данные об объектах транспортной инфраструктуры (световые опоры, светофоры, дороги, дорожные знаки, дорожная разметка, остановки общественного транспорта и др.) в базе данных с визуализацией геообъектов на интерактивной электронной карте. Работа с данной электронной картой реализована с помощью плагинов, независимых программных модулей, динамически подключаемых к ядру ITSGIS и предназначенных для расширения её возможностей.

Результатом работы является создание инновационной модели стандарта плагинов, описывающего их функционал, пункты меню, картинки функционала с учетом активности и пассивности функционала. Данная система представляет собой модель, состоящую из реляционной базы данных, которая содержит в себе информацию о функционале для работы с объектами геоинформационной системы на основе паттернов проектирования сложноорганизованных систем.

Выделены четыре вида стандартов геообъектов по типу их дислокации, визуализации и функционала. В ITSGIS определены геообъекты: точечные, линейные, полигональные и сложноорганизованные. К точечным геообъектам относятся: дорожный знак, светофор, вазон, ветряной двигатель, видеокамера, дерево, памятник и т.п. К линейным геообъектам относятся: дорожная разметка, ограждения, искусственные дорожные неровности, надземные и подземные коммуникации и т.п. К полигональным геообъектам относятся: кадастровые территории, дороги, тротуары, велосипедные дорожки, бермы, газоны, леса, гидрография, строения, парковки, стадионы и т.п. К сложноорганизованным геообъектам относятся: вокзалы, железнодорожные переезды,

АЗС, ДТП и др. Некоторые типы объектов рассматриваются с различных типов, например, вазон может быть точечным объектом или полигональным, когда он отображается на карте в виде клумбы заданного вида геометрии, площади и геокоординат.

Стандартный функционал геообъектов однозначно точечных объектов содержит следующий функционал: Выделить геообъект, Создать геообъект, Редактировать геообъект, Копировать геообъект, Удалить геообъект, Перемесить геообъект, Повернуть геообъект (рис.). Данный функционал с одной позиции автоматически по умолчанию привязывает геообъект к выбранным координатам тематического слоя, с другой позиции позволяет заполнить семантические данные об объекте в базу данных.

Название геообъекта							
	Выделить геообъект	Создать геообъект	Редактировать геообъект	Копировать геообъект	Удалить геообъект	Переместить геообъект	Повернуть геообъект
Горячие клавиши		ctrl+N		ctrl+C+ ctrl+V	delete		
Картинки активные	K			2		T.	
Картинки пассивные	X	x	x	2	Id M		MAN AND AND AND AND AND AND AND AND AND A

Рис. Общий функционал плагина точечного геообъекта «Афиша»

Дополнительный функционал с линейными и полигональными геообъектами связан с редактированием геометрических характеристик с непосредственной визуализацией вносимых изменений. Общий вид функционала включает в себя: Историю изменений (отменить, вернуть), Сохранение изменений (сохранить, отменить). Все геообъекты обладают способностью получить информацию об отдельном конкретном объекте и сводную ведомость о группе объектов с учетом выбора различных характеристик. Визуализация геообъектов на карте соответствующих тематических слоёв имеет ещё дополнительный функционал – статус геообъекта (его существование или планирование в инфраструктуре населенного пункта): Установлен, Требуется, Демонтировать, Ремонт, Временный, Мероприятия. В каждом плагине для геообъектов присутствует справочник, содержащий информацию о семантике данного объекта. Особым типом стандарта функционала плагина является его специализированный функционал, касающийся особенности семантики данного геообъекта. Этот тип функционала расположен в отдельной группе «Инструмент геообъекта». Например, у светофора, это разработка структуры светофорного цикла, у осветительного прибора – моделирование ночного освещения, у остановки общественного транспорта – построение зоны пешеходной доступности и т.п.

Таким образом, разработка единой модели стандарта функционала плагинов позволяет упростить и ускорить разработку новых плагинов, обеспечить интуитивное понимание графического интерфейса плагинов пользователем, а также принципа работы ITSGIS в целом.

- 1. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS. Плагины / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, и др. Самара : Интелтранс, 2016. Т.2. 217 с.
- 2. Михеева Т.И., Михеев С.В., Головнин О.К., Сапрыкин О.Н. Паттерны проектирования сложноорганизованных систем. Самара : Интелтранс, 2015. 216 с.

УДК 656.7.07:658.012.011.56.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ТРАЕКТОРНОЙ ОБРАБОТКИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

#### © Калинов С.Д., Земсков Ю.В.

e-mail: savvakalinov@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

В условиях быстрого увеличения объемов воздушного движения все более актуальной становится потребность в повышении эффективности подсистемы наблюдения АС ОрВД. В результате повышается уровень безопасности полетов, улучшается корректность работы подсистемы планирования потоков прилетающих и вылетающих воздушных судов (AMAN/DMAN), увеличивается комфортность работы диспетчеров. Наименее затратным способом повышения характеристик подсистем наблюдения является внедрение новых алгоритмов обработки информации о воздушной обстановке, не связанный с модернизацией аппаратной базы АС ОрВД. Работа любого алгоритма траекторной обработки связана с краткосрочным прогнозированием координат воздушных судов (ВС), основанном на результатах предыдущих наблюдений и моделей движения ВС. Поэтому для повышения точности определения положения ВС требуется модернизация алгоритмов прогнозирования этих данной работе для целей предлагается «универсальный» алгоритм прогнозирования.

Название «универсального» фильтра восходит к задаче кодирования информации от источника с неизвестным распределением вероятностей символов. Доказано, что универсальный алгоритм прогнозирования работает не хуже любого другого в классе непрерывных функций [1], таким образом данный метод выгодно использовать в многомодельных фильтрах, обеспечивающих оптимальное сопровождение маневрирующего ВС. Работа универсального алгоритма основывается на решении относительно переменной х уравнения:

$$\sum_{i=1}^{n-1} K(x, \hat{x}_i)(y_i - \hat{x}_i) = 0,$$

где  $K(x, \hat{x}_i)$  – гауссово ядро;  $\hat{x}_i$  – прогнозы на предыдущих тактах работы фильтра;  $y_i$  – входная наблюдаемая координата на предыдущих тактах.

Для сравнения универсального алгоритма прогнозирования с классическими методами траекторной обработки [2,3] было проведено моделирование стандартных траекторий движения ВС: равномерное прямолинейное движение, круговое движение, фигура «горизонтальная восьмерка». При этом считалось, что погрешность измерения координат в полярной системе распределена по нормальному закону. Рассматривались альфа-бета фильтр; фильтр Калмана, настроенный на равномерное прямолинейное движение и фильтр Калмана, настроенный на стандартный разворот 3 градуса в секунду.

На рисунке представлены результаты моделирования. Хорошо видно, что траектория, соответствующая универсальному алгоритму прогнозирования, на всех

участках «горизонтальной восьмерки» прилегает к истинной траектории ближе, чем результаты работы стандартных алгоритмов, используемых в АС УВД.

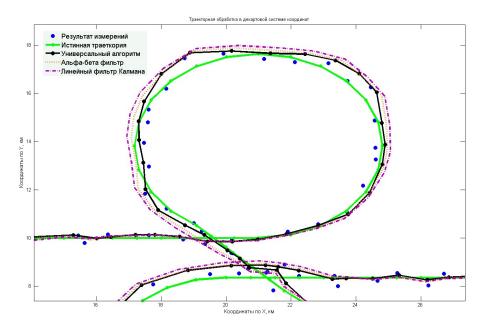


Рис. Результаты моделирования

Использование универсального алгоритма позволило на 20% улучшить среднеквадратическое отклонение по сравнению со стандартными алгоритмами траекторной обработки. Ясно, что результаты работы универсального алгоритма, при рассмотрении изолированных участков траектории, соответствующих стандартным движениям ВС, окажутся немногим лучше, чем результаты работы фильтра Калмана, настроенного на соответствующую модель движения. Поэтому универсальный алгоритм может быть рекомендован для работы в современных АС УВД в составе многомодельного фильтра траекторной обработки.

- 1. Вьюгин В.В. «Математические основы машинного обучения и прогнозирования» М.: 2013. 390 с.
- 2. Автоматизированные системы управления воздушным движением: Новые информационные технологии в авиации: Учеб. Пособие/ Р.М. Ахмедов, А.А. Бибутов, А.В. Васильев и др.; Под ред. С. Г. Пятко и А. И. Красова СПб.: Политехника, 2004 446с.: ил.
- 3. Bar-Shalom, Yaakov. Estimation with applications to tracking and navigation/ by Yaakov Bar-Shalom.

УДК 004

## ПРИМЕНЕНИЕ ШАБЛОНОВ И СТИЛЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

#### © Кириченко Г.С., Комаров В.А.

e-mail: hotary-s@mail.ru, vkomarov@ssau.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В настоящее время в ракетно-космической отрасли РФ существует актуальная потребность применения эффективных инструментов (методик, алгоритмов и т.д.) проектирования, публикации и использования интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР) для эксплуатации и ремонта космической техники. Указанные ИЭТР, создаваемые как полноценный информационно-программный продукт, должны обладать заданным уровнем качества, который определяется соответствующими государственными стандартами, а также требованиями заказчика, и достигается за счет применения управляемых условий качества для всех процессов на всех этапах технологической цепочки разработки, публикации и использования ИЭТР [1].

В качестве одного из таких условий качества могут выступать шаблоны текстовой и графической частей, стили публикации и представления ИЭТР. Под публикацией понимается процесс создания документа в интерактивном и/или бумажноориентированном виде в соответствии с установленными стилями. Шаблоны и стили, разрабатывающиеся на основе соответствующих ГОСТ, ОСТ, требований заказчика и технического оснащения предприятия, позволяют избежать двусмысленной трактовки требований к оформлению и структуре ИЭТР, дублирования информации, временных затрат на форматирование и т.д. К тому же, такой подход при разработке ИЭТР может дать положительный экономический эффект.

На рис. 1 приведена диаграмма, показывающая распределение затрат на разработку эксплуатационной документации (ЭД).

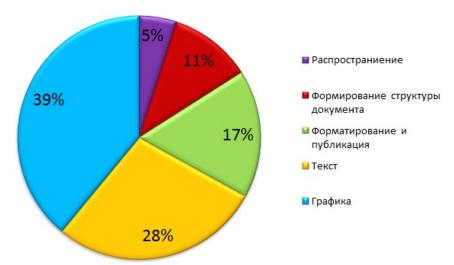


Рис. 1. Распределение затрат на разработку эксплуатационной документации [2]

Из диаграммы следует, что помимо разработки текстового и графического наполнения разработчик затрачивает немалые усилия на формирование структуры документа, форматирование и публикацию ЭД. Если учесть, что некоторые документы разрабатываются месяцами, то 11% и 17% от общего времени разработчика, потраченного

на формирование структуры документа и его последующие форматирование и публикацию соответственно, может составлять значительную величину.

Применение шаблонов позволяет создавать структуры всей ЭД и конкретно каждого документа ещё на этапе проектирования изделия, а стили публикации освобождают разработчиков от форматирования ЭД и ИЭТР в частности.

Структура ЭД создается в едином информационном пространстве (ЕИП) предприятия с помощью инструментов PDM-системы, управляющей всеми необходимыми конструкторскими и технологическими данными об изделии.

Наполнение структуры ЭД конкретными документами происходит в ЕИП предприятия на рабочих местах конструкторов, занимающихся только текстовым и графическим наполнением документа, без стилевого оформления документа. Стоит отметить, что создание графики также регламентируется ГОСТ, ОСТ и требованиями заказчика, поэтому для каждого конкретного типа графического документа создается свой шаблон (рис. 2).

Публикация бумажного и интерактивного вариантов ИЭТР происходит с помощью инструментов PDM-системы, используя заданные стили для каждого формата публикации (PDF, HTML и т.д.).

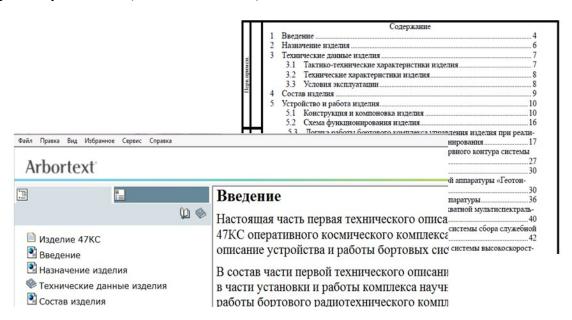


Рис. 2. Публикация ЭД в интерактивном и бумажно-ориентированном форматах

Таким образом, при помощи организации работ по созданию структуры и шаблонов, стилей публикации и представления ИЭТР становятся возможными перенос этапа разработки ЭД на ранние сроки проектирования изделия, оперативный доступ к конкретному документу, исключение этапа форматирования и т.д., что существенно сократит время разработки ЭД.

- 1. Фролова, Е.А. Методы управления качеством интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники: [Электронный ресурс] URL: http://fs.guap.ru/dissov/frolova ea/full.pdf (Дата обращения: 12.03.2019).
- 2. Воронцов, А. Способы сокращения затрат на разработку технической документации: [Электронный ресурс] URL: http://www.wiki.itorum.ru/2013/04/sposoby-sokrashheniya-zatrat-na-razrabotku-texnicheskoj-dokumentacii/ (Дата обращения: 12.03.2019).

## ВЫДЕЛЕНИЕ АНАТОМИЧЕСКИХ ЗОН НА ИЗОБРАЖЕНИИ ГЛАЗНОГО ДНА С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

© Климов И.А.<sup>1</sup>, Ильясова Н.Ю.<sup>1,2</sup>, Широканёв А.С.<sup>1,2</sup>

e-mail: klimov.ilya.05@gmail.com

<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

<sup>2</sup>Институт систем обработки изображений РАН – филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, г. Самара, Российская Федерация

В данной статье предметом исследований является класс изображений глазного дна с патологическими отклонениями на различных этапах. Диабетическая ретинопатия является заболеванием, которое характеризуется наличием экссудатов и как следствие утолщением сетчатки [1]. Изображение глазного дна с патологией содержит в общем 4 класса объектов: толстые, тонкие сосуды, здоровые участки и экссудаты (рис.).

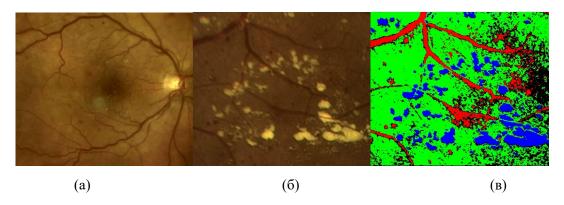


Рис. Изображение глазного дна без патологии (а), с патологией (б), сегментированное (в)

Наиболее предпочтительным методом классификации объектов является свёрточная нейронная сеть [2,3]. Свёрточная нейронная сеть обучалась на сбалансированной выборке, которая содержала 543 изображения. Исходная выборка состояла из 75% обучающих изображений и тестовых. Точность обучения достигла 99,3%.

N	Слои	Параметры	N слоя	Слои	Параметры
1	Convolutional	300 нейронов	3	Activation	Функция: RELU
1	Activation	Функция: RELU	4	Convolutional	150 нейронов
2	Convolutional	300 нейронов	4	Activation	Функция: RELU
2	Activation	Функция: RELU	4	MaxPooling	Размер 2×2
2	Dropout	0,5	4	Dropout	0.5
2	MaxPooling	Размер 2×2	5	Fully-connected	4
3	Convolutional	150 нейронов	5	Activation	softmax

Таблица 1. Архитектура свёрточной нейронной сети.

Для проведения экспериментов были сформированы выборки, содержащие указанные выше 4 класса изображений размером 12×12, на котором достигается наилучший результат тестирования CNN. В настоящем исследовании технология глубокого обучения применялась для сегментации изображении глазного дна (рис.1в) [4]. Была использована оценка врача-эксперта в качестве эталонного изображения для оценки

ошибки сегментации. Исследования производились на классе экссудатов, которые были выделены в отдельное изображение. Ошибка сегментации области с патологией, проводимой с использованием технологии CNN, вычислялась относительно оценки эксперта. Результат сравнения выделенных зон экссудатов (CNN и эксперта) представлен в таблице 2.

Таблина	2.	Лоля:	30H	экссулатов	на	изображении.
таолица		AC2171	3011	экссудатов	Hu	nsoopamemm.

Зоны	Доля зоны экссудатов, %
Зона экссудатов на изображении эксперта	9
Зона экссудатов на изображении CNN	15
Общая зона экссудатов	95.6
Зона экссудатов эксперта, которой нет у CNN	0.4
Зона экссудатов CNN, которой нет у эксперта	6

На основе указанных в таблице данных была определена ошибка сегментации на классе экссудатов: E=(k+t)/NM, где NM- размер изображения, k- количество пикселей, которые CNN не распознала, как экссудаты, но они присутствуют на изображении эксперта, t- количество пикселей, которые CNN распознала, как экссудаты, однако они не присутствуют на изображении эксперта, и составила 7%. Ошибка первого рода:  $E_1=l/F$ , где 1- количество ложно определенных классов-экссудатов, F- общее количество пикселей с экссудатами по изображению эксперта составила 5%.

#### Заключение

В данной работе была применена свёрточная нейронная сеть для анализа изображения глазного дна. Была подобрана архитектура свёрточной нейронной сети, которая обеспечила ошибку тестирования не больше 4%. Размер ядра свёртки был выбран 3×3. СNN обучалась на изображениях размерности 12×12, на которой был достигнут наилучший результат тестирования СNN. В настоящей работе была произведена сегментация входного изображения, при этом свёрточная нейронная сеть с большой точностью смогла определить все классы, на которых производилось обучение. Ошибка сегментации была рассчитана на классе экссудатов, поскольку данный класс является ключевым при проведении операции лазерной коагуляции.

#### Благодарности

Работа выполнена при поддержке Федерального агентства научных организаций (соглашение № 007-ГЗ/ЧЗЗ6З/26); Министерства образования и науки РФ в рамках реализации мероприятий Программы повышения конкурентоспособности Самарского Университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013—2020 годы; грантов РФФИ № 16-41-630761, № 17-01-00972, 19-29-01135.

- 1. Шадричев. Ф.Е. Диабетическая ретинопатия // Современная оптометрия. -2008. T. 36, №4. C. 8-11.
- 2. CNNs Architectures: LeNet, AlexNet, VGG, GoogLeNet, ResNet and more [Электронный ресурс] // Medium. Electronic data. 2017. URL:https://medium.com/@siddharthdas\_32104/cnns-architectures-lenet-alexnet-vgg-googlenet-resnet-and-more-666091488df5 (дата обращения: 10.08.2017).
- 3. Введение в машинное обучение с помощью Python: руковод. для специалистов по работе с данными / А. Мюллер [и др.]; под ред. С. Гвидо. М.: O'Reily Media, 2017. 392 с.
- 4. Ilyasova, N. A smart feature selection technique for object localization in ocular fundus images with the aid of color subspaces / Ilyasova, N, Paringer R, Shirokanev A, Kupriyanov A, Ushakova N. // Procedia Engineering 2017; 201: 736-745. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.09.599.

### РАЗРАБОТКА САЙТА ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА «ПИФАГОР»

#### © Козловская Д.А., Антонова А.А., Морозова Е.В., Батькаев Р.Р., Даниленко А.Н.

e-mail: darya.kozlovskaya.98@inbox.ru, antonushka98@mail.ru, kmorozovav@mail.ru, chipi.198@gmail.com, danilenko.al@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Сайт играет очень важную роль в развитии бизнеса любого предпринимателя. Поэтому при разработке сайта образовательного центра «Пифагор» необходимо было продумать четкую структуру расположения его составных частей в целях представления актуальной информации школьникам для подготовки к экзаменам. Информация, размещенная на сайте, должна быть интересной для посетителей. В ней должна быть отражена актуальность. Заявки с сайта должны обрабатываться оперативно и профессионально. Также необходимо сопровождение текстового контента с помощью разно-форматных медиафайлов. Необходимо наладить оперативную обратную связь с посетителями сайта, представить каталог заданий для обучения школьников, а также грамотно расположить материалы для подготовки к экзамену.

Чтобы заинтересовать пользователей, на сайте размещено обращение директора центра «Пифагор», в котором изложены преимущества образовательного центра. Также сайт содержит каталог заданий для подготовки к экзаменам, который предоставляет эффективный способ закрепление изученного материала для школьников (рис. 1).



Рис. 1. Стартовая страница и каталог сайта

При создании сайта использовался язык разметки CSS для задания стилей объектов, отвечающих за оформление веб-страниц. С помощью CSS можно разделить содержание и оформление веб-документов, что ускоряет процесс создания сайта благодаря наличию единых стилей оформления. Кроме того, каскадные таблицы стилей дают возможность быстро изменять оформление веб-ресурса или вносить в него правки [1].

Важное преимущество таблиц стилей — оформление веб-страницы для разных устройств. Стоит иметь ввиду, что для разных устройств существуют разные таблицы стилей. То есть было сразу создано несколько дизайнов (для печати, просмотра на экране компьютера, мобильных устройствах) в зависимости от того, на каких устройствах планируется вывод сайта [2]. Стиль пишется для каждого устройства один раз при создании сайта (рис. 2).

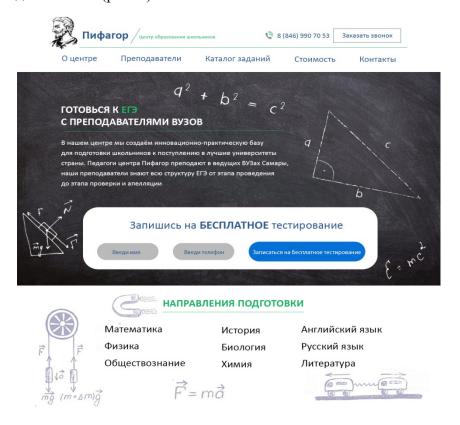


Рис. 2. Структура стилей CSS

- 1. Кузнецов РНР. Практика создания Web-сайтов [Текст] / Кузнецов, М.В. и. М.: БХВ-Петербург, 2016. 895с.
- 2. Шкрыль, А. Программируем для Web-сайта [Текст] / А. Шкрыль. М.: БХВ-Петербург, 2015.-368 с.

#### ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПАРСИНГА XML-ДОКУМЕНТОВ НА ВРЕМЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

© Кочетков В.С., Логанова Л.В.

e-mail: kcht2312@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В настоящее время XML является самым привлекательным форматом информационного обмена. Особенно важной представляется его возможность, которая позволяет отделять форматирование от информационного наполнения, а также экспортировать данные и манипулировать ими.

Основными методами работы с XML являются[1]:

- Simple XML
- DOM
- SAX
- StAX

Принимая во внимание, что XML-документы могут содержать избыточные данные, которые не используются для последующего их анализа и, выбирая те или иные методы работы с XML, можно снизить время обработки документов.

В качестве контрольной выборки были использованы открытые данные сервера госзакупок zakupki.gov.ru, доступные на соответствующем FTP, определен набор извлекаемой информации.

Работа включает в себя реализацию различных способов парсинга XMLдокументов и исследование времени обработки тем или иным методом контрольной выборки документов для выработки рекомендаций относительно использования технологии извлечения данных.

В отличии от DOM-парсера, SAX-парсер осуществляет связь с приложением посредством функций обратного вызова, по этой причине на время обработки файлов влияет количество извлекаемых тегов. Производя контрольные замеры времени исполнения методов SAX-парсера, была выявлена зависимость времени выполнения обработки данных от количества извлекаемых тегов и количества обрабатываемых файлов (документов), представленная в таблице.

Число	Количество	Время выполнения преобразования, мс					
извлекаемых	документов	1	2	3	4	5	среднее
тегов							
4	1000	9374	8545	7500	8850	8726	8599
8	1000	12011	12697	12045	11486	12619	12171
16	1000	11853	14653	12235	13596	13277	13122

Таблица. Время выполнения обработки данных

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при увеличении количества извлекаемых тегов, и соответствующих условий, прописанных в классе парсера, незначительно увеличивается время выполнения их обработки (до 30% при увеличении количества извлекаемых тегов в 2 раза).

Полученные результаты позволяют судить о том, что в рамках работы с XML-документами, содержащими избыточные данных, оправдано использование SAX-парсера, поскольку этот метод не требует загрузки файла как целого объекта, что оптимизирует расход памяти, уменьшает время выполнения обработки данных. В случае увеличения количества извлекаемой информации время обработки изменяется незначительно.

В дальнейшем над извлекаемыми данными может быть выполнена дополнительная обработка, связанная с классификацией данных.

- 1. Дэвид Хантер, Джефф Рафтер. XML. Базовый курс, 4-е издание, Вильямс, 2018. 1344 с.
  - 2. Бретт Маклахлин. Java и XML, 2-е издание, Символ-Плюс, 2016. 544 страницы.
- 3. Выгрузка условий конкурсов с zakupki.gov.ru // [habrahabr.ru] –2015 URL: https://habr.com/post/253201/
- 4. Интеграция XML данных другой путь // [habrahabr.ru] —2017 URL: https://habr.com/ru/post/325186/

УДК 62-529

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПРИРАЩЕНИЯ УСТАВКИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСЧЁТА КОЭФФИЦИЕНТОВ УСИЛЕНИЯ ПИД-РЕГУЛЯТОРА

Кошляков П. С., Медведев Е. Ю., Гусаров А. В.

e-mail: pkoshlyakov1@yandex.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

ПИД-регуляторы находят широкое применение в современных системах автоматического управления производственными процессами авиационной промышленности. Использование ПИД-регуляторов помогает уменьшить энергетические потери на настройку системы и обеспечивают более быстрый выход на требуемые параметры [1]. Реализация ПИД-регуляторов на микропроцессорах, микроконтроллерах ли программируемых логических контроллерах дает возможность изменять настройки регулятора непосредственно в процессе управления объектом.

Настройки регулятора, т. е. значения его коэффициентов усиления и постоянных времени регуляторов, влияют на параметры качества переходного процесса в системе: длительность, колебательность, перерегулирование, установившуюся ошибку. Расчёт коэффициентов усиления и постоянных времени регулятора оператором с использованием ручного ввода данных занимает много времени, что может быть неприемлемо в условиях производства. В связи с этим возникает необходимость в автоматическом расчёте коэффициентов усиления регулятора.

В качестве метода автоматического расчёта коэффициентов регулятора за основу был взят модифицированный метод Коэна-Куна, который показал наилучшие результаты по сравнению с методами Зиглера-Никольса и СНК [2, 3]. При использовании модифицированного метода Коэна-Куна система меньше подвержена колебаниям по сравнению с ситуацией, когда используется обычный метод Коэна-Куна. анализа применимости метода автоматического коэффициентов использовался разработанный на кафедре «Вычислительные системы» РГАТУ лабораторный стенд. Стенд включает в себя вентилятор, приводимый во вращение однофазным асинхронным двигателем, и поворотную заслонку. Заслонка имеет датчик положения. Для создания усилия, которое нужно преодолеть воздушному потоку от вентилятора, чтобы повернуть заслонку, используются мощные постоянные магниты. Двигатель и вентилятор можно представить в виде инерционного звена 1-го порядка с постоянной времени 0,8 с и запаздыванием 0,2 с. Стенд управляется от персонального компьютера. В качестве устройства сопряжения используется программируемый логический контроллер [4].

Последовательность автоматического расчёта коэффициентов следующая:

- размыкание цепи обратной связи системы;
- задание начального значения уставки;
- замыкание цепи обратной связи системы;
- ожидание окончания переходного процесса в системе;
- задание приращения уставки;
- ожидание окончания переходного процесса в системе;
- вычисление  $g_{\Delta}$  отношения изменения приращения выходной величины относительно приращения уставки (в процентах от предыдущих значений);

- вычисление  $t_d$  длительности переходного процесса;
- вычисление  $\tau$  постоянной времени переходного процесса;
- вычисление  $\tau_d$  запаздывания в системе;
- расчет коэффициента усиления пропорционального регулятора  $k_p$  и постоянных времени интегрального  $T_i$  и дифференциального  $T_d$  регуляторов на основании полученных значений  $\tau$ ,  $g_{\Lambda}$  и  $t_d$ ;
- расчет коэффициентов усиления интегрального  $k_i$  и дифференциального  $k_d$  регуляторов.

Цель исследования заключалась в определении величины приращения уставки, при которой будут обеспечен наиболее качественный с точки зрения пользователя переходный процесс. Приращение уставки выбиралось равным 5 % от ее максимальной величины. Были проведены 50 экспериментов, по результатам которых можно сделать следующие выводы.

Лучшие показатели качества переходного процесса были выявлены при начальном значении уставки 20 % и приращении уставки 70 %. Расчёт коэффициентов с такими исходными данными обеспечил отсутствие перерегулирования и время переходного процесса 2, 3 с при запаздывании 0,8 с (рис.).

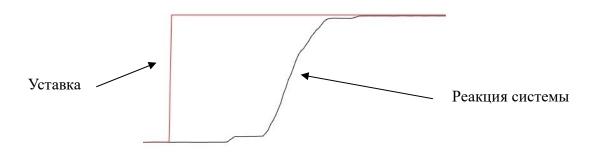


Рис. Реакция системы на ступенчатое входное воздействие

Увеличение запаздывания вызвано конечным временем обработки данных в компьютере и программируемом логическом контроллере, а также задержками при передачи данных между ними. Данные показатели являются лучшими среди всех проведенных экспериментов. Таким образом, модифицированный метод Коэна-Куна позволяет получить наилучшие показатели качества переходного процесса при выборе оптимальных входных воздействиях.

- 1. Назначение регуляторов. [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые дан. URL: https://elektronchic.ru/avtomatika/pid-regulyator-polnoe-opisanie-primenenie.html (дата обращения 08.02.2019).
- 2. Ziegler J. G., Nichols N. B. Optimum settings for automatic controllers [Tekct]// Trans. ASME, 1942, Vol. 64, P. 759 768.
- 3. Chien K. L., Hrones J. A., Reswick J. B. On automatic control of gene- ralized passive systems [Текст] // Trans. ASME, 1952, Vol. 74, P. 175 185.
- 4. Программируемый логический контроллер *Unidrive* M400. Техническое описание и настройка [Электронный ресурс]. URL: http://www.driveka.ru/upload/iblock/7b6/unidrive%20m400 ru%20sp.n.%200778-0060-01%20feb13f.pdf (дата обращения 22.01.2019 г.).

УДК 629.78:681.51

#### ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РОБОТА КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

#### © Краснобаев М.В., Толстель О.В.

e-mail: m.krasnobaev@gmail.com

Балтийский федеральный университет имени Имманула Канта, г. Калининград, Российская Федерация

В ходе работ по теме «Разработка основных функциональных и мехатронных систем роботов для космического и напланетного использования» (уникальный номер ПНИЭР RFMEFI57815X0141) был создан и успешно прошёл исследовательские испытания [1], манипуляционный робот антропоморфного типа (РАТ), представленный на рис. 1, а).

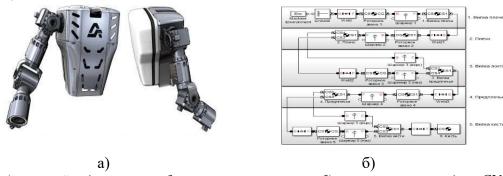


Рис. 1: а) внешний вид корпуса робота с манипулятором; б) компьютерная модель СУ АМ

Для формализованного представления и исследования процесса взаимодействия функциональных блоков системы управления антропоморфного манипулятора (далее СУ АМ) была разработана её компьютерная модель [2], в том числе, в виде системно связанных функциональных блоков в среде Simulink, фрагмент которой представлен на рис. 1, б).

В качестве исходной информации выступает задание на выполнение движения, формируемое программным способом. СУ АМ состоит из систем автоматического регулирования углового положения и угловой скорости звеньев манипулятора. Были выполнены следующие работы по разработке компьютерной модели:

- 1. Разработка мехатронной модели СУ AM в среде SimMechanics (Рис. 1, б);
- 2. Разработка компьютерной модели силовой электрической части системы управления РАТ в среде моделирования и симуляции физических систем SimScape;
  - 3. Разработка позиционной системы управления звеньев СУ;
- 4. Разработка обобщенной компьютерной модели СУ АМ, которая объединяет в себе мехатронную, силовую часть и позиционную систему управления.

На основе созданных моделей была проведена верификация системы управления антропоморфным манипулятором. Результаты исследовательских испытаний [3] подтвердили правильность созданных компьютерных моделей.

Целью дальнейших исследований с созданной моделью СУ АМ является разработка методики построения СУ АМ, позволяющей автономно проводить манипуляции при выполнении рутинных повторяющихся типовых движений (т.н. «сценариев»), при работе с элементами космической техники, например при регламентных работах снаружи МКС или обслуживании спутников.

Проведены исследования управления манипулятором в режиме копирования действий оператора с помощью костюма управления, проанализированы полученные сигналы. Исследованы возможности использования в данной задаче некоторых технологий искусственного интеллекта, с учётом организации настройки СУ АМ в ходе обучения.

На основании проведённых исследований для перспективного интеллектуального управления было выбрано применение нечёткого контроллера. Для построения базы нечетких правил используется метод на основе численных данных. Построение базы нечетких правил происходит в несколько этапов. На первом этапе разделяется пространство входных и выходных данных. Входными данными в нашем случае являются конечное положение звена антропоморфного манипулятора, выходными данными — угол поворота звена. На следующем этапе происходит построение нечетких правил на основе обучающих данных. Оператор на специальном стенде производит необходимые действия при помощи управляющего костюма копирующего типа. Данные работы звеньев регистрируются в специальной базе данных. Из-за наличия правил с одинаковыми условиями, но разными следствиями, на следующем этапе происходит приписывание каждому правилу степени истинности. На последнем этапе происходит непосредственное создание базы нечетких правил. Способ построения представлен на рис. 2.

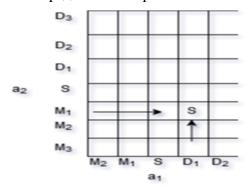


Рис. 2. Форма базы нечетких правил

База представляется таблицей, заполненной нечеткими правилами, которая заполняется следующим образом: если правило 1 ( $a_1(1)$ ,  $a_2(1)$ , c(1)): если  $a_1$  есть  $D_1$  и  $a_2$  есть  $M_1$ , то с есть S, то на пересечении строки  $D_1$  (терм переменной  $a_1$ )и столбца  $M_1$  (терм переменной  $a_2$ ) вписываем имя нечеткого множества из следствия, т.е. S (терм выходной переменной c). Далее база нечетких правил сохраняется в качестве файла .fis (формат Matlab fuzzy) и может использоваться в нечетком контроллере.

Таким образом при задании модели типа выполняемой операции и первоначальных координат система управления на основе нечетких правил будет в состоянии произвести необходимые действия без участия оператора.

- 1. Отчет о ПНИЭР «Разработка основных функциональных и мехатронных систем роботов для космического и напланетного использования» Этап 1, 2. 2016. URL: http://rosrid.ru/nioktr/ 2EGWEZUKKH5DLK0NVFRIBHBU/.
- 2. Control system of the anthropomorphous robot for work on the low-altitude earth orbit / I.M. Kutlubaev, A.A. Bogdanov, M.V. Krasnobaev et al.//International Journal of Pharmacy&Technology 2016. 09. Vol. 8. Pp. 18193–18199.
- 3. Anthropomorphous type robot control system research tests results / A.A. Bogdanov, A.A. Shponko, M.V. Krasnobaev et al.//Journal of Engineering and Applied Sciences 2017. 01. Vol. 12 (13). Pp. 3421–3426.

#### РАЗРАБОТКА МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО WEB-ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ КАТАЛОГА МАГАЗИНА ОДЕЖДЫ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ПАКЕТЕ DJANGO

#### © Курепин Л.В., Кузнецов А.П., Ионов А.Н., Лисецкий А.К.

e-mail: aleksandrlisetckii@gmail.com, danilenko.al@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Многие современные задачи приводят к необходимости применять webприложения как инструмент товарно-денежных отношений в повседневной жизни. Для решения таких задач существует множество программ, доступных к установке на компьютер пользователя и использующих стандартные методы создания webинтерфейса для соответствующей предметной области.

Большим недостатком таких программ является их дороговизна и сложность для пользователя, а также необходимость создания административной панели сайта и ее функций самостоятельно. Поэтому задача разработки такого прикладного webприложения для обеспечения пользователя возможностью выбора и покупки товара является актуальной [1].

Разработанное авторами приложение позволяет пользователю: клиенту

- 1. осуществлять выбор товара в динамическом и удобно масштабируемом каталоге с разделами и подразделами;
- 2. осуществлять поиск по названию товара и использовать различные сортировки в соответствии с атрибутами товара;

владельцу

- 3. добавлять, удалять товары из каталога;
- 4. изменять атрибуты товаров;
- 5. редактировать список товаров, предлагаемых в случае поискового запроса клиента, не давшего результатов и на главной странице сайта.

Web-приложение состоит из двух основных частей: непосредственно каталога доступного всем пользователям и административной панели доступной только после ввода необходимого логина и пароля

Любой пользователь имеет доступ к странице интернет-магазина, которая разбита на 3 основные части: область подразделов и поиска, область отображения товаров, соответствующих подразделу или условиям поиска и сортировки, и рекламный баннер вверху страницы.

Пользователь с логином и паролем администратора имеет доступ ко всем функциям приложения, посредством использования необходимых опций на административной панели интернет-магазина.

Приложение разрабатывалась с использованием фреймворка Django, языка программирования Python 3.0, в среде JetBrains PyCharm Community Edition 2018.3.4. Использовалась Model-View-Controller (MVC, «Модель-Представление-Контроллер», «Модель-Вид-Контроллер») — схема разделения данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер — таким образом, что модификация каждого компонента может осуществляться независимо (рис. 1, 2).

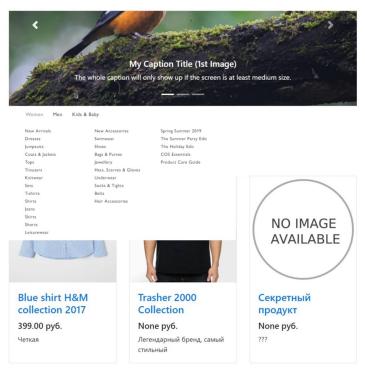


Рис. 1. Страница со списком товаров и разделов



Рис. 2. Схематизированное графическое представление паттерна МVС

При разработке данного приложения модель MVC была реализована с помощью фреймворка Django [2].

При разработке дизайна интернет сайта использовалась Bootstrap-свободный набор инструментов для создания сайтов и веб-приложений. Включает в себя HTML- и CSS-шаблоны оформления для типографики, веб-форм, кнопок, меток, блоков навигации и прочих компонентов веб-интерфейса, включая JavaScript-расширения. Bootstrap использует современные наработки в области CSS и HTML,

- 1. Кузнецов РНР. Практика создания Web-сайтов [Текст] / Кузнецов, М.В. М.: БХВ-Петербург, 2016.-895 с.
- 2. Django documentation [Электронный ресурс]. URL: https://docs.djangoproject.com/en/1.7/topics/db/models/ Models. (Дата обращения: 26.04.2019).

УДК 004.855.5

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕКСТОВОГО ОТРЕЗКА

#### © Куцаева Т.О., Солдатова О.П.

e-mail: ktotaika.tk@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва г. Самара, Российская Федерация

Одной из задач, решаемых с помощью нейронных сетей является прогнозирование. Для решения задачи прогнозирования используются рекуррентные нейронные сети[1].

В данном исследовании изучается возможность рекуррентных нейронных сетей «дописывать» текст, используемый при обучении, сохраняя тему и стилистику. Для этого была создана рекуррентная нейронная сеть с архитектурой LSTM [2]. Обучение модели происходило по алгоритму Adagrad.

Программа выполнена на языке Python посредством PyCharm от JetBrains.

С помощью разработанной нейронной сети были проведены четыре серии экспериментов по 5-6 подходов, каждый по 5 минут. В серии по одиночке варьировались следующие показатели: коэффициент обучения, количество нейронов в скрытом слое, длина символьной последовательности в единицу времени, взятая для обучения, стандартное отклонение весов.

По итогу каждой из серий выбиралось значение изменяемого параметра, при котором дописанный текст был наиболее удобен для восприятия человеком, владеющим английским языком на базовом уровне.

Обучение проводилось на текстовом файле с пьесой «Король Лир» на английском языке длиной 150000 знаков, из которых 64 уникальных.

По итогам всех серий экспериментов наиболее оптимальными были взяты значения: коэффициент обучения -0.5, 90 нейронов в скрытом слое, 10 символов брались в единицу времени для обучение и стандартное отклонение весов -0.7.

После 5 минут обучения нейронной сети с данными параметрами, на выходе был получен следующий отрезок текста длиной 200 символов.

Deave, And thy daughters By he and my I am joed up inmently full I venying lettery he mife ramible thou delive:

Do cury ling of dost EDMUND, sork their own, anon's what, Which this, thine nother,

Как видно, присутствуют существующие предлоги, местоимения, короткие слова и связки слов (например, he, what, daughter, theirown).

- 1. Elman J.L. Finding structure in time // Cognitive science, 1990. Vol. 14,no. P. 179 211.
- 2. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory  $/\!/$  Neural computation 9, 1997. Issue 8. P. 1735 1780.

УДК 519.246.8

### СТРУКТУРА ЛОКАЛЬНЫХ ТРЕНДОВ В АНАЛИЗЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

#### © Лаптев С.Г., Плотников А.Н.

e-mail: serg.1012@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, российская Федерация

Задачей статистического анализа временных рядов является распознавание трендов и прогнозирование. Возможность прогнозирования определяется наличием и характером закономерности в изменчивости временного ряда — связи между индивидуальными значениями. При полном отсутствии закономерности ряд представляет собой случайную последовательность. В связи с этим возникает проблема случайности — установление критериев нарушения случайности, т.е. наличия закономерности при отсутствии явных, видимых невооружённым глазом трендов.

По литературным источникам известно более 20 критериев случайности [ 2 ], в том числе построенных на статистике локальных трендов. Знаки последовательных разностей временного ряда образуют симметричную двоичную последовательность ( $-\sim 0$ ,  $+\sim 1$ ). При этом серия 0 или 1 эквивалентна локальному нисходящему или восходящему тренду во временном ряду. Восходящему тренду длиной l будет соответствовать отрезок вида  $0 1 \dots 10 \dots 10$ .

При выводе закона формирования трендов используем тот факт, что соотношение порядка между членами временного ряда непрерывной величины инвариантно к закону ее распределения. Поэтому, не ограничивая общность результатов и выводов, достаточно рассмотреть закономерность «трендовых» серий в случайной выборке из совокупности R(0,1). Таким образом, вероятность любого отрезка последовательности теперь однозначно определится в виде:

$$P\{\underbrace{001...01}_{n-1}\} = \int_{0}^{1} dx_{n} \int_{0}^{x_{n}} dx_{n-1} \int_{x_{n-1}}^{1} dx_{n-2} ... \int_{0}^{x_{4}} dx_{3} \int_{x_{3}}^{1} dx_{2} \int_{x_{2}}^{1} dx_{1}.$$
(1)

Вероятность любой перестановки n-1 кодированных последовательных разностей составит:

$$P_n = \int_0^1 \varphi_n(x) dx , \qquad (2)$$

где  $\varphi_n(x)$  многочлен порядка n-1, а его коэффициенты имеют вид правильных дробей с факториальными знаменателями [1].

Дальнейшие исследования дают основание сформулировать спектральный критерий случайности временного ряда, поскольку локальные тренды строго стационарного временного ряда образуют отчетливую спектральную структуру. Спектральные полосы представляют собой функции Гаусса, задающие положение и интервал возможных значений для числа трендов фиксированной длины каждого типа и знака. Количество и контрастность спектральных полос возрастают по мере увеличения длины последовательности.

Одним из непосредственных и актуальных приложений полученных результатов является тестирование алгоритмических генераторов псевдослучайных чисел. На рисунке представлены результаты статистического моделирования. Гистограммы числа серий фиксированной длины построены по r=2000 реализациям нормальной выборки объема n=10000. Сглаживающие кривые представляют собой функции Гаусса с числовыми характеристиками представлены в таблице.

Таблица 1. Средние и дисперсии числа восходящих локальных трендов фиксированной длины

l	2	3	4	5	≥ 6
$\frac{\mu}{n}$	0.208	0.092	0.026	0.006	$\frac{l^2+l-1}{(l+2)!}$
$\frac{\sigma^2}{n}$	0.141	0.060	0.022	0.006	$\frac{l^2+l-1}{(l+2)!}$

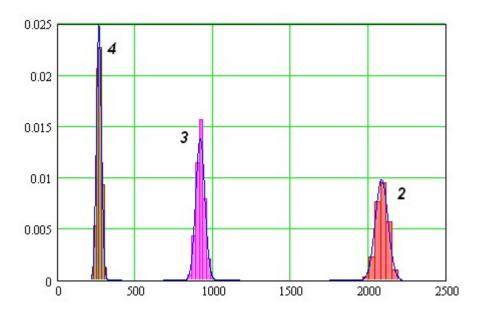


Рис. Теоретическое и экспериментальное распределение числа восходящих локальных трендов длины  $l=2\div 4$ 

- 1. Плотников А.Н. Элементарная теория анализа и статистическое моделирование временных рядов [Текст]: учеб. пособие для вузов/ Плотников А.Н. СПб.; М.: Лань, 2017, 220 с.
- 2. Лемешко Б.Ю. Критерии случайности и отсутствия тренда[Текст]: учеб. пособие для вузов/ Лемешко Б.Ю. М.: Новосибирский технический университет, 2015, 121 с.

#### РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ И ОГЭ ПО МАТЕМАТИКЕ ПОД ПЛАТФОРМУ ANDROID

#### © Лапшин Д.А., Даниленко А.Н.

e-mail: danilenko.al@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Android — операционная система для мобильных устройств: смартфонов, планшетных компьютеров, карманных персональных компьютеров (КПК). В настоящее время именно Android является самой широко используемой операционной системой для мобильных устройств [1].

Смартфоны и планшеты все больше входят в нашу жизнь. Мы смотрим на них кино, составляем документы, играем и учимся. Стало возможным учиться там, где ты находишься: выдалась минутка — можно открыть приложение и потренироваться в каком-нибудь предмете. Для мобильных приложений подходят любые предметы, для усвоения которых достаточно посмотреть видеолекцию, и пройти минимальный вариант практики, например, в виде теста. Большинство предметов можно адаптировать под такой формат. Эффективность подобного обучения зависит от конкретной реализации [2].

Единый государственный экзамен (ЕГЭ) — централизованно проводимый в Российской Федерации экзамен в средних учебных заведениях — школах, лицеях и гимназиях. Служит одновременно выпускным экзаменом из школы и вступительным экзаменом в вузы. При проведении экзамена на всей территории России применяются однотипные задания и единые методы оценки качества выполнения работ [3].

Основной поставленной нами задачей являлась разработка приложения, которое могло бы помочь учащимся в школе подготовиться к ЕГЭ и ОГЭ по математике. Существует много аналогов, но все они сделаны в форме тестов и не затягивают пользователей в игровой процесс. Основная сложность разработки нашего приложения заключалась в создании интересных игровых механик под каждую задачу индивидуально. Но это было полностью оправдано, так как в итоге пользователь не видит перед собой электронный тест, а видит игру, в которую интересно играть.

Разработанное авторами приложение позволяет пользователю: зарегистрироваться в системе; играть в любую из шести игр; сохранять достижения и определять по какой задаче у него пробелы; зарабатывать монеты, за которые пользователь может открыть другие задачи; изменять информацию в своём профиле.

Зарегистрированный пользователь имеет доступ ко всем функциям приложения, посредством использования соответствующих разделов: «игры», «достижения», «ещё» (рис. 1). В разделе «игры» пользователь может выбрать и сыграть в одну из 6 игр на выбор. Ему будет продемонстрировано обучение игры (рис. 2). В конце игры пользователь получит очки достижения и монеты, которые сможет потратить в магазине. В разделе «достижения» отображается прогресс пользователя. В разделе «ещё» находится магазин, информация о пользователе, которую он может изменить, и информация о приложении. Игровой процесс представлен на рисунке 3.

Приложение разрабатывалось в интегрированной среде разработки Android Studio 3.0, с использованием языка программирования Java 8.

Разработанное приложение опубликовано в Google Play и имеет более 10000 установок, а также более 190 отзывов. Оно помогает пользователям подготовиться к слаче экзаменов.



Рис. 1. Разделы приложения: «игры», «достижения» и «ещё»



Рис. 2. Обучение игре



Рис. 3. Игровой процесс

- 1. Введение в разработку мобильных приложений [Электронный ресурс] // НОУ «ИНТУИТ» 2003-2017. URL: https://www.intuit.ru/studies/courses/12643/1191/lecture/21980 (дата обращения: 10.04.2019).
- 2. Мобильное обучение [Электронный ресурс] // Интернет ресурс AppTractor. URL: https://apptractor.ru/mLearning/ (дата обращения: 15.04.2019).
- 3. Официальный информационный портал единого государственного экзамена (ЕГЭ 2019) [Электронный ресурс]. // URL: http://www.ege.edu.ru/ru/ (дата обращения: 12.04.2019).

УДК 004.896, 004.942

## ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АЛГОРИТМОВ ИНИЦИАЛИЗАЦИИ ВЕСОВ РАДИАЛЬНО-БАЗИСНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ АППРОКСИМАЦИИ

© Лякишев А.А., Лёзина И.В.

e-mail: aqua phoenix@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Основная задача аппроксимации — построение аппроксимирующей (приближенной) функции, которая наиболее близко проходит около заданных точек или около некоторой заданной непрерывной функции. В основном, такая задача возникает, если в исходных данных задачи присутствуют некоторые погрешности, когда алгоритмы интерполяции использовать нецелесообразно.

Существуют различные алгоритмы для аппроксимации функции, например, с помощью метода наименьших квадратов, различных видов интерполяции, включая полиномы Лагранжа, и так далее. Но все эти алгоритмы становятся неэффективными, если речь идет о большом количестве данных. В таком случае целесообразнее использовать нейронные сети.

Нейронная сеть представляет собой совокупность параллельных распределенных процессов (нейронов), каждый из которых принимает сигнал на вход, обрабатывает его и подает на выход [1]. Для решений данной задачи можно использовать различные виды нейронных сетей: персептроны, радиально-базисные сети, самоорганизующиеся сети и так далее. Структура радиально-базисной нейронной сети представляет собой один скрытый слой, нейроны которого выполняют нелинейное преобразование входных сигналов с использованием радиальной функции активации, и выходного слоя, который состоит из единственного нейрона, который выполняет линейное суммирование входных сигналов.

Для того, чтобы нейронная сеть стала работоспособной, ее необходимо обучить. Существуют различные способы инициализации начальных параметров нейронной сети. Самый простой способ – случайная инициализация весов в диапазоне [0; 1].

Второй способ — алгоритм имитации отжига. Идея данного алгоритма основана на имитации физического процесса при кристаллизации вещества в процессе процедуры отжига металлов. При отвердевании материала его температура постепенно понижается до 0. В процессе медленного управляемого охлаждения, называемого отжигом, кристаллизация тела сопровождается глобальным уменьшением его энергии, но случаются ситуации, в которых она может кратковременно возрастать, благодаря чему возможен выход из локальных минимумов, которые возникают при реализации процесса. Перед началом алгоритма веса инициализируются случайными значениями в интервале [0; 1]. Для работы алгоритма необходимо определить начальную температуру Т и коэффициент остывания R. Если значение Т будет слишком большим, алгоритм будет слишком долгим, а если маленьким — алгоритм будет неэффективен. Большой коэффициент остывания приведет к тому, что вероятность принятия решений будет стремительно уменьшаться. После задания этих коэффициентов выполняется имитация отжига [2, 3]. Затем нейронную сеть необходимо обучить любым способом, например, по алгоритму обратного распространения ошибки.

Другим алгоритмом инициализации является дифференциальный эволюционный алгоритм. Это метод многомерной математической оптимизации, относящийся к классу стохастических алгоритмов оптимизации, использующий методы генетических алгоритмов [4, 5]. В качестве начальной популяции выбирается случайный набор из N векторов из пространства решений. Для распределения исходной популяции обычно используется выборка из равномерного распределения. На каждой итерации алгоритма генерируется новое поколение векторов путем комбинирования векторов предыдущего поколения.

Результаты исследования зависимости СКО аппроксимации при различных способах инициализации весов нейронной сети представлены в таблице.

	СКО				
Zarou pagupagagagaga	Случайная инициализация		Дифференциальный		
Закон распределения		Имитация отжига	эволюционный		
			алгоритм		
Нормальный	0.03234	0.03038	0.03085		
Экспоненциальный	0.06286	0.06243	0.06184		
Арксинусоидальный	0.04929	0.04015	0.04475		
Лаплас	0.04161	0.04021	0.03895		
Релей	0.05423	0.05393	0.05424		
Вейбулл	0.05344	0.05245	0.05324		

Таблица. СКО при различных способах инициализации

Проанализировав результаты, можно сделать вывод, что использование алгоритма имитации отжига или дифференциального эволюционного алгоритма улучшает точность аппроксимации нейронной сетью.

- 1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс [Текст]/С. Хайкин. М.: ООО "И.Д. Вильямс". 2006. 1104 с.
- 2. Лякишев, А.А. Автоматизированная система аппроксимации плотности вероятности радиально-базисной нейронной сетью с применением алгоритмов инициализации весов [Текст] / А.А. Лякишев, И.В. Лёзина // Международная научно-техническая конференция «Перспективные информационные технологии (ПИТ-2018)». 2018. С. 122-125.
- 3. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского [Текст]/С.Осовский. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.
- 4. А.В. Пантелеев, И.Ф. Дмитраков. Применение метода дифференциальной эволюции для оптимизации параметров аэрокосмических систем [Электронный ресурс] Электрон. Текстовые дан. Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 37, 2010. режим доступа к журн.: http://www.trudymai.ru/upload/iblock/f49/primenenie-metoda-differentsialnoy-evolyutsii-dlya-optimizatsii-parametrov-aerokosmicheskikh-sistem.pdf, свободный.
- 5. Storn, R. Differential Evolution a Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces [Τεκcτ]/R. Storn, K. Price. Journal of Global Optimization, Kluwer Academic Publishers, 1997. C. 341-359.

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОК РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

#### © Мавлютов В.Д., Головнин О.К.

e-mail: monahovaman@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

С каждым годом увеличивается протяженность дорог, внедряются современные схемы организации дорожного движения, что приводит к увеличению количества технических средств организации дорожного движения (ТСОДД) на дорогах общего пользования и осложнениям при проведении паспортизации и инвентаризации автомобильных дорог и управляющих объектов транспортной инфраструктуры [1]. Для повышения результативности инвентаризации ТСОДД предложен вариант автоматизации технологических процессов сбора, хранения, планирования и анализа информации о состоянии автодорог с использованием технологии радиочастотной идентификации (RFID) [2].

Разработана автоматизированная информационная система, обеспечивающая проведение инвентаризации ТСОДД и других объектов транспортной инфраструктуры, помеченных RFID-метками. Применён способ автоматической идентификации ТСОДД, в котором посредством радиосигналов считываются данные, хранящиеся в RFID-Используется пассивная RFID. обеспечивающая система функционирование меток, прикрепленных к ТСОДД, без встроенных источников Используемая система RFID позволяют считывать информацию, находящуюся вне пределов видимости считывателя. Идентификационный код ТСОДД хранится в метке, состоящей из микрочипа, прикрепленного к антенне. Каждая RFIDпозволяет получить полную инвентаризационную опись Обеспечивается мобильность и расширяемость за счет постепенного удешевления RFID-меток и сокращения их размеров.

Разработанная автоматизированная система предоставляет следующее функции для всех пользователей:

- чтение данных со считывателя RFID-меток;
- передача данных на устройство первичной обработки;
- запись сведений о ТСОДД в базу данных инвентаризационных отчетов с учетом возможных коллизий;
- формирование отчетов с настраиваемыми параметрами;
- ведение базы данных ТСОДД.

Пользователи в системе могут иметь одну из следующих ролей: пользователь, специалист, система автоматизации и администратор базы данных (рис.). В режиме «пользователя» может быть выполнен поиск записей, находящихся в базе данных; при этом имеется возможность задавать определенные критерии для поиска; инвентаризационный отчет экспортируется в MSWord или MSExcel. В режиме «специалист» доступна возможность не только просмотра базы данных объектов транспортной инфраструктуры, но и добавления, удаления и изменения записей. В режиме «администратор базы данных» доступны функции добавления новых

пользователей и назначения пользователям ролей; администратор может вести справочники системы. Режим работы «система автоматизации» работает автоматически: могут быть добавлены записи, внесены изменения в базу данных и помечены записи, которые необходимо проверить.

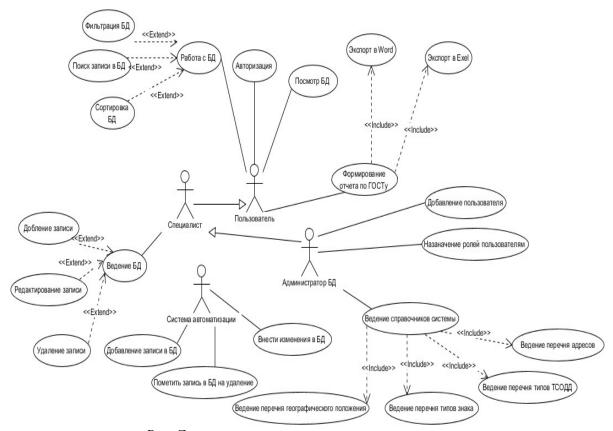


Рис. Диаграмма вариантов использования системы

Ожидается, что за счет сокращения времени на актуализацию сведений о ТСОДД, установленных на улично-дорожной сети, и на основе данных, полученных с RFID-меток, разработанная автоматизированная система позволит эффективно эксплуатировать транспортную инфраструктуру:

- снижает затраты бюджетных средств на содержание объектов транспортной инфраструктуры и обеспечение нормативного состояния автодорог и ТСОДД;
- обеспечивает лиц, принимающих решение о, оперативной и достоверной информацией о ТСОДД.

- 1. ВСН 1-83. Типовая инструкция по техническому учету и паспортизации автомобильных дорог общего пользования [Текст] / Министерство автомобильных дорог. М., 1983.
- 2. Головнин, О.К. Автоматизированный мониторинг объектов транспортной инфраструктуры с использованием технологии RFID [Текст] / О.К. Головнин, В.Д. Мавлютов // ИТ&Транспорт: сборник науч. статей. Самара: Интелтранс, 2018. Т. 10. С. 33–38.
- 3. Гудин, М. Технология RFID: реалии и перспективы [Электронный ресурс] / М. Гудин, В. Зайцев // Компоненты и технологии. 2003. № 30. URL: cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-rfid-realii-i-perspektivy.
- 4. Weinstein, R. RFID: a technical overview and its application to the enterprise [Текст] // IT professional. 2005. Vol. 7. No. 3. P. 27-33.

УДК 004.932.4

## СРАВНЕНИЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА С НИЗКОЧАСТОТНЫМ ФИЛЬТРОМ БАТТЕРВОРТА И ФИЛЬТРАМИ ЧЕБЫШЁВА ПЕРВОГО И ВТОРОГО РОДА

#### © Мастяева А.М.

e-mail: fish.nastya@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Изображения, сформированные различными оптико-электронными системами и зарегистрированные с помощью разнообразных приёмников, искажаются действием помех различного характера. Фильтрация изображений позволяет избавить их от искажений.

В данной работе для обработки изображений использовалась фильтрация в частотной области. Целью работы является сравнение низкочастотного фильтра Баттерворта с эллиптическим фильтром и фильтрами Чебышёва первого и второго рода. В качестве тестовых изображений были взяты дифракционные изображения с искажением и без. Для измерения качества фильтрации использовалась метрика пикового соотношения сигнал/шум – метрика PSNR.

Основной элемент частотной фильтрации — это преобразование Фурье, результатом которого является представление изображения в частотной плоскости, в которой выполняются операции для улучшения изображения.

Для того, чтобы произвести фильтрацию изображения в частотной области необходимо: центрировать изображение, произвести прямое преобразование Фурье, умножить его на функцию фильтра, вычислить обратное преобразование Фурье, выделить вещественную часть, скомпенсировать центрирование изображения на первом этапе обработки.

Реализация алгоритмов фильтрации производилась с помощью языка программирования Matlab. Было реализовано 4 функции: BatterworthLowPassFilter(input, d0, n, M, N), на вход которой подается название файла изображения, частота среза, порядок и размерности изображения, Chebyshev1TypeFilter(input, d0, n, e, M, N), Chebyshev2TypeFilter(input, d0, n, e, M, N), EllipticalFilter(input, d0, n, e, s, M, N).

Проверка качества фильтрации производилась с помощью метрики PSNR (peak signal-to-noise ratio) пикового соотношения сигнала к шуму.

В результате применения фильтра Баттерворта к зашумленному тестовому изображению оказалось, что наибольшее значение PSNR получилось равным 24.5004. Наилучший показатель PSNR получился при использование фильтра Чебышёва первого рода. Он составил 24.6671.

В ходе данной работы были проанализированы методы фильтрации изображений: фильтр Баттерворта, фильтр Чебышёва первого и второго рода и эллиптический фильтр.

Была разработана программа на языке программирования Matlab, реализующая данные методы фильтрации.

Произведено сравнение данных алгоритмов, основываясь на метрике PSNR. В результате эксперимента выяснилось, что лучше всего, из выбранных фильтров, с задачей устранения шумов справляется фильтр Чебышёва первого рода.

- 1. Кафедра Прикладной и Компьютерной Оптики [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://aco.ifmo.ru/el books/image processing/7 01.html.
- 2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. Москва: Техносфера, 2006. 616 с.
- 3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. Москва: Техносфера, 2005.-1072 с.
- 4. Коберниченко В. Расчет и проектирование цифровых фильтров / В. Коберниченко. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2013. — 64 с.
- 5. Кудряков С. Теоретические основы фильтрации сигналов / С. Кудряков, Е. Соболев, Е. Рубцов. Санкт-Петербург: 2018. 198 с.
- 6. Фурсов, В.А. Построение КИХ-фильтров в заданном параметрическом классе частотных характеристик для коррекции дефокусировки / В.А. Фурсов // Компьютерная оптика. -2016. Т. 40, №6. С.878-886. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-6-878-886.
- 7. Fursov, V.A. Conforming identification of the fundamental matrix in the image matching problem / V.A. Fursov, A.V. Gavrilov, Ye.V. Goshin, K.G. Pugachev // Computer Optics in Eng. 2017. Vol. 41(4). P. 559–563.

УДК 004.896, 004.942

#### ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕТИ КОХОНЕНА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ

#### © Морозов И.С., Лёзина И.В.

e-mail: morozzz689@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Для оцифровки рукописного текста при распознавании могут применяться различные на концептуальном уровне нейронные сети и алгоритмы. Задача распознавания образа является одной из множества возможных сфер применения сетей типа самоорганизующаяся карта.

Целью работы является разработка автоматизированной системы, функционал которой позволяет проводить эксперименты по распознаванию рукописных символов нейронной сетью Кохонена, хранить и выводить результат для изучения возможностей сети и сравнения с другими нейронными алгоритмами при решении данной задачи.

Входные сигналы нейросети будут заданы бинарным вектором, формируемым в ходе обработки изображения символа при помощи алгоритмов пороговой бинаризации и векторизации.

Значения входных векторов будут нормализированы, для обеспечения связного разделения пространства данных [1].

С учетом проведенной нормализации инициализация синаптических весов сети выполняется в соответствии с условием [2]:

$$0.5 - \frac{1}{\sqrt{M}} \le W_{ij} \le 0.5 + \frac{1}{\sqrt{M}},$$

где  $W_{ij}$  – вес связи нейрона со входом сети, М – количество входов сети.

В ходе данного исследования в системе реализована самообучающаяся сеть Кохонена, использующая алгоритм "WinnerTakesAll" при корректировке весов, как один из наиболее широко используемых. В соответствии с ним коррекция весов производится по формуле [1]:

$$W = W + n(X - W)$$
.

где W — вектор весов связей нейрона победителя, X — входной вектор сети, а  $\eta$  — коэффициент скорости обучения.

Для определения нейрона – победителя в качестве меры использовался критерий минимума Евклидова расстояния, нейрон находится в соответствии с формулой[3]:

$$i = argmin_{j} ||X - W_{j}||, j = 1, 2, \dots, n,$$

где  $W_j$  — вектор весов связей нейрона, X — входной вектор сети, n — количество нейронов сети, а i — нейрон — победитель.

Для последующего сравнения результатов работы сети с сетями других типов и задания прямого соответствия обучающего символа с одним кластером, при реализации сети Кохонена применен механизм утомления нейронов. На каждой эпохе обучения в конкуренцию могут вступать нейроны, уровень утомления которых выше минимального уровня, а усталость нейронов определяется формулой [1]:

$$p_i(k+1) = \begin{cases} p_i(k) + \frac{1}{n}, (i \neq w) \\ p_i(k) - p_{min}, (i = w) \end{cases}$$

где  $p_i$  — уровень утомления нейрона i,  $p_{min}$  — минимальный уровень утомления, k — эпоха обучения сети, n — количество нейронов сети, а w — нейрон — победитель.

Этап обучения сети производится в несколько эпох, в каждой из которых производится коррекция весов сети в соответствии с описанными выше формулами. При подаче очередного обучающего вектора на вход сети, с учетом критерия минимума Евклидова расстояния и механизма утомления определяется нейрон — победитель, соответствующий кластеру символа. Для данного нейрона производится корректировка весовых коэффициентов.

Коэффициент скорости обучения зависит от эпохи обучения и задается малым значением, уменьшающимся с каждой эпохой [3].

Для сбора статистики о корректности результата распознавания, после процесса обучения на вход сети будут поданы обучающие символы. По результату распознавания будут установлено соответствие между победившим кластером и обучающим символом.

На этапе функционирования сети на вход подается вектор распознаваемого символа. При помощи определения критерия минимума Евклидова расстояния, определяется кластер — победитель. По установленному ранее соответствию с обучающим символом, делается вывод о корректности распознавания.

По результатам экспериментов, проведенных в системе (таблица 1), можно сделать вывод, что сеть Кохонена может достаточно эффективно применяться в задаче распознавания рукописных символов.

Таблица 1. Сеть Кохонена

Символ	Отношение	% успеха
Bce	111 / 140	79,29
a	14 / 20	70
Γ	19 / 20	95
e	18 / 20	90
К	17 / 20	85
Л	15 / 20	75
Н	16 / 20	80
Ч	12 / 20	60

Таблица 2. Сеть Хемминга

Символ	Отношение	% успеха	
Bce	108 / 140	77,14	
a	15 / 20	75	
Γ	18 / 20	90	
e	19 / 20	95	
К	15 / 20	75	
Л	15 / 20	75	
Н	16 / 20	80	
Ч	10 / 20	50	

В сравнении с результатами нейронной сети Хемминга [4] (таблица 2), исследуемая сеть показала сопоставимую точность распознавания.

- 1. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / Пер. с польского И.Д. Рудинского М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.: ил.
- 2. Нейронные сети Кохонена [электронный ресурс] // Neuronus.com Портал знаний об искусственном интеллекте URL: https://neuronus.com/theory/nn/955-nejronnye-seti-kokhonena.html
- 3. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс, 2е издание [Текст] / С. Хайкин М.: Издательский дом "Вильямс", 2006-1104 с.
- 4. Морозов, И.С., Сравнение возможностей сетей Хопфилда и Хемминга при решении задачи распознавания рукописных символов [Текст] / И.С. Морозов, И.В. Лёзина // Международная научно—техническая конференция «Перспективные информационные технологии (ПИТ–2018)». 2018. С. 131–132.

#### РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО САЙТА-КАТАЛОГА О ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТЯХ РОССИИ

#### © Нестерова А.А., Николашин В.О., Смолев А.М., Даниленко А.Н.

e-mail: nest30100@gmail.com, danilenko.al@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Планируя свой отдых, люди, как правило, стремятся получить как можно больше информации о местах, которые собираются посетить. В современном мире основным источником подобной информации может быть интернет. На территории России находится множество интересных и красивых мест, достойных внимания туристов. Это обусловливает актуальность создания сайта, на котором собрана и каталогизирована информация о достопримечательностях, расположенных на территории этой страны.

В настоящее время в веб-разработке применяются такие языки программирования как JavaScript, Java, PHP, Puthon, Ruby, Perl, C, SQL и некоторые другие. Также необходимо применять знания языков разметки (HTML, CSS). Основным языком разработки сайта был выбран Python, как гибкий, удобный для визуализации, быстрого прототипирования и написания алгоритмов язык. Для создания вспомогательной базы данных и работы с ней использовались методы языка SQL.

При создании сайта использовался фреймворк Django [1] для веб-приложений на Python и CSS-фреймворк Bootstrap [2].

Цель работы: разработка сайта-каталога достопримечательностей России с использованием языка Python.

#### Залачи:

- изучение средств создания сайта;
- создание интерфейса сайта, удобного для будущих пользователей;
- составление базы данных для сайта-каталога, содержащую интересную и актуальную информацию о достопримечательностях России;
- разбиение информации по категориям и добавление на сайт возможности поиска для удобства обращения пользователей к базе данных.

Разрабатываемые компоненты сайта:

- главная страница;
- страница «По категориям» (рис. 1);
- страницы категорий;
- страницы достопримечательностей (рис. 2);
- страница поиска;
- страница «О сайте».

В результате был разработан информационный сайт-каталог. Все требования по функциям сайта выполнены.

Благодаря использованию различных серверных и пользовательских элементов управления, применению каскадных таблиц стилей и тем оформления, удалось создать привлекательный, функциональный, удобный и интуитивно-понятный пользовательский интерфейс с возможностью быстрой модернизации в случае необходимости.

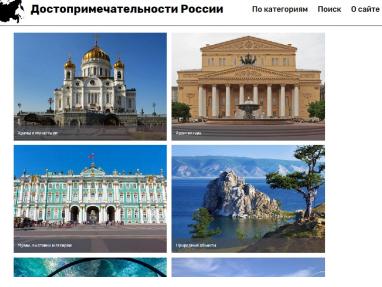


Рис. 1. Экранная форма выбора категории достопримечательностей России

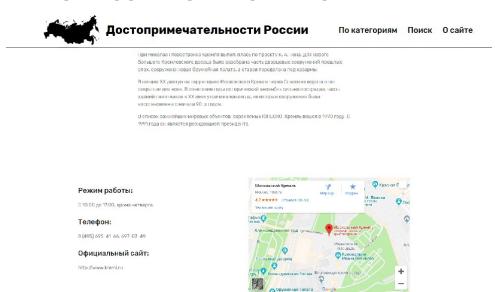


Рис. 2. Экранная форма описания достопримечательности

- 1. Сайт «Веб-фреймворк Django (Python)» [Электронный ресурс]. URL: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/Server-side/Django (дата обращения: 15.04.2019).
- 2. Сайт «Bootstrap» [Электронный ресурс]. URL: https://webformyself.com/chto-takoe-bootstrap/ (дата обращения: 20.04.2019).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ОЦЕНКИ ПЛОТНОСТИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ АППРОКСИМАЦИИ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ

#### © Олешко Р.С., Лёзина И.В.

e-mail: zonaRostATY63@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва г. Самара, Российская Федерация

При моделировании непрерывного процесса известными данными является выборка некоторых значений функции, описывающей этот процесс, в случайные моменты времени. В таком случае, элементы выборки считаются независимыми случайными величинами, имеющими одинаковое распределение. Основной задачей, в данном случае, является оценка плотности этого распределения.

Стандартным подходом и наиболее простым решением для оценки плотности являются гистограммы. Использование сглаженных гистограмм способно обеспечить высокое качество оценок плотности вероятности, однако, лишь в случае последовательностей большой длины.

Наряду с гистограммами для оценки плотности используются также оценки вида:

$$f(x) = (n * h)^{-1} * \sum_{i=1}^{n} K\left(\frac{x - x_i}{h}\right), \tag{1}$$

где h — малый параметр, обозначающий диапазон, параметр сглаживания; значение  $\frac{x-x_i}{h}$  обозначается как некоторый параметр u; K(u) — функция ядра, удовлетворяющая условиям:  $K(u) \ge 0$ , K(u) = K(-u),  $\int K(u) du = 1$ ,  $K(u) \to 0$ ,  $U \to \infty$  [1].

Такой способ вычисления плотности распределения вероятности называется ядерной оценкой плотности (kernel density estimation). В отличие от построения гистограмм, функции ядерной оценки плотности не зависят от выбора положения разрядов и, вследствие этого, легко обобщаются на многомерный случай.

Ядро (K(u)) — это непрерывная ограниченная симметрическая вещественная функция с единичным интегралом. Результирующая оценка плотности так же будет являться непрерывной и дифференцируемой, как и функция-ядро.

В основе разрабатываемого приложения лежит исследование оценки плотности распределения вероятности различными ядерными функциями и исследование их эффективности относительно друг друга.

Разработанное приложение использует следующие виды ядер:

- 1) ядро Гаусса (K(u) =  $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} * exp\left(\frac{-u^2}{2}\right)$ ) ядро с неограниченным носителем (определено при изменении его параметра от минус до плюс бесконечности). Является примером радиально базисной функции ядра;
- 2) ядро Епанечникова (K(u) =  $\frac{3}{4} * max\{1 u^2, 0\}$ ) характеризуется наилучшими результатами при работе с полиномами первой степени [2]. Так же, ядро является ядром с конечным носителем, все значения вне диапазона не существуют, т.е. = 0;
- 3) треугольное ядро  $(K(u) = max\{1-abs(u), 0\})$  так же называемое неупорядоченным ядром, является примером только условно положительно определенного ядра;

- 4) экспоненциальное ядро, тесно связанное с ядром Гаусса, имеет ограничения на области определения [3];
  - 5) косинусное ядро (K(u) =  $\frac{\pi}{4} * cos(\frac{\pi * u}{2}) * I(|u| \le 1)$ ).

Выбор ядра будет влиять на гладкость и дифференцируемость итогового распределения. Однако значительным параметром метода оценки плотности распределения вероятности при помощи ядерной оценки плотности является ширина полосы пропускания (h). Она определяет поведение оценки в конечных выборках.

Так же, следует отметить, что при малом значении полосы пропускания получится тот же эффект, что и при использовании гистограммы значений. В обратном случае, плотность распределения может выродиться в константу.

В алгоритме разработанного приложения, вычисление ширины полосы пропускания производится по наилучшему выявленному критерию. Например, вычисление h для экспоненциального ядра и ядра Гаусса осуществляются по эмпирическому правилу Сильвермана, где ширина окна рассчитывается по формуле:

$$h = 0.9 * A * n^{\frac{-1}{5}}$$
 (2)

где A — вычисляется как минимальное из значений стандартного отклонения последовательности и интерквартильного диапазона последовательности, разделенного в последствии на 1.34; n — длина исходного массива данных.

Во многих случаях, при отклонении формы оцениваемой плотности от нормальной, учет интерквартильного диапазона позволяет скорректировать в меньшую сторону значение величины h, что делает предложенную оценку достаточно универсальной [4].

Так же следует отметить, что чем более плотно расположены значения объектов выборки, тем меньшее значение параметра ширины полосы пропускания будет получено.

- 1. Айвазян, С. А. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. Справочное изд. [Текст]/ С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. М.: Финансы и статистика, 1983. 471 с.
- 2. Christopher G. Small D.L. McLeish, Hilbert Space Methods in Probability and Statistical Inference [Τεκcτ]/, Copyright © 1994 John Wiley & Sons, Inc. 228 p.
  - 3. Воронцов, К. В. Математические методы обучения по прецедентам [Текст]/. 2012.
- 4. Simon J. Sheather, Density Estimation [Teκct]/, Statistical Science 2004, Vol. 19, No. 4, 588–597.DOI: 10.1214/088342304000000297 © Institute of Mathematical Statistics, 20.

#### ПРИМЕНЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА

#### © Онисич С.А.

e-mail: sonisich@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Развитие возможностей вычислительной техники привело к изучению новых методов обработки информации. К таким методам можно отнести и нейронные сети, чья популярность активно растет в последние годы. Наибольшую трудность в использовании нейронных сетей для решения разного рода задач вызывает процесс обучения. Таким образом, цель данной работы заключается в проведении исследования решения задачи классификации с использованием многослойного персептрона при использовании различных стохастических алгоритмов для обучения.

Для изучения были выбраны два алгоритма: алгоритм роя частиц [1] и алгоритм оптимизации косяком рыбы [2]. После реализации действие алгоритмов было проверено на наборе данных, основанных на массиве коэффициентов поля F прибора Oculyzer. Данный прибор разработан для определения характеристик глаза. Анализируя переднюю и заднюю стенку роговицы, Oculyzer позволяет получить разложение по функциям Цернике. Раскладывая полученный волновой фронт по функциям Цернике [3], получаем коэффициенты, позволяющие получить среднеквадратическую ошибку отклонения от идеального волнового фронта. Каждая функция Цернике определяет тип оптической ошибки (отклонения волнового фронта) [4]. Полученные в ходе обучения данные представлены на графике (рис.), где ось абсцисс соответствует номеру эпохи обучения, а ось ординат – погрешности обучения, вычисляемой по формуле

$$E = \sqrt{\sum_{i \in T} \sum_{j \in O} \left( x_{ij} - \overline{x}_{ij} \right)}.$$

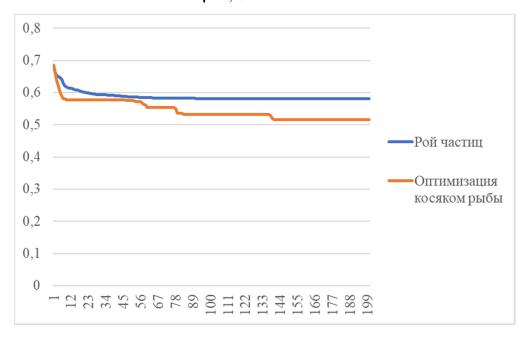


Рис. Полученные в ходе обучения данные

На основании продемонстрированных результатов можно прийти к следующим выводам:

- 1. Применение стохастических алгоритмов обучения позволило снизить значение СКО более, чем на 0,1 за 50 эпох обучения, что является важным результатом с учетом сложности данных;
- 2. Метод оптимизации косяком рыбы в долгосрочной перспективе показывает результаты лучшие, чем алгоритм роя частиц. Тем не менее, алгоритм роя частиц имеет несколько модификаций, также представляющих определенный интерес.

- 1. Kennedy, J. Particle Swarm Optimization [Текст] / Kennedy J., Eberhart R. [IEEE Internatinal Conference on Neural Networks, Перт, Австралия, 1995]
- 2. Bastos Filho, C. J. A. A Novel Search Algorithm based on Fish School Behavior [Текст] / Bastos Filho C. J. A., de Lima Neto F. B., Lins A. J. C. C., Nascimento A. L. S, Lima M. P. [IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics, Сингапур, 2008]
- 3. Zernike F., Beugungstheorie des Schneidenverfahrens und Seiner Verbesserten Form, der Phasenkontrastmethode [Tekct]/Zernike F.//Physica I, 1934, C. 689-704
- 4. Хорин П.А Анализ аберраций роговицы человеческого глаза [Текст]/П.А. Хорин, С.Н. Хонина, А.В. Карсаков, С.Л. Бранчевский// Компьютерная оптика. -2016. Т. 40, № 6. С. 810-817. -DOI: 10.18287/0134-2452-2016-40-6-810-817.

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ НАДЗОРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ОТНОШЕНИИ МИКРОФИНАНСОВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

#### © Перевозчиков Н.Д., Головнин О.К.

e-mail: nikita25365556@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Усовершенствование процессов контроля и надзора за деятельностью микрофинансовых организаций (МФО), осуществляемых согласно 151-ФЗ [1], достигается за счет внедрения производительных методик первичного наблюдения за объектами учета [2] или внедрения автоматизации [3].

Для автоматизации процессов надзора разработана информационная система планирования надзорных мероприятий в отношении МФО, обладающая функциональными возможностями:

- формирование реестра МФО с возможностью поиска по различным атрибутам базы данных;
- анализ и планирование надзорных мероприятий с интеллектуальной поддержкой принятия решений [4];
- формирование отчетов в различных срезах в формате XLS с поддержкой графических элементов.

Функции пользователей системы разделены в зависимости от прав доступа на роли администратора, куратора и руководителя (рис.).

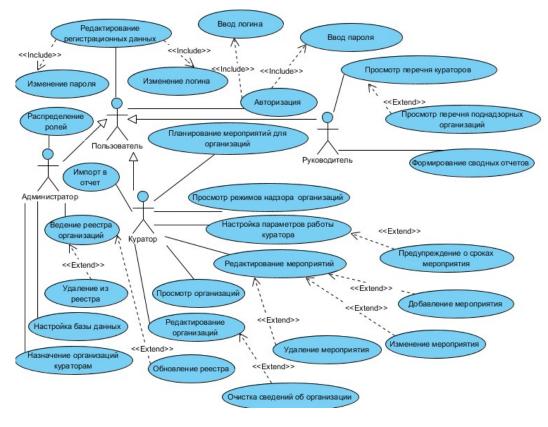


Рис. Диаграмма вариантов использования

Администратору доступны следующие функции: определение собственных ролей и ролей других пользователей, назначение основных и резервных организаций сотрудникам с ролью «Куратор», обновление загруженных в реестр субъектов рынка микрофинансирования, внесение реквизитов поднадзорных организаций, отсутствующих в ранее загруженных реестрах субъектов рынка микрофинансирования, ведение и настройка базы данных, создание новой базы данных, корректировка записей в базе данных.

Куратор обладает функциями: учет мероприятий в отношении поднадзорных организаций, просмотр истории изменения режимов надзора в отношении поднадзорных организаций, настройка параметров работы куратора: периода планирования и предупреждения об истечении сроков выполнения мероприятия.

В функции руководителя входит: просмотр перечня кураторов и назначенных им основных и резервных организаций для контроля исполнения своих обязанностей администратором. Также к области функций относится формирование, просмотр и печать сводного отчета по всем ответственным сотрудникам, отражение в отчете просроченных мероприятий. Отдельно стоит отметить функции просмотра перечня курируемых подчиненными сотрудника МФО, просмотра и печати отчета о запланированных и проведенных мероприятиях в отношении МФО, отчета о событиях, в котором отражаются удаленные или перенесенные ответственным сотрудником мероприятия в отношении МФО.

Реализация системы на языках программирования С# и ТуреScript для платформы ASP.NET обусловлена наличием мощной полнофункциональной среды разработки MicrosoftVisualStudio. Выбран шаблон проектирования MVC. Для осуществления доступа к данным применяются технология EntityFramework. Предполагается развертывание системы с использованием MicrosoftIIS и системы управления базами данных SQLServer.

Разработанная система позволяет отслеживать и предотвращать нарушения, корректировать правильность действий в отношении МФО. Система позволяет вносить и планировать надзорные мероприятия, изменять режимы надзора и предупреждать об окончании срока выполнения мероприятия. Таким образом, разработанная система позволит повысить эффективность деятельности регулятора в части надзора за МФО.

- 1. Федеральный закон «О микрофинансовой деятельности и микрофинансовых организациях» от 02.07.2010 N 151-Ф3.
- 2. Гурьева, А.И. Организация учета в микрофинансовых организациях [Текст] / А.И. Гурьева // Бухгалтерский учет. -2010. -№ 8. C. 115-117.
- 3. Романова, Е.А. Обеспечение производства по делам об административных правонарушениях в автоматизированной информационной системе / Е.А. Романова, О.К. Головнин // XIV Королевские чтения : сборник трудов конф. Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. Т. 2. С. 93-94.
- 4. Головнин, О.К. Автоматизированная система интеллектуальной поддержки принятия решений в распределенных средах / О.К. Головнин, Т.И. Михеева, А.В. Сидоров [Текст] // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2014. Т.18, № 5 (66). С. 131–138.

УДК 629.7.086; 681.786.4; 621.396.9

#### О ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ОБЪЕКТАМИ НА АЭРОДРОМЕ

#### © Петренко А.А., Юрловская Н.А., Рубцов Е.А.

e-mail: queennastya@ukr.net

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

При управлении движением воздушных судов возникает задача обеспечить безопасность не только при полете BC, но и их движении по взлетно-посадочной полосе при взлете и посадке, по рулежным дорожкам, а также контроль за движением автотранспорта и людей, находящихся на летном поле. Для решения этих задач внедряются средства наблюдения, основным из которых является радиолокационная станция обзора летного поля (РЛС ОЛП) [1].

Для решения задач контроля и управления движением в аэропортах применяется система A-SMGCS (advanced surface movement guidance and control system), основным всепогодным средством заявлен РЛС ОЛП [2].

Следует отметить, что РЛС ОЛП имеет ряд недостатков, касающихся разрешающей способности, требуемой точности и возможности обнаружения малоразмерных объектов, например, таких, как беспилотные аппараты [3].

Недостатки современных систем наблюдения за объектами на рабочей площади аэродрома могут быть устранены или уменьшены путем применения перспективных систем наблюдения в виде инфракрасных локаторов (ИКЛ). ИКЛ присуща большая разрешающая способность, чем миллиметровому радиолокатору. Малая расходимость ИК излучения позволит концентрировать энергию в строго заданных направлениях, обеспечивать пространственную скрытность помехозащищенность И преднамеренных активных помех и от других систем. Размеры оптического ИК локатора могут быть значительно меньше, чем существующих РЛС ОЛП. Использование малых по габаритам оптических систем позволит сузить ИК луч до нескольких угловых минут, если в этом возникнет необходимость. Способность генерировать сверхкороткие импульсы будет сказываться на точности и разрешающей способности. Диаграмма направленности ИКЛ не будет иметь боковых лепестков, которые в случае РЛП ОЛП обычно приводят к ложным сопровождениям целей [1].

Электронное сканирование пространства, реализовывающееся путем последовательного переключения нескольких излучателей, даст преимущество в скорости обзора и обработки информации. Использования дешевых электрических компонентов даст выигрыш в стоимости всей системы.

Основные преимущества ИКЛ:

- 1) узкая диаграмма направленности, при малых габаритах всей системы,
- 2) малая мощность излучения,
- 3) высокая разрешающая способность (как по углу, так и по дальности),
- 4) отсутствие у диаграммы направленности боковых лепестков,
- 5) малый (и регулируемый) период обновления информации,
- 6) возможность использования пассивно-активной радиолокационной функции.

Облучение объекта будет производиться узким ИК лучом, а прием отраженной от объектов энергии будет осуществляться как собственным приемником, так и другими.

Стоит, однако отметить и существенный недостаток ИКЛ, связанный с сильным ослаблением ИК излучения и отраженных ИК сигналов в неблагоприятных условиях, во время дождя, снега и тумана, за счет эффекта рассеивания, что ограничивает дальность действия ИКЛ. Это приводит к необходимости увеличения количества позиций размещения многопозиционных ИКЛ для гарантированного обнаружения объектов в сложных метеоусловиях.

ИКЛ можно применять как совместно с РЛС ОЛП, так и как самостоятельное средство наблюдения, что будет особенно актуально для региональных аэродромов. В свете концепции по глубокой автоматизации процессов управления движением объектов в том числе на рабочей площади аэродрома, ИКЛ можно рекомендовать как дополнительное средство наблюдения к видеокамерам при внедрении системы удаленной диспетчерской вышки (Remote Tower). Это позволит диспетчерской смене обслуживать несколько аэродромов находясь при этом на значительном удалении от них и при этом наблюдая за объектами на аэродроме как в светлое время суток и при хорошей видимости, так и ночью и в сложных метеоусловиях [4].

- 1. Кудряков, С.А. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь. Учебное пособие [Текст] / С.А. Кудряков, В.К. Кульчицкий, Н.В. Поваренкин, В.В. Пономарев, Е.А. Рубцов, Е.В. Соболев, Б.А. Сушкевич // СПб: Свое издательство. -2016.-287 с.
- 2. Руководство по усовершенствованным системам управления наземным движением и контроля за ним. Doc 9830. Изд. Первое [Текст] / ICAO. 2004. 7 с.
- 3. Сухаревский, О.И. Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами [Текст] / О.И. Сухаревский, В.А. Василец. Харьков: Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба. 2009. 104 с.
- 4. Плясовских, А.П. О применении первичной обработки видеоизображения для передачи данных по низкоскоростным линиям при реализации системы Remote Tower в России [Текст] / А.П. Плясовских, А.Ю. Шатраков, Е.А. Рубцов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. − 2016. − №4(13). − С. 77−88.

УДК 519.684.4

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ПРОГОНКИ И ЦИКЛИЧЕСКОЙ РЕДУКЦИИ НА ГРАФИЧЕСКОМ ПРОЦЕССОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПАМЯТИ И ПОДХОДОВ К ХРАНЕНИЮ ДАННЫХ

#### © Погорельских К.С., Логанова Л.В.

e-mail: sekih@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Для решения трехдиагональных СЛАУ традиционно используют метод прогонки и метод циклической редукции. В основе этих методов лежат простые арифметические операции, что позволяет реализовывать их на графическом процессоре. Метод прогонки характеризуется низкой вычислительной сложностью, но плохо распаралливается для решения одной системы. Преимуществом метода циклической редукции является его высокая степень параллелизма [1].

Существенное время выполнения программы на графическом процессоре занимает работа с памятью [2]. Глобальная память видеокарты работает медленно, что обращает внимание исследователей на возможность использования разделяемой памяти. Она значительно быстрее глобальной, но её объем невелик, поэтому данные в эту память необходимо загружать порционно.

В данной работе исследуются реализации алгоритма прогонки, а также последовательной и параллельной версий алгоритма циклической редукции с использованием различных комбинаций глобальной и разделяемой памяти GPU. Распараллеливание методов проводится с использованием программно-аппаратной архитектуры CUDA. Экспериментальные исследование проводились на суперкомпьютере «Сергей Королев» при количестве систем 5000 до 40000 размерностью 4095.

Алгоритм прогонки был реализован на CPU, на GPUс использованием только глобальной памяти видеокарты и на GPU с порционной загрузкой всех данных в разделяемую память. Был посчитано ускорение относительно последовательной версии на CPU. Среднее ускорение версии на GPU с использованием только глобальной памяти равно 1,26. Среднее ускорение с использованием разделяемой памяти – 1,86.

На основе версии алгоритма с использованием разделяемой памяти был разработан алгоритм с подходом к хранению коэффициентов в глобальной памяти упорядоченно по индексам. Суть подхода в том, чтобы хранить коэффициенты не по матрицам (сначала все коэффициенты первой матрицы, затем второй, третьей и т.д.), а по номерам (сначала все нулевые элементы всех матриц, затем первые, второе и т.д.). Этот алгоритм показал среднее ускорение 5,05 относительно последовательной версии на СРU. Причем с увеличением количества матриц ускорение возрастало.

Алгоритм последовательной циклической редукции SERICR [3] был реализован на CPU, на GPU с использованием только глобальной памяти видеокарты и на GPU с порционной загрузкой всех данных в разделяемую память. Было посчитано ускорение относительно последовательной версии на CPU. Среднее ускорение версии на GPU с использованием только глобальной памяти равно 0,18. Среднее ускорение с использованием разделяемой памяти — 0,27. Такой результат объясняется низким параллелизмом метода и необходимостью многократного перерасчета коэффициентов.

Вычисления с использованием алгоритма SERICR на графическом процессоре не оправданы.

Алгоритм параллельной циклической редукцииРАRACRбыл реализован на GPU с использованием только глобальной памяти видеокарты, на GPU с порционной загрузкой всех данных в разделяемую память и на GPUс порционной загрузкой только части коэффициентов в разделяемую память. Было посчитано ускорение относительно реализации последовательного алгоритма циклической редукции SERICR на CPU. Эксперимент показал ускорение 1,97 версии с использованием только глобальной памяти, ускорение 1,20 с полной загрузкой в разделяемой память и 2,01 с частичной загрузкой в разделяемую память. Результат объясняется тем, что многие данные в алгоритме циклической редукции используются только один раз. При загрузке в разделяемую память таких данных тратится дополнительное время, которое ничем не компенсируется. Лучший результат показала версия с загрузкой в разделяемую память только тех коэффициентов, которые используются многократно.

На основе лучшей версии алгоритма PARACR по аналогии с алгоритмом прогонки был реализован подход к хранению коэффициентов в глобальной памяти упорядоченно по индексам. Реализация показала среднее ускорение 1,81 относительно последовательного алгоритма циклической редукции SERICR на CPU. Ускорение ниже, чем у исходной версии. Это объясняется тем, что в алгоритме PARACR при подсчете новых коэффициентов происходит многократное обращение к соседним коэффициентам в глобальной памяти. А подход к хранению коэффициентов в глобальной памяти упорядоченно по индексам приводит к тому, что соседние коэффициенты располагаются в памяти далеко друг от друга.

При сравнении лучших реализаций алгоритмов прогонки и циклической редукции на совокупности систем лучший результат показывает алгоритм прогонки. Он использует в 15 раз меньше времени на вычисления, чем алгоритм PARACR. При решении одной системы большой размерности лучший результат показывает алгоритм циклической редукции. Он требует в среднем в 7 раз меньше времени на вычисления, чем алгоритм прогонки, что объясняется его высоким параллелизмом [4].

Таким образом, для решения совокупности систем оправдано использовать реализацию алгоритма прогонки с использованием разделяемой памяти и хранением коэффициентов упорядоченно по индексам. Для решения одной системы лучше всего подходит параллельный алгоритм циклической редукции с частичной загрузкой в разделяемую память и хранением коэффициентов упорядоченно по системам.

Представляет интерес разработка интегрированного алгоритма на основе методов прогонки и циклической редукции, объединяющего в себе достоинства обоих алгоритмов.

- 1. Шинкарук, Д.Н. Анализ эффективности применения технологии CUDA для решения систем линейных уравнений с трехдиагональными матрицами в задачах расчета цен опционов [Текст] / Д.Н. Шинкарук, Ю.А. Шполянский, М.С. Косяков // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. N010. 6 с.
- 2. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров / пер. с анг. А.А. Слинкина, науч. ред. А.В. Боресков. М.: ДМК Пресс, 2011. 232 с.
- 3. Хокни, Р. Параллельные ЭВМ. Архитектура, программирование и алгоритмы / Р. Хокни, К. Джессхоуп; пер. с анг. Д.И. Абашкина. М.: Радио и связь, 1986. 392 с.
- 4. Ярмушкин, С.В. Исследование параллельных алгоритмов решения трехдиагональных систем линейных алгебраический уравнений [Текст] / С.В. Ярмушкин, Д.Л. Головашкин // Вестник Самарского Государственного Технического Университета сер. Физико-математические науки. 2004. N 26. C.5.

#### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ ИЗ АУДИОЗАПИСИ

#### © Привалов А.С., Головнин О.К.

e-mail: asprivalov96@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

С целью анализа характеристик транспортных потоков (ТрП) разработана автоматизированная система, позволяющая получать необходимые сведения на основе звуковой аудиозаписи, выполненной в непосредственной близости от исследуемого участка улично-дорожной сети. Анализ записанного аудиосигнала производится детектированием уже известных паттернов в полученном сигнале. Применяется разложение исходного сигнала на элементарные составляющие, проводимые с использованием рядов Фурье и преобразования Фурье [1].

Схема детектирования сигнала к одному из типов аудио вариантов представлена на рисунке.



Рис. Схема распознавания аудиособытий

На первом шаге происходит преобразование исходного файла в набор фреймов с перекрытием, выполняется фильтрация. Такой подход снижает влияние шумов, которые возникали во время записи. Далее идет извлечение необходимых признаков [2]. Цель этого этапа заключается в уменьшении избыточности сигнала и выделении наиболее релевантной информации. На следующем шаге производится нормализация сигнала для подачи на входы нейронной сети [3]. Когда сигнал обработан и распознан, вся статистика добавляется в базу данных, которая содержит в себе информацию об интенсивности на выбранном участке улично-дорожной сети в выбранный промежуток времени.

Система разработана в средах разработки РуСharm, IntellijIDEA, XCODE. Клиентская часть разработана на языке программирования Swift для мобильных устройств под управление операционной системы iOS [4]. Серверная часть написана на языке программирования java. Ожидается, что разработанная система значительно упростит процесс получения релевантных характеристик ТрП.

- 1. Сергиенко, А.Б. Цифровая обработка сигналов [Текст] / А.Б. Сергиенко. СПб.: Питер, 2007. 751 с.
- 2. Кропотов, В.Б. Анализ способов извлечения характеристических признаков речи с использованием вейвлетов при решении задач распознавания голоса диктора в условиях сложной шумовой обстановки [Электронный ресурс] / В. Б. Кропотов, Н. В. Медведев // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». 2008.
- 3. Шапиро, Л. Компьютерное зрение [Текст] / Л. Шапиро, Дж. Стокман М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006.-752 с.
- 4. Привалов, А.С. Мобильное приложение для определения характеристик транспортных потоков путем анализа звуковых сигналов [Электронный ресурс] / А.С. Привалов, О.К. Головнин // МКО: тезисы. URL: mce.su/rus/presentations/p333051/.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СИМУЛЯЦИОННОГО МИКРОСКОПИЧЕСКОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

#### © Пупынин К.В., Головнин О.К.

e-mail: kir730@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

С точки зрения детального анализа транспортных потоков, актуальной видится разработка 3D-симулятора движения транспортных потоков, в котором каждое средство, входящее в микроскопический транспортный транспортное моделируется собственным уравнением, функцией его положения, скорости и ускорения [1]. На основе платформы для моделирования дорожного движения SUMO разработана автоматизированная система симуляционного микроскопического 3Dмоделирования транспортных взаимодействия потоков. Для платформой моделирования SUMO используется протокол TraCI, позволяющий получать значения имитируемых объектов и управлять их поведением в реальном времени [2]. В целях получения кроссплатформенного интерфейса реализован паттерн Wrapper для TraCIсервера SUMO с использованием концепций REST/WebAPI и формата JSON. Через реализованный сервис функционирует клиентское приложение, построенное на платформе Unity3D [3]. Диаграмма компонентов системы представлена на рисунке.

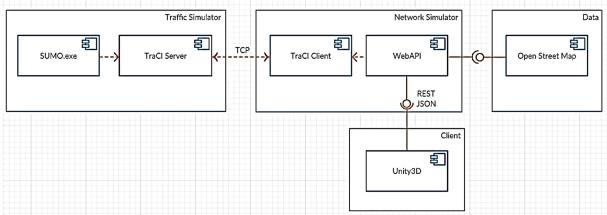


Рис. Диаграмма компонентов системы

Таким образом, разработанная многофункциональная система моделирования позволит изучать поведение отдельных транспортных средств в транспортном потоке и обнаружить «узкие места» улично-дорожной сети. Ориентация на полученные данные позволит разработать комплекс мер по устранению проблем в транспортной сети.

- 1. Введение в математическое моделирование транспортных потоков [Текст] / Гасников А.В., Кленов С.Л. [и др.] М.: МФТИ, 2010. 362 с.
- 2. SUMO: Simulation of Urban MObility [Электронныйресурс] // URL: http://sumo.dlr.de/wiki/Simulation of Urban MObility Wiki.
- 3. Руководство по Unity [Электронный pecypc] // URL: https://docs.unity3d.com/ru/current/Manual/UnityManual.html.

# РАСПОЗНАВАНИЕ ОЧАГОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОЧЕЧНОЙ ПАРЕНХИМЫ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА РЕНОСЦИНТИГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

### © Пышкина Ю.С., Капишников А.В.

e-mail: yu.pyshkina@yandex.ru

Самарский государственный медицинский университет, г. Самара, Российская Федерация

Разработка информационных технологий компьютерной обработки медицинских изображений — актуальное научное направление количественной и качественной обработки данных радионуклидной визуализации [1, 2]. Оптимизация радиоизотопных параметров в нефрологии относится к важнейшим задачам ядерной медицины, так как объективные индикаторы позволяют распознать патологию с высокой точностью на ранних стадиях заболевания [3, 4].

Цель исследования — оценка клинической эффективности информационной технологии обработки и анализа радионуклидных изображений почки.

Материал и методы. Компьютерная программа для радионуклидной диагностики очаговых изменений паренхимы почки разработана совместно с ИСОИ РАН Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королёва (рис.).

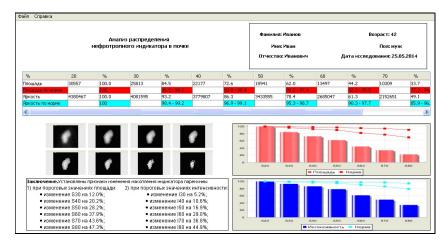


Рис. Интерфейс программы для радионуклидной диагностики очаговых изменений паренхимы почки

Разработанная программа позволяет получить комплекс параметров распределения нефротропного меченого индикатора в паренхиме почки, путём анализа яркостных и геометрических характеристик сцинтиграмм при пороговой обработке.

Проведено нерандомизированное контролируемое комплексное обследование 117 пациентов, наблюдавшихся в Самарском центре трансплантации органов. Возраст пациентов находился в диапазоне от 18 до 60 лет (среднее значение 37,9). Мужчины составили 61,5% (72 человека), женщины — 38,5% (45 человек) от общего числа обследуемых. Радионуклидная визуализация выполнялась с радиофармпрепаратом (РФП) <sup>99m</sup>Tc «Технемаг» (300-400 МБк) на планарной гамма-камере.

Анализ полученных результатов. Выполнена апробация работы программы посредством сопоставления полученных данных с экспертной оценкой 192 нефросцинтиграмм, проведённой тремя экспертами — радиологами по шкале, отражающей степени выраженности очагового процесса. Выделены пять групп пациентов: 33 обследуемых, у которых почки с нормальным распределением РФП; 40 — со слабовыраженными изменениями; 47 — с умеренно выраженными; 58 — со значительно выраженными и 14 — с резко выраженными изменениями паренхимы почки.

Анализ взаимосвязи компьютерных параметров выраженности очаговых изменений с экспертной оценкой показал, что алгоритм, основанный на пороговой обработке сцинтиграфических изображений, дает объективные критерии степени очаговых изменений паренхимы почки.

Компьютерный анализ нарушений распределения РФП на нефросцинтиграммах позволил установить влияние очаговых нарушений в паренхиме почек на ухудшение показателей функционального состояния ренотрансплантата. Выявлена статистически достоверная корреляционная взаимосвязь яркостно-геометрических характеристик с нарастанием уровнем креатинина (p<0,05) и падением скорости клубочковой фильтрации (p<0,05) плазмы крови. Визуальная оценка не позволяла выявить у обследованных пациентов этот важный патогенетический механизм формирования почечной недостаточности.

Количественная оценка распределения нефротропного индикатора в паренхиме почки показала увеличение геометрического и яркостного параметров сцинтиграмм (при пороге 80%) при остром отторжении ренотрансплантата в 1,43 раза и 1,31 раза соответственно (p<0,05).

Заключение. Установлена возможность получения объективных геометрических и яркостных характеристик сцинтиграмм на основе разработанной информационной технологии. Яркостно-геометрические характеристики реносцинтиграмм позволяют дифференцировать тяжесть очагового поражения почек. Разработанная информационная технология может быть использована в качестве компонента САО-системы для автоматизированного мониторинга состояния пациента.

- 1. Котина, Е.Д. Обработка радионуклидных исследований [Текст] / Е.Д. Котина Лучевая диагностика и терапия. № 3 (8). 2017. С. 83.
- 2. Taylor, A.T. Computer-assisted diagnosis in renal nuclear medicine: rationale, methodology, and interpretative criteria for diuretic renography [Text] / A.T. Taylor, E.V. Garcia // Semin Nucl Med. − 2014. − Vol. 44, № 2. − P. 146-158. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2013.10.007.
- 3. Brolin, G., Edenbrandt, L., Granerus, G., Olsson, A. The accuracy of quantitative parameters in <sup>99m</sup>Tc-MAG3 dynamic renography: a national audit based on virtual image data [Text] / G. Brolin, L. Edenbrandt, G. Granerus, A. Olsson at al. // Clin Physiol Funct Imaging. − 2016. − Vol. 36, № 2. − P. 146-154. DOI: 10.1111/cpf.12208.
- 4. del Real Núñez, R., Contreras Puertas, P., Moreno Ortega, E., Mena Bares, L.M., Quality assurance of the renal applications software [Text] / R. del Real Núñez, P. Contreras Puertas, E. Moreno Ortega, L.M. Mena Bares at al. // Rev Esp Med Nucl. -2007. Vol. 26, No 2. P. 90-99.

### ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СЕРПИНСКОГО

#### © Сагдатуллин А. М.

e-mail: saturn-s5@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, Лениногорский филиал (ЛФ КНИТУ – КАИ), г. Лениногорск, Российская Федерация

Фрактал представляет из себя кривую или геометрическую фигуру, построенную на циклически-рекурсивной схеме, включающих аналоги уменьшенного размера. Математик Вацлав Серпинский в начале 20-го века предложил аналог множества Кантора на двумерном пространстве, треугольником Серпинского, представленный на рис. 1.

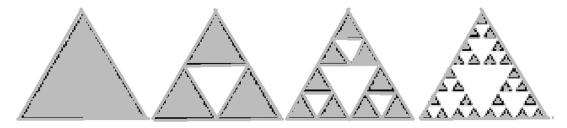


Рис. 1. Построение треугольника Серпинского

Построение треугольника можно реализовать алгоритмом:

- 1. Отмечаются задающие точки по сторонам треугольника. Данные точки должны делить стороны пополам.
  - 2. Объединяем полученные точки
- 3. После объединения образуется четыре треугольника с центральным треугольником в центре.
- 3. Точки центрального треугольника удаляются, оставляя при этом множество из оставшихся трех треугольников при углах.
  - 4. Первые две операции повторяются в цикле.

Размеры треугольника можно задавать напрямую в виде координат следующим алгоритмом.

dots = 
$$[[-x, -y],$$
  
[0, x],  
[x,-y]]

Функция, принимающая на вход две точки и вычисляющую середину отрезков назовем медианой:

```
def median(dot_1, dot_2): return ( (dot_1 [0]+ dot_2 [0]) / 2, (dot_1 [1] + dot_2 [1]) / 2) Особенности треугольника-фрактала Серпинского:
```

- коэффициент подобия -1/2;

- дополнение (разность двух множеств остаются все элементы первого множества, не входящие во второе множество);
- размерность Лебега dimX равна нулю;
- размерность Хаудсорфа (опредление размерности подмножества в метрическом пространстве) равна ln3/ln2 = 1.585

На рис. 2 показан пример работы программного комплекса по построению треугольника Серпинского.

```
[1]

[1, 1]

[1, 2, 1]

[1, 3, 3, 1]

[1, 4, 6, 4, 1]

[1, 5, 10, 10, 5, 1]
```

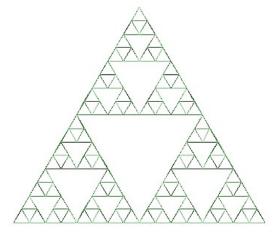


Рис. 2. Пример работы программного комплекса по построению треугольника Серпинского

Таким образом, изучены особенности моделирования фрактальной системы на примере реализации программного комплекса по построению треугольника Серпинского. Отметим, что треугольник Паскаля показывает аналогичную картину треугольнику Серпинского. Треугольник Паскаля состоит из биномиальных коэффициентов, реализованных в форме треугольника, вершины — единичные коэффициенты. Каждое последующее число представляет собой сумму двух вышерасположенных значений.

- 1. Sierpiński Sieve [Электронный ресурс]. URL: http://mathworld.wolfram.com/ SierpinskiSieve.html (дата обращения: 10.09.2018).
- 2. Треугольник Серпинского [Электронный ресурс]. URL: httpsru.wikipedia.org/wiki/Треугольник\_Серпинского (дата обращения: 10.09.2018).
- 3. Сагдатуллин А.М. Идентификация процесса транспорта нефти первой ступени сепарации на основе дискретного преобразования Лапласа и разработки линейной авторегрессионной модели // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2018. № 4. С. 203–207.
- 4. Сагдатуллин А.М. Особенности функционирования и разработки информационной системы реального времени для управления технологическим процессом нефтеподготовки // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2018. № 4. С. 208–212.
- 5. Sagdatullin A.M. New principles and mechanisms development of scientific-educational systems in the conditions of integration of science, education, manufacturing and business / A.M. Sagdatullin Kazan: Publishing House of Kazan University, 2018. 116 p.
- 6. Sagdatullin A.M. Development of a practice-oriented and system-integrative approach to learning programming in high-level languages assisting to improve the quality of educational processes / A.M. Sagdatullin. Kazan: Publishing House of Kazan University, 2018. 256 p.

УДК 621.396.6

## ИНТЕРАКТИВНЫЙ РАСЧЁТ И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОННЫХ АПЕРИОДИЧЕСКИХ УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ

© Сахарчук В. В., Печаткин А. В.

e-mail: slavochcagood@mail.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Электронные усилители являются одними из самых массовых представителей сложнофункциональных узлов электронных и радиоэлектронных изделий, в том числе, формируемых непосредственно на кристалле. В зависимости от своего назначения они могут обладать различными параметрами и реализовываться с различными цепями обратных связей и способами задания точки покоя. Следовательно, детальное изучение и исследование особенностей и ограничений функционирования потенциально применимых в проектируемом изделии электронных усилительных каскадов (например, с помощью компьютерных имитационных технологий), а также влияния на основные показатели качества того или иного компонента и вида обратной связи, имеет большое значение при подготовке радиоинженера. В учебном плане бакалавров направлений 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П. А. Соловьёва базовые знания в области электронных усилителей формируются в дисциплине «Компьютерное моделирование». Рабочей программой предусмотрен компьютерный лабораторный практикум и выполнение расчётно-графической работы (РГР) по индивидуальному заданию. РГР предусматривает выполнение детального аналитического расчёта и проведение виртуального компьютерного исследования многокаскадного усилителя, в состав которого входят биполярный и полевой транзисторы, реализованные по одной из возможных схем с резистивной, апериодической и частотно-избирательной нагрузками в виде одиночного колебательного контура или системы связанных колебательных контуров [1].

Сложность и объем выполнимого задания позволяет детально изучить только схемы, входящие в состав анализируемого изделия, и не способствует сравнению этих схем с другими типовыми решениями и реализациями, ограничивая, тем самым, область формируемых практических знаний, умений и навыков выпускника. Для решения этой задачи в рамках научно-исследовательской работы студентов разработана и успешно внедрена в учебный процесс открытая интерактивная информационно-аналитическая платформа консолидирующая проектирования, построенная на базе табличного процессора Excel и VBA с соответствующей математикой [2-4]. Программное обеспечение позволяет оперативно провести расчёт и визуализированный комплексный анализ апериодических усилительных каскадов на базе полевого и биполярного транзисторов с одними и теми же параметрами, а также изучить влияние каждого активного и пассивного компонента на показатели качества и частотные характеристики усилительного каскада в реальном времени с помощью интегрированных элементов управления и консолидации данных.

Разработанная аналитическая платформа представляет собой многослойную структуру, позволяющую проводить как независимый расчёт по каждой из 10 созданной на сегодняшний день модели усилителей (9 на базе биполярного транзистора и 1 – на базе полевого транзистора с управляющим pn-переходом), так и глобальный расчёт всех имеющийся схем на основе единых данных. Если введённые данные не

позволяют реализовать ту или иную схему и транзистор выходит из линейного режима, то ячейки, содержащие нереализуемые параметры или пограничные значения, окрашиваются в алый цвет. В процессе проектирования пользователь, может оперативно изменять значение любого исходного параметра, наблюдая за изменением численных значений токов, напряжений, коэффициентов усиления по току, напряжению, мощности, а также за изменением дополнительно сдвига фазы выходного сигнала на заданной частоте, коэффициента нестабильности тока покоя коллектора и глубины отрицательной обратной связи по постоянному напряжению. Кроме того, в рабочем пространстве активного окна присутствуют: схема усилительного каскада с интерактивно изменяющимися значениями токов и напряжений в основных узлах, осциллограммы входного выходного сигналов, амплитудно-частотная фазочастотная характеристики, а также информационное табло, информирующее проектировщика о линейном или линейном режиме работы транзистора (см. рис.).

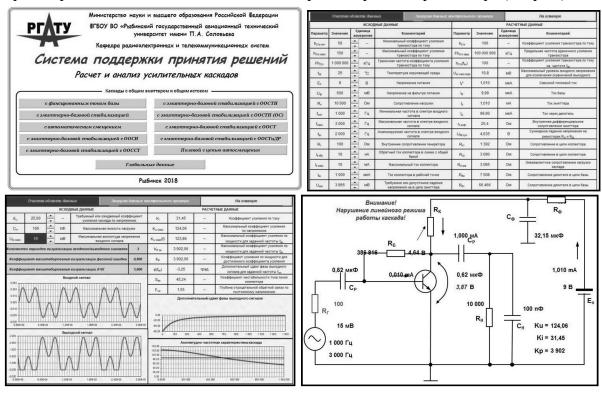


Рис. Фрагменты интерактивной информационно-аналитической платформы проектирования усилительных каскадов

- 1. Печаткин А. В. Компьютерное моделирование: Часть 1. Общие вопросы выполнения расчётно-графической работы на тему «Расчёт и моделирование многокаскадных частотно-избирательных усилителей в составе аналоговых сложнофункциональных блоков» / Учебно-методическое пособие по дисциплине и выполнению расчётно-графической работы // С. Ю. Кругликов, А. В. Печаткин. РГАТУ имени П. А. Соловьёва. Рыбинск, 2019. 138 с.
- 2. Ровдо А. А. Схемотехника усилительных каскадов на биполярных транзисторах. [Текст]. М: Издательский дом «Додека-XXI», 2002
- 3. Остапенко Г. С. Усилительные устройства: учебное пособие для  $\,$  вузов. М: Радио и связь, 1989
- 4. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники [Текст]. В 3-х томах: Т.1. Пер. с англ. М: Мир, 1993

УДК 621.396.6

## ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В ФОРМАТЕ «НАИХУДШИЙ СЛУЧАЙ»

#### © Сахарчук В.В., Ильин Е.А., Печаткин А.В.

e-mail: slavochcagood@mail.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

Анализ практики проектирования и производства радиоэлектронного оборудования (РЭО) на серийных предприятиях показывает, что независимо от уровня и объёма проработки электронных цепей и опыта проектировщиков большинство проблем, связанных с воспроизводимостью характеристик и параметров изделий, возникает именно на ранних этапах. Это связано с тем, что в процессе разработки и изготовления занят значительный коллектив различных специалистов, отличающихся уровнем и направленностью знаний в конкретных прикладных областях.

Для эффективного решения возникающих вопросов крайне важна оперативная межфазовая коммуникация и наличие единого информационного пространства, одним из основных элементов которого может служить многоуровневый поведенческий сценарий вариативного моделирования. Такой сценарий позволяет оперативно вносить изменения в процесс проектирования и аккумулировать решения с целью последовательной коррекции параметров качества электронного изделий с учётом известных и вероятных отклонений параметров компонентов и технологических процессов уже на стадии виртуальных испытаний [1].

Для оценки влияния указанных отклонений на функциональные показатели проектируемого РЭО используются вероятностные имитационные модели. Например, номинал пассивного электронного в схемотехнических САПР может задаваться двумя основными видами имитационных отклонений [2]:

- коррелированным (абсолютным) значением LOT (lottery);
- независимым (относительным) значением DEV (deviation).

Для каждого варианта расчёта по методу Монте-Карло значения варьируемых параметров ЭРЭ будут взяты из предварительно сгенерированного в соответствии с выбранным законом распределения множества  $\{3$ начение 1, 3начение 2...3начение  $N\}$ , определяемого следующим обобщённым выражением:

Значение = Номинал 
$$\pm$$
 Номинал  $\times$  *LOT*  $\pm$  Номинал  $\times$  *DEV*. (1)

Для проектировщиков и технологов электронной аппаратуры именно анализ «наихудшего случая» является наиболее интересным, т. к. параметры модели принимают максимально возможный разброс, что необходимо для формирования целостного отклика проектируемого устройства при его реализации в серийном производстве. Однако его достоверность существенно зависит от количества испытаний.

Объем виртуальных испытаний в формате «наихудший случай» можно описать следующим аналитическим выражением [3]:

$$N = (1+2^P)^T, (2)$$

где N — количество вариантов, P — количество варьируемых параметров компонента (в том числе паразитных) и T — количество компонентов в схеме.

С учётом влияния множественных коррелированных и независимых случайных разбросов, количество требуемых итераций N оказывается исключительно большим, превышающим ресурсы существующих схемотехнических САПР (см. рис. ).

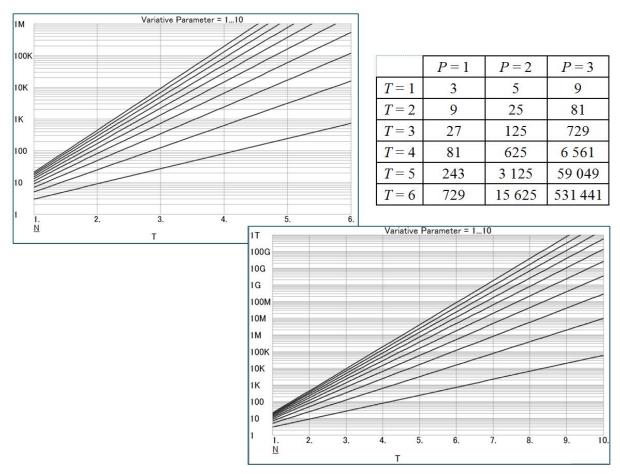


Рис. Количество итераций в сценарии «Наихудший случай»

Схемный анализ показывает, что доля значимых отклонений параметра в большом объёме испытаний может быть меньше 50%, что является прямым следствием активного влияния многочисленных обратных связей, благодаря которым один электронный компонент влияет сразу на несколько параметров изделия, нарушая типовой постулат размерных цепей: одна цепь — один параметр. Таким образом, процессы разработки сценариев виртуальных испытаний и алгоритмов управления процессом генерации допусков с сортировкой вариантов итераций, не приводящих к дестабилизации анализируемого параметра, являются крайне актуальными.

- 1. Печаткин, А. В. Повышение качества и целостности процессов сквозного автоматизированного проектирования электронных средств на основе системного согласования уровня и объема функционально-параметрического моделирования и виртуальных испытаний / А. В. Печаткин, Д. Ю. Морев // Труды II Всероссийской научной конференции молодых ученых. Том II. Рыбинск: РГАТУ имени П. А. Соловьёва, 2012. С. 79-89
- 2. Печаткин, А. В. Оценка устойчивости параметров электронных средств к вариативным случайным воздействиям паразитных составляющих электронных компонентов элементов и технологических процессов на этапах сквозного автоматизированного проектирования /

- А. В. Печаткин, Д. Ю. Морев // Труды II Всероссийской научной конференции молодых ученых. Том II. Рыбинск: РГАТУ имени П. А. Соловьёва, 2012. С. 172-183
- 3. Печаткин, А. В. Изменение подхода к использованию коррелированных и некоррелированных допусков номиналов электрорадиокомпонентов в поведенческих моделях электронных средств в процессах автоматизированного схемотехнического проектирования / А. Т. Кизимов, А. В. Печаткин, А. Н. Смирнов // Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьёва, №2 (32), Рыбинск, 2015. С. 158–165

## ОБРАБОТКА И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ С УСТРОЙСТВ С ПОМОЩЬЮ МАТLAB

#### © Старостина Т.В., Ищанов А.В., Кумарин А.А.

e-mail: samara-tanya2000@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Во время работы пользователи часто сталкиваются с необходимостью визуализации данных, однако современные языки программирования не могут обеспечить удобную работу из-за трудности написания кода и необходимости знаний многих тонкостей программирования. Чтобы ликвидировать данную проблему, в данной работе предлагается разработать код в МАТLAB, который был бы удобным в использовании и не отличался по качеству с программами на различных языках программирования.

Таким образом, в данной работе предлагается использовать MATLAB для визуализации данных с внешнего устройства на примере системы энергопитания учебного наноспутника.

Данное решение было выдвинуто из-за того, что среда MATLAB обладает различными вычислительными возможностями, а также имеет преимущество перед иными средствами обработки и визуализации данных [1]. Она организована таким образом, чтобы пользователь имел возможность применять при работе математический язык. В настоящее время пакет MATLAB представляет собой развитую интегральную программную среду, включающую собственный язык программирования. В данной работе с помощью математического пакета были получены сведения о напряжении на суперконденсаторах, аккумуляторной батареи, солнечной батареи, а также состоянии выходных каналов. В ходе проверки было выявлено, что все данные, выводящиеся на экран, корректны.

В данной работе были выделены основные альтернативные методы визуализации данных с устройств, а именно: создание или использование имеющихся терминалов последовательного порта, в которых сохраняются поступающие данные с дальнейшей обработкой записей, а также программы на языках программирования общего назначения, спроектированные под конкретную задачу. Также были определены возможные способы подключения к устройству, разработана программа для работы с системой энергопитания учебного наноспутника, визуализированы полученные данные для дальнейшей качественной работы уже на борту космического аппарата. Для достижения данной цели создана упрощенная программа, которая была составлена с помощью простых функции. Благодаря ей, возможно без перебоев получать информацию с системы энергопитания.

В заключении хочется отметить, что использование математического пакета MATLAB для визуализации данных является не только реальным, но и очень удобным, т.к. обладает различными функциями, а также проще обычных языков программирования. При проверке правильности работы программы, было установлено, что данные принимаются корректно, что позволит в будущем использовать данную разработку для обработки данных реальных космических аппаратов.

- 1. Мироновский Л.А., Петрова К.Ю. Введение в МАТLАВ. Учебное пособие. СПбГУАП. СПб., 2005.
- 2. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. СПб.: Питер, 2007.

УДК 519.651

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АППРОКСИМАЦИИ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ НЕЧЁТКИМ МНОГОСЛОЙНЫМ ПЕРСЕПТРОНОМ

#### © Тарасов А.А., Лёзина И.В.

e-mail: artjom-tarasov00@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Аппроксимацией называют замену одних математических объектов другими, в том или ином смысле близкими к исходным. Наиболее частое практическое применение аппроксимации — поиск аналитической зависимости, приближенно описывающей заданную табличную зависимость. В качестве таковой в рассматриваемой задаче берется плотность вероятности некоторого случайного процесса, имеющего заданный закон распределения.

Использование нейронной сети для аппроксимации следует из того, что для этого не требуются знания о виде функции, а только накладываются ограничения на её свойства – например, на непрерывность или гладкость [1].

В качестве обучающей последовательности может использоваться файл со сгенерированной случайной последовательностью. На основании этого файла будет построена гистограмма. Выделив на этой гистограмме М крайних левых точек  $\{x,y\}$ , где М — число дифференциальных коридоров, мы получим выборки, которые будут являться обучающей последовательностью.

В данной работе архитектурой сети является «нечёткий» персептрон. Данная архитектура является гибридной, представляющей из себя слой с нечёткой самоорганизацией (этап фуззификации) и обычный многослойный персептрон (постпроцессор).

Использование гибридной архитектуры оправдано тем фактом, что при использовании гибридной сети задача разделяется на два независимых этапа, реализуемых отдельно друг от друга: этап фуззификации и этап работы многослойного персептрона (постпроцессора), приписывающего каждой группе кластеров соответствующий ей результат [2].

Целью этапа фуззификации является установление соответствия между значениями входной переменной и функции принадлежности множествам кластеризации нейронов нечёткого слоя. В данной работе будет использована функция Гаусса, представленная в виде:

$$\mu_i = \exp\left[-\left(\frac{x - c_i}{\sigma_i}\right)^2\right]$$

где  $\mu_i$  – степень принадлежности вектора х і-му кластеру,  $c_i$  – центр і-го кластера,  $\sigma_i$  – радиус і-го кластера.

Для настройки центров кластеризации нечёткого слоя будем применять алгоритм нечёткой кластеризации C-means [3]. Наилучшим будет признано такое размещение центров, при котором они располагаются в областях, содержащих наибольшее количество предъявленных векторов, что гарантирует сходимость алгоритмов к глобальному минимуму [2].

Подбор радиусов центров  $\sigma_i$  производится таким образом, чтобы области охвата накрывали всё пространство входных данных, причём любые две зоны могут перекрываться в незначительной степени [2]. Значение радиуса  $\sigma_i$  определяется по формуле:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{P} \sum \left\| c_i - c_k \right\|^2}$$

После стабилизации значений функций фуззификации, используемых в качестве входных сигналов многослойного персептрона, начинается второй этап обучения. На нём положения центров и значения радиусов нейронов нечёткого слоя замораживаются, а уточняются только значения весов нейронов персептронной компоненты. Этот этап сводится к обычному обучению многослойного персептрона, для которого входным значением является множество коэффициентов принадлежности x к центрам нечёткого слоя [2]. Выходом же сети является значение аппроксимируемой функции в точке x.

В этой работе в качестве алгоритма обучения многослойного персептрона будет использован метод обратного распространения ошибки [4].

Исследования проводились на случайной последовательности, распределённой по экспоненциальному закону. Объём выборки составил 10000 экземпляров, количество дифференциальных коридоров — 20, количество нейронов в самоорганизующемся слое — 20, в персептронном — 15.

В качестве значения погрешности было взято максимальное значение среднеквадратического отклонения в серии из 29 испытаний. Целесообразность данного способа измерения погрешности показана в [5].

$$\Delta = \max \left\{ S_{j} \right\} j = 1 \dots 29$$

Среднеквадратическое отклонение рассчитывалось по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (y_i - d_i)^2}$$

где n — число дифференциальных коридоров,  $y_i$  — значение i-ого выходного сигнала,  $d_i$  — действительное значение.

В результате тестирования на данных было получено значение погрешности равное 0,031.

- 1. Hornik K., Stinchcombe M., White H. Universal approximation of a unkown maping and its derivatives using multilayer feedforward networks [Электронный ресурс]/ Электрон. текстовые дан. —,. Режим доступа: http://www.inf.ufrgs.br/~engel/data/media/file/cmp121/univ\_approx.pdf, свободный.
- 2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ С. Осовский; пер. с польск. И.Д. Рудинского, рец. И.Б Фоминых. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.:ил.
- 3. Алгоритм C-Means [Электронный ресурс]/. Электрон. текстовые дан. –,. Режим доступа: http://yaikhom.com/2013/03/16/implementing-the-fuzzy-c-means-algorithm.html, свободный.
- 4. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс [Текст]/ С. Хайкин; пер. с англ. Н.Н. Куссуль и А.Ю. Шелестовой, ред. Н.Н. Куссуль. М. : Издательский дом "Вильямс", 2006. 1104 с. :ил. Парал. тит. англ.
- 5. Прохоров, С.А. Аппроксимативный анализ случайных процессов. [Текст]/ А.С.Прохоров. –2-е изд., перераб. и доп./СНЦ РАН, 2001. 125с.

### РАЗРАБОТКА WEB-САЙТА ДЛЯ ПРОДВИЖЕНИЯ СПОРТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ

#### © Хорошилова А.А., Денисова Е.Ю., Громыко М.Д., Даниленко А.Н.

e-mail: danilenko.al@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Наши дни невозможно представить без интернета. WEB-технологии играют важную роль не только в повседневной жизни, но и в бизнес сфере. Современный программист обязан следить за рынком и изучать востребованные технологии. Пожалуй, наиболее популярный продукт – это WEB-сайт.

Здоровый образ жизни человека неотъемлемо связан со спортом. К сожалению, у многих из нас нет возможности ходить в спортзал или заниматься с тренером, а составить самостоятельно план тренировок далеко непростая задача.

Разрабатываемый авторами позволяет сайт пользователю подобрать индивидуальную программу занятия спортом. На сайте представлен каталог упражнений с подробным описанием, специальные программы тренировок, подходящие любому пользователю, а также список спорт-центров города с местоположением. Упражнения можно делать как дома, так и в спортзале. Цель данного проекта – продвижение спортивной культуры среди пользователей сети интернет.

Разработка WEB-сайта ведется поэтапно.

Этап 1. Планирование: создание карты сайта и макета. Структура сайта описывается тремя основными шаблонами (рис. 1).

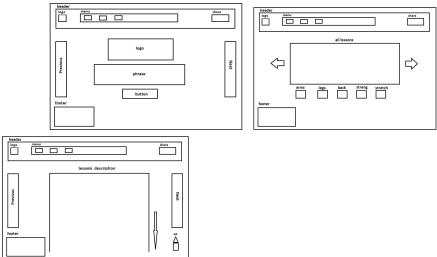


Рис. 1. Макет структуры сайта для продвижения спортивной культуры

Этап 2. Выбор дизайна и создание контента.

На этом этапе WEB-сайт становится ближе к своей окончательной форме. Создается весь визуальный контент: изображения, фото и видео. Вся информация, которая была собрана на первой стадии проекта, реализуется именно на этом шаге [2].

Подбираются упражнения и при помощи профессионального тренера составляются программы тренировок.

Этап 3. Верстка и разработка.

В первую очередь был написан html код по методологии БЭМ [1]. БЭМ (Блок, Элемент, Модификатор) – компонентный подход к веб-разработке. В его основе лежит принцип разделения интерфейса на независимые блоки. Он позволяет легко и быстро разрабатывать интерфейсы любой сложности и повторно использовать существующий код, избегая «Сору-Paste». Впервые эта технология была использована компанией Яндекс, и сейчас является ведущей на рынке. При помощи CSS, языка стилей, и JavaScript, языка анимации, сайт приобрел дизайн (рис. 2) [3].



Рис. 2. Страница сайта с описание упражнения

Этап 4. Тестирование и запуск.

Тестирование подразумевает проверку правильности работы каждого компонента сайта. Каждая ссылка была проверена, все формы и скрипты протестированы, текст проверен программой проверки орфографии для выявления возможных опечаток и ошибок. После проверки сайт был загружен на бесплатный FTP – клиент.

- 1. Сайт «БЭМ. Методология, документация». [Электронный ресурс]. URL:https://ru.bem.info/methodology/ (дата обращения: 15.04.2019).
- 2. Сайт «Справочник по HTML». Все теги [Электронный ресурс]. URL: http://htmlbook.ru/html (дата обращения: 10.03.2019).
- 3. Сайт «Современный учебник JavaScript».[Электронный ресурс]. URL: https://learn.javascript.ru/ (дата обращения: 05.04.2019).

### ОБ ОСОБЕННОСТЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ГЛОБАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

#### © Царева А.А., Задорина Н.А.

e-mail: tzaryova.alina1998@gmail.com

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация

В настоящее время вредоносное программное обеспечение (ПО) наносит большой ущерб организациям и отдельным пользователям компьютеров. Благодаря масштабам глобальных сетей и высоким пропускным способностям современных каналов связи, вредоносные программы могут быстро инфицировать большое число рабочих станций. Отсюда следует необходимость прогнозирования распространения вредоносного ПО в глобальных сетях.

Существует несколько основных различий между глобальными и локальными сетями, которые определяют различия в прогнозировании процесса распространения вредоносного  $\Pi O$  в этих сетях.

Показатели	Глобальные сети	Локальные сети
Количество рабочих станций	Не ограничено	Ограничено
Скорость передачи	Низкая	Высокая
Качество каналов связи	Низкое	Высокое
Поддержка различных	Есть	Есть
топологий		

Таблица 1. Сравнение глобальных и локальных сетей

Исходя из основных различий между глобальными и локальными сетями, можно выделить особенности распространения вредоносного ПО в компьютерных сетях:

- 1. Неограниченное число рабочих станций, подверженных заражению.
- 2. Отсутствие возможности учета характеристик отдельных компьютеров.
- 3. Возможность потери пакетов вследствие некачественной связи.
- 4. Низкая скорость распространения вредоносного ПО, по сравнению с распространением в локальных сетях, вследствие низкой скорости передачи данных.

Для прогнозирования процесса распространения вредоносного ПО в сетях используется аналитическое, имитационное и натурное моделирование. Каждый из подходов имеет свои особенности.

Основной проблемой при прогнозировании является то, что количество компьютеров в глобальной сети может меняться и то, что учесть характеристики отдельных компьютеров невозможно.

Так как глобальная сеть рассчитана на неограниченное количество узлов, натурное моделирование в этих условиях невозможно.

Имитационное моделирование заменяет исходную систему моделью, достаточно точно описывающей ее в значимых для данного исследования характеристиках. Так как одной из основных особенностей в прогнозировании распространения вредоносного ПО в глобальных сетях является неограниченное число рабочих станций, прогнозирование с помощью имитационного моделирования достаточно сложная задача. Это обуславливается большим количеством машин в сети, которые должны

быть учтены в модели, а также тем, что в глобальных сетях зачастую происходит подключение и отключение рабочих станций в произвольный момент времени (количество станций в сети – переменная величина).

Аналитическое моделирование представляет собой замену исходной системы некоторыми функциональными соотношениями, которые отражают только общие характеристики системы.

Аналитическая модель SI, например, предполагает наличие двух типов объектов: зараженные (I) и незараженные (S). Данная модель может применяться для прогнозирования распространения вредоносного ПО в компьютерных сетях. Однако, она не учитывает возможность перехода из состояния «зараженный» в состояние «незараженный», поэтому относительно точный прогноз может быть только на ранних стадиях развития эпидемии.

Модель SIR учитывает наличие вылеченных объектов. Поэтому данная модель является более точной, чем примитивная модель SI.

Модель PSIDR является двухэтапной моделью. На первом этапе заражение происходит, как в модели SI. На втором этапе начинается «поиск» зараженных компьютеров и их «вакцинация».

Модель SAIR учитывает наличие компьютеров с антивирусным ПО, поэтому использование данной модели для прогнозирования процесса распространения вредоносного ПО в глобальных сетях невозможно, ввиду отсутствия возможности учета особенностей отдельных узлов сети.

Таким образом, можно сделать следующие выводы о применимости различных подходов для прогнозирования процесса распространения вредоносного ПО в глобальных сетях:

- 1. Натурное моделирование не применимо.
- 2. Имитационное моделирование применимо для прогнозирования, однако в связи с большим количеством рабочих станций данное прогнозирование будет занимать достаточно большое количество времени. Также имитационное моделирование имеет преимущество перед аналитическим моделированием, только когда учитывается достаточно большое количество параметров сети, а в прогнозировании распространения вредоносного ПО в глобальных сетях невозможно учесть характеристики отдельных компьютеров.
- 3. Аналитическое моделирование применимо, поскольку не требует больших вычислительных затрат, и в большей части моделей не учитываются те параметры, определение которых в глобальных сетях затруднено или невозможно.
  - 3.1. Модель SI применима, однако она будет давать приближенный прогноз.
- 3.2. Модель SIR применима для прогнозирования, так как учитывает возможность излечения объектов.
- 3.3. Модель PSIDR применима для прогнозирования и является наиболее точной, так как учитывает то, что процесс излечения начинается только через какое-то время после заражения.
- 3.4. Модель SAIR не применима для прогнозирования, так как предполагает учет параметров конкретных компьютеров (наличие антивирусного ПО).

- 1. Новиков С.В. Модель распространения вирусных атак в сетях передачи данных общего пользования на основе расчета длины гамильтонова пути [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (19.02.2008) / Носков Сергей Валерьевич; СПб ГУ ИТМО. Санкт-Петербург, 2007.— 94 с.
- 2. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика СS. 3-е изд. СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНV, 2004. 847 с.: ил.

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ПОХОЖИХ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ

© Чеховских И.В., Симонова Е.В.

e-mail: chekhovskikh@mail.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва г.Самара, Российская Федерация

Человек тратит много сил и времени на поиск интересующего текстового документа. Для автоматизации данного процесса необходимо настроить подбор текстовых документов на основе схожести информации в них, база данных при этом не требуется. Для подобных целей используются рекомендательные системы.

В большинстве таких систем необходимо выполнить предобработку текстового документа. Текст очищается от предлогов, союзов, знаков препинания и других слов, которые не должны участвовать в сравнении.

Программный продукт Doc2Vec предназначен для поиска текстовых документов на основе модели нейронной сети, задачей которой является реконструкция контекста слов. Преимуществом Doc2Vec является небольшая размерность векторов.

Принцип работы Doc2Vec можно описать следующим образом: максимизация косинусной близости для векторного представления текстовых документов, которые появляются в похожих контекстах, и, наоборот, её минимизация для документов, не встречающихся в похожих контекстах.

Для того чтобы использовать Doc2Vec, можно взять модель, обученную, например, на корпусе Википедии, или же обучить её самому. Недостаток уже готовой модели в том, что она может быть слишком общей и, соответственно, идентифицировать как близкие друг к другу слова, которые такими не являются.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СОКРАЩЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ ВЕКТОРОВ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ АНСАМБЛЯМИ СЛУЧАЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ

#### © Шибаева А.О.

e-mail: aoshibaeva@yandex.ru

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

В данной работе рассматриваются несколько упаковочных методов сокращения размерности векторов исходных данных, так как методы этой группы в общем случае дают наилучший результат. В данной работе рассматриваются алгоритм оценки признаков последовательным исключением признаков и алгоритм Boruta.

Алгоритм работы метода оценки признаков последовательным исключением признаков состоит из двух главных шагов [1]:

- 1) построить модели на начальной выборке данных и оценить важность всех признаков;
  - 2) исключить наименее важных признаков из текущей выборки.

Эта процедура рекурсивно повторяется в сокращенном наборе до тех пор, пока в конечном итоге не будет достигнуто требуемое количество объектов для выбора.

Ниже приведена пошаговая работа алгоритма Boruta [2]:

- 1) добавить случайность к исходной выборке данных, путём добавления перемешанных копий всех признаков (которые называются теневыми признаками).
- 2) построить классификатор ансамбля случайных деревьев для расширенного набора данных и к каждому признаку применить меру важности признака (по умолчанию уменьшение средней точности) для оценки важности каждого признака, где более высокий результат означает большую важность.
- 3) для каждого признака проверить, имеет ли реальный признак лучшее значение, чем лучший из его теневых признаков. Если нет, такие признаки считаются неважными и удаляются.
- 4) остановить алгоритм, если все признаки являются важными или неважными, либо если достигается заданный предел запусков ансамбля.
- В качестве данных для обучения было решено взять два набора данных: ирисы Фишера [3] и типы стекла [4]. Набор ирисов Фишера включает в себя данные о 150 экземплярах ирисов, по 50 экземпляров для трёх видов Ирис щетинистый (Iris setosa), Ирис виргинский (Iris virginica) и Ирис разноцветный (Iris versicolor). Для каждого экземпляра предоставлены четыре характеристики (в сантиметрах):
  - длина чашелистика;
  - ширина чашелистика;
  - длина лепестка;
  - ширина лепестка.

В качестве второго набора данных были использованы открытые данные о типах стекла, в зависимости от химического состава (содержания определённых химических элементов) и показателя преломления. Количество атрибутов, включая класс -10, всего типов стекла -7, количество векторов -214.

В таблицах 1 и 4 приведены результирующие метки выбора признаков (1-3начимый признак, 0- незначимый). В таблицах 2 и 5 приведены доли правильных ответов для исходных данных, а также для данных, которые были сформированы из исходных с помощью исключения незначимых признаков по таблице 1. В таблицах 3 и 6 приведено время работы алгоритмов.

Таблица 1. Значимость признаков на выборке ирисов Фишера

Номер признака	1	2	3	4
Рекурсивное исключение признаков	0	0	1	0
Boruta	0	0	0	1

Таблица 2. Доли правильных ответов на выборке ирисов Фишера

	Доля правильных ответов	
На исходной выборке	На выборке с рекурсивным	На выборке Boruta
	исключением признаков	
0,86	0,89	0,93

Таблица 3. Время работы на выборке ирисов Фишера

Время работы метода, с		
Рекурсивного исключения признаков	Boruta	
72	15	

Таблица 4. Значимость признаков на выборке типов стекла

Номер признака	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рекурсивное исключение признаков	1	0	1	0	0	0	1	1	0
Boruta	1	0	1	1	0	1	1	0	0

Таблица 5. Доли правильных ответов на выборке типов стекла

	Доля правильных ответов	
На исходной	На выборке с рекурсивным исключением	На выборке
выборке	признаков	Boruta
0,6	0,69	0,74

Таблица 6. Время работы на выборке типов стекла

Время работы метода, с			
Рекурсивного исключения признаков	Boruta		
323	20		

По полученным данным видно, что, несмотря на то, что алгоритмы выбирали значимыми неодинаковые наборы признаков, точность классификации после обработки на обработанных исходных данных выше, чем на исходной выборке. Однако, алгоритм Boruta показывает лучшие результаты, чем алгоритм рекурсивного исключения признаков, так как у него выше доля правильных ответов и меньше время работы.

Сравнение показало, что оба алгоритма позволяют увеличить точность задачи классификации, а алгоритм Boruta позволяет получить лучший результат по точности классификации при меньшем времени работы, чем алгоритм рекурсивного исключения признаков.

- 1. Featureselection [Электронный ресурс] // scikit-learn.org. https://scikit-learn.org/stable/modules/feature\_selection (дата обращения: 17.11.2018).
- 2. How to perform feature selection (i.e. pick important variables) using Boruta Package in R? [Электронный ресурс] // Analytics Vidhya. https://www.analyticsvidhya.com/blog/2016/03/selectimportant-variables-boruta-package/ (дата обращения: 03.12.2018).
- 3. Boruta 0.1.5 [Электронный ресурс] // PyPI. https://pypi.org/project/Boruta/ (дата обращения: 05.11.2018).
- 4. Iris Data Set [Электронныйресурс] // UC Irvine Machine Learning Repository URL: http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Iris (датаобращения: 3.12.2018)

## АНАЛИЗ БОЛЬШИХ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ CUDA

© Шихевич В.А.<sup>1</sup>, Ильясова Н.Ю.<sup>1,2</sup>, Широканев А.С.<sup>1,2</sup>

e-mail:vladislav.shikhevich@gmail.com

<sup>1</sup> Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

<sup>2</sup> Институт систем обработки изображений РАН – филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, г. Самара, Российская Федерация

сегодняшний сахарный диабет считается самым Ha день опасным и распространенным эндокринным заболеванием в мире. Одним из первых симптомов развития данного заболевания являются изменения глазного дна. Классификация объектов глазного дна по текстурным признакам применяется для задачи сегментации изображения глазного дна, то есть выделения зон с заболеванием, по которым ставится окончательный диагноз. Текстурные признаки хорошо себя зарекомендовали для распознавания биомедицинских изображений и их дальнейшей диагностики [1]. Оценка эффективности признаков проводилась на основе дискриминантного анализа [2]. На рис. 1 представлен пример сегментации. На первом этапе необходимо вычислить матрицу смежности, гистограмму и градиентное поле, вычисление которых занимает неприемлемо много времени. Алгоритм вычисления гистограммных, градиентных признаков и признаков Харалика обладает высокой вычислительной сложностью. Среди всех 300 признаков, вычисляемых программой «Mazda», отобраны наиболее эффективные 5 по разным цветовым каналам [3].

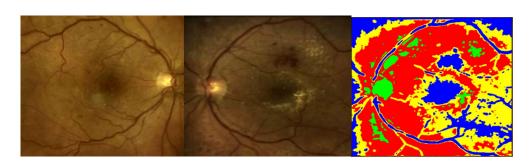


Рис. 1. Пример изображения глазного дна без патологии (слева), с патологией (в середине) и сегментированное изображение (справа)

Параллельная версия вычисления текстурных признаков является весьма нетривиальной, поскольку необходимо вычислять сложные для видеокарты математические объекты: матрицу смежности, гистограмму, градиентное поле, и учитывать коммуникации между атомарными задачами, зависящими от указанных математических объектов. Для каждого цветового канала вычисляются свои текстурные признаки. Модель GPU-CUDA для вычисления признаков задаётся в виде двумерной сетки, размер которой совпадает с размерами изображения. На рис. 2 представлена схема параллельного алгоритма на CUDA. Алгоритм использует в основном локальную память. Расчёт матрицы смежности на CUDA осуществляется на основе сложной реализации, работающей с матрицей по строкам, поскольку отдельная нить не умещает в локальной

памяти такую большую матрицу. Для проведения детального исследования были извлечены фрагменты изображений из натурных изображений глазного дна пациентов, которые подвергались фрагментации, приводящей к формированию выборки. Выборка представляет собой данные определённого объёма в МБ. На рис. 3 представлены результаты эффективности предложенного высокопроизводительного алгоритма в зависимости от объёма данных (в МБ) для изображения глазного дна реального пациента. При исследовании ускорения использовалась видеокарта NVIDIA GeForce GTX 1060 3GB.

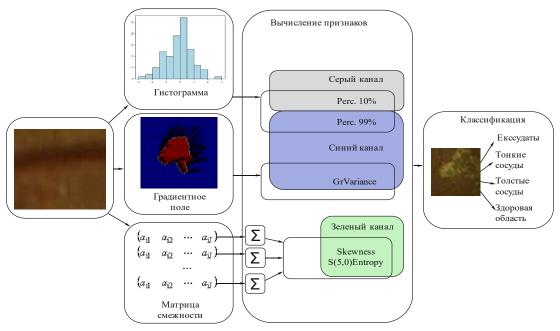


Рис. 2. Схема работы отдельной нити в высокопроизводительном алгоритме

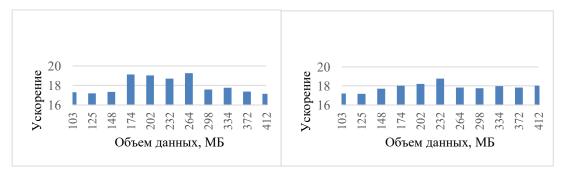


Рис. 3. Результаты ускорения алгоритма на различных изображениях

Несмотря на независимость задач с ростом объёма данных линейное ускорение не наблюдается по причине влияния на вычислительную сложность чёткости изображения, формы зоны экссудатов, вариабельности сосудов и расположения зрительного диска. Оптимальным объёмом данных, при котором среднее ускорение является максимальным, является объем в 202 МБ.

#### Благодарности

Работа выполнена при частичной поддержке Федерального агентства научных организаций (соглашение № 007-Г3/Ч3363/26); Министерства образования и науки РФ в рамках реализации мероприятий Программы повышения конкурентоспособности Самарского Университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013-2020 годы; грантов РФФИ № 16-41-630761, № 17-01-00972, № 19-29-01135.

- 1. Кутимова, Е.Ю. Диабетическая ретинопатия. Роль амбулаторно-поликлинического звена в ранней диагностике. Лечение. Прогнозы [Текст] / Е.Ю. Кутимова, В.Г. Кутимова // Медицина. 2016. Т. 21, №2. С. 573-577.
- 2. Ilyasova, N.Yu. The Discriminant Analysis Application to Refine the Diagnostic Features of Blood Vessels Images [Text] / N.Yu. Ilyasova, A.V. Kupriyanov, R.A. Paringer // Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). − 2015. − Vol. 24, № 4. − P. 309-313.
- 3. Shirokanev, A.S. A smart feature selection technique for segmentation of fundus images / A.S. Shirokanev, N.U. Ilyasova, R.A. Paringer // Procedia Engineering. 2018. Vol. 201. P. 736-745.

### ФЕДЕРАТИВНЫЙ ПОДХОД К ИНТЕГРАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ И АТРИБУТИВНЫХ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ

#### © Яшнева А.И., Головнин О.К.

e-mail: anyayashneva@gmail.com

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация

Наиважнейшей составляющей для объединения гетерогенных источников и создания целостной геоинформационной инфраструктуры промышленности, малых организаций, государственных структур, является технология интеграции данных [1]. Основная цель работы — обеспечить единую виртуальную картину из первичных источников данных, исключая их дублирование и копирование [2].

подход к федерализации данных для геоинформационной интегрирующей платформы ITSGIS [3]. ITSGIS использует технологию интеграции корпоративной информации EII, которая позволяет извлекать данные из различных источников данных, объединять их и представлять аналитику в режиме реального времени. Реализованный шаблон интеграции данных снимает необходимость в поддержании механизмов асинхронного распространения, что позволяет нивелировать избыточность данных и избежать лишней нагрузки на серверы и каналы обмена данными. ITSGIS обеспечивает доступ к данным из разных источников в реальном времени. Данные доступны для потребителей сразу же после порождения. Разработанное интеграционное решение способно замаскировать изменения модели данных, которые могут быть сделаны в источниках. Интеграция выполняется для пространственных данных и атрибутов, связанных с ними. Подсистема федерализации выполнена как служба WebAPI с использованием кроссплатформенной технологии ASP Net Core. Для подключения к геореляционным источникам данных используются средство объектно-реляционного отображения EntityFramework. Доступ к нереляционным данным осуществляется через настраиваемые провайдеры, которые разрабатываются индивидуально для каждой геоинформационной системы. Если геоинформационная система поддерживает стандарты OGC [4] для манипулирования данными, то используется универсальный провайдер.

Таким образом, разработанная подсистема федерализации данных для ITSGIS позволит: манипулировать данными в геоинформационных системах, в которых они были порождены; исключить копирование как пространственных, так и атрибутивных данных; предоставлять клиентским приложениям доступ к интегрированным данным в виде сервиса.

- 1. Проектирование хранилищ данных [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://studfiles.net/preview/4148942/ (дата обращения: 15.10.2018).
- 2. Яшнева, А.И. Федерализация пространственных данных геоинформационных систем [Текст] / А.И. Яшнева // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы конференции. Рязань: РГРТУ, 2018. С. 70—71.
- 3. Головнин, О.К. Архитектура системы передачи данных ГИС ITSGIS [Текст] / О.К. Головнин // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы конференции. Рязань: РГРТУ, 2015. С. 279-281.
- 4. Open Geospatial Consortium [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.opengeospatial.org/standards (дата обращения: 15.10.2018).

## СОДЕРЖАНИЕ

ДМИТРИЙ ИЛЬИЧ КОЗЛОВ	3
СЕКЦИЯ 1 КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	12
SPACE LOGISTICS	13
BELYAKOV A.A., SALMANOVA O.B.	
INVESTIGATION ON CONCEPT AND PRINCIPLE OF SOLID-FUEL ROCKET SCRAMJET GAO Y.G., LIU Y.	16
INFLUENCE OF SOLAR ACTIVITY ON THE EARTH	19
SAMADOV M.A., SALMANOVA O.B.	
PROBLEM DER WELTRAUMSCHROTTBESEITIGUNG IN DER DEUTSCHEN	
POPULÄRWISSENSCHAFTLICHEN LITERATUR	20
АКМУРЗАЕВА Е.С., ТАРАКАНОВА У.И., МАРТЫНОВА О.Н.	
ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ОПТИКОЭЛЕКТРОННОГО	
МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА	22
Андрианова М.В., Сафронов С.Л.	
СРАВНЕНИЕ СХЕМ «ТЯНУТЬ-ТОЛКАТЬ» ПРИ КУЛОНОВОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ	
СПУТНИКОВ НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЕ	24
Андриевская Д.С.	
МЯГКАЯ ПОСАДКА ВОЗВРАЩАЕМОЙ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ	26
Апарин М.П., Юдинцев В.В.	
БУСТЕРНЫЕ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫЕ АГРЕГАТЫ ЖРД РБ	28
Баленков Д.С., Соколов Д.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КАРКАСА	20
ПАНЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ УДАРЕ	30
БЕЛОУСОВА Д.А., ОРЛОВ Д.И., СЕДЕЛЬНИКОВ А.В. ИДЕИ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛОГИСТИКИ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	21
	31
БЕЛЯКОВ А.А., ШУЛЕПОВ А.И. О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛА МР ДЛЯ БЕСПЛАМЕННОГО	
ИНФРАКРАСНОГО ГОРЕНИЯ В ЖРД	31
Воробьева А.Е., Белоусов А.И.	54
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ	37
Говорухин В.С., Куренков В.И.	0 /
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЛАЗМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ	
ЦИКЛИЧЕСКОГО УСКОРЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ ИНЕРТНОГО ГАЗА	39
ГРАБОВСКИЙ И.И., ГУРЬЯНОВ А.И.	
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ЧИСЛЕННОГОМЕТОДА	
РЕШЕНИЯ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	41
Дёмина А.Ю., Борминский А.В., Шулепов А.И., Степанцов И.С.	
WIEDERVERWENDBARE TRÄGERRAKETEN	44
ДЕНИСОВ Д.А., МАРТЫНОВА О.Н.	
ТРОСОВАЯ СИСТЕМА ФОБОС – ОРБИТАЛЬНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ	46
Едигеева Л.С., Авраменко А.А.	
ВЛИЯНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОДЪЁМНИКА НА ДИНАМИКУ ОРБИТАЛЬНОГО	
КОСМИЧЕСКОГО ЛИФТА	48
Еникеева А.А.	
КОНСТРУКЦИЯ ЗОНДА ШКОЛЬНОГО ЧЕМПИОНАТА CANSAT	49
Ивлев С.Д., Селезнёва Л.А., Ищанов А.В., Черняев А.Г., Кумарин А.А.	
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТИРОВОЧНОГО РАСЧЁТА	<b>50</b>
НА ПРОЧНОСТЬ БАКОВ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ ПО РАЗЛИЧНЫМ МЕТОДИКАМ	50
КЕДАЛО А.В., КУРЕНКОВ В.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДА ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДА ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОТОТИПИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ	<b>5</b> 2
ПРИ ПРОТОТИПИРОВАНИИ ИЗДЕЛИИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОИ ТЕХНИКИ Лиорек Ю.В., Билалова Е.В., Сагдатуллин А.М.	52
лиогек 10.Б., билалова Е.Б., Сагдатуллин А.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАТЕРНИНОВ В РЕШЕНИИ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДИНАМИКИ	51
Лустина Ю.Е, Авраменко А.А.	57

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЖИДКОСТНОГО ТРЕНИЯ НАСОСОВ ЖРД 55
НЕВАТУС И. С., ЗУЕВ А. А.
ТОЛЩИНА ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ АФИНОПОДОБНОЙ МОДЕЛИ57
НЕВАТУС И. С., ЗУЕВ А. А.
ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО БАЛЛОНА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ 60
Переведенцев В.С., Чернякин С.А.
ВЛИЯНИЕ ВЕТРОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА ДИНАМИКУ КОСМИЧЕСКОГО ЛИФТА
Пикалов Р.С.
РАЗРАБОТКА СХЕМЫ СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ
ЖРД РБ
Соколов Д.А., Баленков Д.С., Толстопятов М.И.
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКРИТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПОЛОГОЙ СФЕРИЧЕСКОЙ
ОБОЛОЧКИ
Старкова А.А., Чернякин С.А.
ВЛИЯНИЕ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ НА ДВИЖЕНИЕ МАЯТНИКА ФУКО 68
Тараканова У.И, Авраменко А.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБОРА ДВИГАТЕЛЕЙ НА СОСТАВЛЯЮЩИЕ
ПОТРЕБНОЙ СКОРОСТИ РАКЕТ, ЗАПУСКАЕМЫХ СПОСОБОМ ВОЗДУШНОГО СТАРТА69
Уперчук Р.А., Сачук Д.В., Старинова О.Л.
УПРАВЛЕНИЕ СВЯЗКОЙ БУКСИР-КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР НА ЭТАПЕ БУКСИРОВКИ 71
Файзуллин Л.Ф.
СЕКЦИЯ 2 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ
PROCESSUS DE SÉPARATION DES GAZ LÉGERS SUR LES TAMIS MOLÉCULAIRES
DE CARBON
CHTCHERBAKOV V.V., MERCOULOVA L.P.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ
СТРУКТУРЫ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА ПО ЗАДАННЫМ ПАРАМЕТРАМ ПРОЦЕССА
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОБТЯЖКОЙ (РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ)75
В.О. АГАФОНОВА, Ф.В. ГРЕЧНИКОВ
ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ НА ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ВЫБОР ПРОХОДОВ
ПРОКАТКИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА НА ПРИМЕРЕ
<b>АЛЮМИНИЙ-ЛИТИЕВОГО СПЛАВА (1420)</b>
АГАФОНОВА Д.В., МИХЕЕВ В.А.
ПРИМЕНЕНИЕ РАМ-STAMP 2G ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ГОФРИРОВАННЫХ ОБОЛОЧЕК
БАТУРИН А.П., ПЕТРОВ И.Н., ЕРИСОВ Я.А.
СВС КЕРАМИЧЕСКИХ НИТРИДНО-КАРБИДНЫХ НАНОПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ SI <sub>3</sub> N <sub>4</sub> -TIC И ALN-SIC С ПРИМЕНЕНИЕМ АЗИДА НАТРИЯ И ГАЛОИДНЫХ СОЛЕЙ
Si₃N₄-11С И ALN-SiC С ПРИМЕНЕНИЕМ АЗИДА НАТРИЯ И ГАЛОИДНЫХ СОЛЕИ 80 БЕЛОВА Г.С., ТИТОВА Ю.В.
испытательное и деформирующее оборудование
В ЛИСТОШТАМПОВОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ С СИЛОПРИВОДОМ ИЗ МАТЕРИАЛА
С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ
Бикбаев Р.М., Алехина В.К., Глущенков В.А.
АРМИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ЛИГАТУРАМИ CU-(ALN+5%NA <sub>3</sub> ALF <sub>6</sub> ) 85
Волонова А.Е., Тихонова А.Ю., Кузина А.А.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРЕПЕЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
С ПОМОЩЬЮ 3D ПЕЧАТИ ПОЛИМЕРОМ С АРМИРОВАННЫМ ВОЛОКНОМ
Воронов В.А., Семенов А.Н.
ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕР ГИБРИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
СОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕР ТИБРИДНЫХ СОЕДИНЕНИИ
Т АРАЕВ Р.Р., КУРЫНЦЕВ С.В.  СВОЙСТВА НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОГО
СВЯЗУЮЩЕГО И УГЛЕРОДНЫХ СТРУКТУР РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ91
Гафиятуллина С.И., Магсумова А.Ф. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ЭФФЕКТИВНУЮ
теплопроводность эпоксидной смолы93
ЛАНИЛЕНКО Е.Г., ЧЕСНОКОВ Е.Я., ТЕЛЕГИН С.В.
ZIZMINIJIEMO IZI I., TECHONOD IZZI., ITZIETNII C.D.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА МУЛЬТИФРАКТАЛЬНОЙ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ	
НЕОДНОРОДНЫХ СТРУКТУР МАТЕРИАЛОВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ	95
ГРИБОВА Е.С., ПАЛАМАРЬ И.Н.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕНЗОИМПУЛЬСНОЙ РЕГУЛЯЦИИ НА ПРОЦЕСС	
АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАСТИН ИЗ ЛИСТОВОГО	
МАТЕРИАЛА СПЛАВА АМГ6 ТОЛЩИНОЙ 4 ММ	97
Демидова М.М., Алваренга Р. де, Михеев В.А.	
ВЛИЯНИЕ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ СТАЛИ 20Х2Н4А	
АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	99
Дмитриева М.О., Мельников А.А.	
ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ	
НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ	101
Заббарова Э.И., Магсумова А.Ф.	
ПОВЫШЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРЕДЕЛЬНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЛОИСТЫХ	
МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЁТ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	103
Зорин И.А., Хардин М.В.	
ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ДИСПЕРСНОСТЬ	
УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО НАПОЛНИТЕЛЯ В СОСТАВЕ	
ЭПОКСИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО	105
Камалов А.Н., Магсумова А.Ф.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ И МЕТОДОВ ИХ	
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ЗАДАННОЙ ТОЛЩИНОЙ	107
Косолапова А.Ю., Демьяненко Е.Г., Попов И.П.	
PRODUCTION DE MOULES D'INJECTION PLASTIQUES PAR LES METHODES	
DE LA FUSION LASER SELECTIVE DES POUDRES	109
Крук П.Е., Меркулова Л.П., Смелов В.Г.	
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ	
МАТЕРИАЛОВ	111
МАГСУМОВА А.Ф., ИБАТУЛЛИН И.М.	
ДИСКРЕТНО-УПРОЧНЕННЫЙ АЛЮМОМАТРИЧНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ СПЛАВ	110
AL-10%TIC	112
Махонина Ю.В.	
ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	
СЛОЖНОЙ ФОРМЫ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРИМЕРЕ СТРИНГЕРОВ	114
МИНАЕВ О.А., Воронина С.Ю., Власов А.Ю., Пасечник К.А.	114
МИНАЕВ О.А., БОРОНИНА С.Ю., БЛАСОВ А.Ю., ПАСЕЧНИК К.А. ПРИМЕНЕНИЯ НАНОПОРОШКА ALN+5%NA₃ALF₀ МАРКИ СВС-АЗ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ	
МАХ-ФАЗЫ В СИСТЕМЕ TI–AL–N–С	116
МАХ-ФАЗЫ В СИСТЕМЕ 11-AL-N-С Минеханова А.Ф., Титова Ю.В., Майдан Д.А.	110
ПОЛУЧЕНИЕ ГИБРИДНОГО КОМПОЗИТА AL-BN-TIC НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКА	
НОЛУ ЧЕНИЕ I ИВІ ИДПОГО КОМПОЗИТА AL-BN-11С НА ОСНОВЕ ПАПОПОГОШКА НИТРИДА БОРА МАРКИ СВС-АЗ	110
Остроухов Д.В., Титова Ю.В.	110
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОКОНЧАТЕЛЬНОГО ОТЖИГА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ	
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА СИСТЕМЫ AL-MG-SC	120
ПЕТРОВ И.Н., ЕРИСОВ Я.А., СУРУДИН С.В., БАТУРИН А.П.	120
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛОЧЕНИЯ КРУГЛЫХ ПРОФИЛЕЙ	
ЧЕРЕЗ ВРАЩАЕМУЮ ВОЛОКУ	122
Разживин В.А., Гусева А.В., Каргин В.Р.	122
МЕТОДОЛОГИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
ФОРМОСТАБИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПКМ	124
Рожков И.П., Титов М.А., Пасечник К.А., Власов А.Ю.	127
АЗИДНЫЙ СВС НАНОПОРОШКОВ НИТРИДА БОРА ИЗ ОКСИДА БОРА	
И БОРНОЙ КИСЛОТЫ	126
Сафаева Д.Р., Титова Ю.В., Майдан Д.А.	120
ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРНА, ФАЗОВОГО СОСТАВА И ТЕКСТУРЫ НА УРОВЕНЬ	
СТРУКТУРНОЙ ЭНТРОПИИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ	128
Селиверстова Н.В., Носова Е.А.	120
ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ОТЖИГА НА ПРОЧНОСТЬ	
СЛОИСТЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ	130
Солоднева М.И., Носова Е.А.	3

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ	
КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ	. 132
Спирина М.О., Куркин Е.И.	
ОЦЕНКА ЖЕСТКОСТИ АНИЗОТРОПНОГО КОРОТКОАРМИРОВАННОГО	
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ГОМОГЕНЕЗАЦИИ	. 134
Спирина М.О., Куркин Е.И.	
АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ УПРУГОГО ПРУЖИНЕНИЯ ЗАГОТОВКИ	
ПРИ ФОРМООБРАЗОВАНИИ ОБТЯЖКОЙ ОБОЛОЧЕК ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ	. 136
Тиабашвили А.Т., Михеев В.А.	
ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ НА ШТАМПУЕМОСТЬ ЛИСТОВЫХ	
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ	. 138
ТРИБУНСКИЙ А.В., НОСОВА Е.А.	
СВС НАНОПОРОШКА НИТРИДА АЛЮМИНИЯ ИЗ СМЕСИ «AL + $(NH_4)_3ALF_6$ + $NAN_3$ »	. 140
Уварова И.А., Титова Ю.В., Майдан Д.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ А-ТВЕРДОГО РАСТВОРА ЛАТУННОГО СПЛАВА МЕТОДОМ	
СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ	. 142
Чаплыгин К.К., Епифанцев М.А., Воронин С.В.	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ РАСЧЕТА ОРИЕНТАЦИИ АРМИРУЮЩИХ	
волокон в кронштейне, изготовленном методом литья	
ПОД ДАВЛЕНИЕМ	. 143
ЧЕРТЫКОВЦЕВА В.О., КУРКИН Е.И.	
СЕКЦИЯ З АЭРОДИНАМИКА, ДИНАМИКА ПОЛЕТА, УПРАВЛЕНИЕ И НАВИГАЦИЯ	
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	. 144
GNSS NAVIGATION FIELD FOR TRAJECTORY TO THE MOON	. 145
HUSSEIN ABO KENAN	
ESTIMATION OF POTENTIAL NAVIGATION ACCURACY USING GNSS	
ON FIRST STAGE OF TRANSFER TO THE MOON	. 146
AL-SALIHA IBRAHEEMALKHALIL EMAD KHUDHUR	
ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	
САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРУППОВОГО ПОЛЁТА	
НАНОСПУТНИКОВ	. 147
Васин П.В., Аваряскин Д.П.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ НА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ПОЛЕТА	
КОНВЕРТОПЛАНА	. 148
Гирфанов А.М., Пискунов Е.Д.	
РАСЧЁТ ПОДЪЁМНОЙ СИЛЫ ПЛАСТИНЫ ВБЛИЗИ ЭКРАНА МЕТОДОМ	
ДИСКРЕТНЫХ ВИХРЕЙ	. 149
Гуренков А.С., Климашин С.В., Фролов В.А.	
МЕТОДИКА НАХОЖДЕНИЯ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА, УЧИТЫВАЮЩЕГО	
ВЛИЯНИЕ ТЕНЗОДЕРЖАВКИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ДОННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ	
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	. 151
Железнов И.В., Пашков Д.А., Коноваленкова К.О., Фролов В.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ КОРПУСА РАКЕТА-НОСИТЕЛЯ С БОКОВЫМИ	
УСКОРИТЕЛЯМИ	. 153
Иванова Д.Д., Рогачева Ю.А., Фролов В.А.	
БЕСПИЛОТНЫЙ АППАРАТ С НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКОЙ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АРКТИКИ	. 155
Каляева А.А., Фатхулова Д.А., Куклев Е.А.	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОСПУТНИКОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА	
КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ	. 156
Карленас А., Шербаков М.С.	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЪЁМНОЙ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ	
НА МОДЕЛЬ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, В ЗАВИСИМОСТИ	
ОТ ДИАМЕТРА ПЕРЕНОСИМОЙ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ	. 157
Ким А.С., Ковалев В.А., Полтораднев А.С., Фролов В.А.	
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ АРХИТЕКТУРЫ НАВИГАЦИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ	
HA OCHOBE SDR	. 159
KVMADIH A A KVIDGRIJER IJ A	10)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСВЕЩЕНИЯ НЕФТЯНОЙ ПЛАТФОРМЫ	
«ПРИРАЗЛОМНАЯ» КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ С СОЛНЕЧНЫМ ПАРУСОМ	. 161
Куприянов Д.Д., Старинова О.Л.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ	
МАССОГАБАРИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА	
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОСПУТНИКА	. 163
Ломака И.А.	. 100
ПОДДЕРЖАНИЕ ИНСПЕКЦИОННОГО ДВИЖЕНИЯ НАНОСПУТНИКОМ	
ОТНОСИТЕЛЬНО ОРБИТАЛЬНОЙ СТУПЕНИ С УЧЕТОМ АТМОСФЕРЫ	165
МЕДВЕДЕВ С.А., ЩЕРБАКОВ М.С.	. 103
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ИНИЦИИРУЕМЫХ В МНОГОПРОВОЛОЧНОМ 3D ТРЕКОВОМ ДЕТЕКТОРЕ	
	1//
ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ДЛЯ НАНОСПУТНИКА	. 100
HACOHOB K.C.	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ДВУМЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ИОНОСФЕРЫ К ЗАДАЧЕ	
ВЫЯВЛЕНИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ	. 168
Николаев П.Н.	
МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ	
МОДЕЛИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ	. 170
Новикова А.А., Фролов В.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ АЛГОРИТМОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИИ	
КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПО ОДНОМОМЕНТНЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ	. 172
Рылько Д. В., Крамлих А.В.	
ЗАДАЧА ПРИВЕДЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ПОЛЕТА	
К ХАРАКТЕРИСТИКАМ РЕАЛЬНОГО ВЕРТОЛЕТА	. 174
Сафина Р.А., Гирфанов А.М.	
МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ	
В КОМБИНАЦИИ КОРПУС-КРЫЛО	. 176
Сачук Д.В., Агзамова А.С., Кортунова О.В., Чумакова М.С., Фролов В.А.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ УГЛОВОГО ДВИЖЕНИЯ НАНОСПУТНИКА SAMSPACE-1	179
Селезнева Л.А., Черняев А.Г.	, 1,,
ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОСПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ	
ИНСПЕКЦИИ ОБЪЕКТОВ В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ	180
Симаков С.П., Щербаков М.С.	, 100
СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕОРИЕНТАЦИЕЙ	
НАНОСПУТНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ	
НАНОСПУТНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ	101
	. 161
Синицын Л.И., Крамлих А.В.	
ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫ ПРИМЕНЕНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ	102
СПУТНИКОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ	. 183
Слистин А.А., Аваряскин Д.П.	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	
БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	. 184
Смирнова Н.А., Гузанова А.Е., Кизимов А.Т.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ НАНОСПУТНИКА CUBESAT 2U	. 186
Соболев Д.Д., Симаков С.П.	
СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ УГЛОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ	
МНОГОРЕЖИМНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	. 187
Соколова А.А., Зайцева Н.С., Курылева П.А.	
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА	
СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ ПРИ НУЛЕВОМ УГЛЕ АТАКИ	. 188
УПЕРЧУК Р.А., ФРОЛОВ В.А.	
ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СФЕРИЧЕСКОМУ ФЕМПТОСПУТНИКУ,	
ПРЕДНАЗНАЧЕННОМУ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ВАРИАЦИЙ ПЛОТНОСТИ ВЕРХНЕЙ	
АТМОСФЕРЫ	. 190
Халецкая Е.В., Аваряскин Д.П.	
РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА РАСКРЫТИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ	
ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НАНОКЛАССА ФОРМАТА CUBESAT	. 191
Хусаинов А.А., Ломака И.А.	

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ИНСПЕКЦИОННОГО ДВИЖЕНИЯ	
НАНОСПУТНИКА НА ВЫСОКИХ ОРБИТАХ	192
Щербаков М.С.	
МЕТОД ОСОБЕННОСТЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ОБТЕКАНИЯ	
ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ТЕЛ	193
ЭСПИНОСА БАРСЕНАС О.У., ЛУКЬЯНОВ О.Е., ФРОЛОВ В.А.	
СЕКЦИЯ 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВИАЦИОННОЙ	
ТЕХНИКИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ	195
ЗАДАЧА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ АЭРОПОРТА С УЧЁТОМ ВРЕМЕНИ	
ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ И БАГАЖА	196
АРГАСЦЕВА Я.С., ПОТАПОВ И.В.	
АКУСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОРАЗМЕРНОГО ГТД	198
Видяскина А.Н., Ермилов М.А., Крючков А.Н.	0
РОССИЙСКИЙ РЫНОК ЭКСПРЕСС-ДОСТАВКИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ	
И ПРОГНОЗЫ НА СРЕДНЕСРОЧНУЮ ПЕРСПЕКТИВУ	201
Гизятова Т.А., Кропивенцева С.А.	201
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСФЕРНОЙ СИСТЕМЫ АВИАПЕРЕВОЗОК	
В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	203
Гужа Е.Д., Скороход М.А., Романенко В.А.	203
АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ	205
	205
Евстифорова Д.В., Немчинов О.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛИЗУЕМОСТИ САМОЛЕТА С ПРИМЕНЕНИЕМ	
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ	207
Зинина О.В., Болдырев А.В.	
ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ПЕШЕХОДНОЙ ДОСТУПНОСТИ	
ОСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА	209
Зубкова Е.В., Сапрыкин О.Н.	
ВЛИЯНИЕ ИННОВАЦИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	211
Иванова Н.В.	
ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ	
НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ОРЕНБУРГ	213
Изусина А.А., Михеева Т.И., Михеев С.В.	
ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ИСЧИСЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И	
КОНСТРУИРОВАНИЯ ЖГУТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ	215
Коптев К.В., Мясников А.Ю.	
КОНТРОЛЬ ДАЛЬНЕГО ПОЛЯ ГЛИССАДНОГО МАЯКА С ПРИМЕНЕНИЕМ	
БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ	217
Лихачев А.С.	
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПУТИ РАЗВИТИЯ АВИАТРАНСПОРТНОЙ	
ИНФРАСТРУКТУРЫ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА	219
Мартынова Д.Д., Чайкина А.А.	417
НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	
АЭРОПОРТА	221
Молчанова А.И., Романенко В.А.	221
СТРУКТУРИРОВАНИЕ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО	222
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	222
Москаева Е.В., Дмитриев А.Я.	
РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ	
КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	224
Мясников А.Ю.	
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ	
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ	
АВИАПРЕДПРИЯТИЯХ	226
Мясникова Ю.В.	
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВВ РАМКАХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ	
РЕШЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА	228
Набиев Л.Т., Матвейчук И.А., Высоцкая М.В., Коптев А.Н.	_

РАЗРАБОТКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ	
ИХ ИЗМЕРЕНИЙ В «УМНЫХ» ФАБРИКАХ БУДУЩЕГО	263
Балякин Д.М., Печенин В.А., Болотов М.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫПУСКА ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА	
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СОПЛОВОГО АППАРАТА ГТД	265
Волков А.А., Бузин В.М., Акунец М.В.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТУРБИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	
ДВИГАТЕЛЯ ЕЗ-GE	266
Волков А.А., Горячкин Е.С., Ращупкина А.В.	
СТРОЧЕЧНЫЙ МЕТОД ШЛИФОВАНИЯ ПРОФЕССОРА ЮНУСОВА Ф.С	268
Гарипов М.М., Юнусов Р.Ф.	
МЕТОДИКА ПРОФИЛИРОВАНИЯ ОСЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ	270
Горячкин Е.С., Кудряшов И.А., Сулейманов А.Р.	
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕСА СТУПЕНИ ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА	
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ЕГО ЛОПАТОК	272
Горячкин Е.С., Кудряшов И.А., Сулейманов А.Р.	
ОТРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ ПРОВОЛОЧНОЙ ОСНОВЫ	<b>~</b> - 4
МАТЕРИАЛА МР	274
Десюкевич К.Ю., Шипунов В.В., Давыдов Д.П.	~==
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗНОСА ШАРИКА ПОДШИПНИКА	277
ДОЛГИХ Д.Е., БАЛЯКИН В.Б.	
ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ РАБОТЫ ВОЗДУШНОГО ТУРБОСТАРТЕРА И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ	270
Зубанов В.М., Новикова Ю.Д., Ростовцев Д.И.	2/0
ПРИМЕНЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ	
В РЕАКТОРАХ ИДЕАЛЬНОГО СМЕШЕНИЯ	280
Игтисамов Р.Р., Крюков В.Г.	200
ОБЗОР ЗАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ ГТД СТ	282
Колмакова Д.А., Гильманова А.Н., Поветкин И.С.	
РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВО ВХОДНОЙ ШАХТЕ	
ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА	
В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	284
Колмакова Д.А., Акунец М.В., Бузин В.М.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕРЫ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО	
ДВИГАТЕЛЯ	285
Максимов А.Д., Чубенко Т.А., Зубанов В.М.	
ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ПАРЫ «ВОДОРОД –	
КИСЛОРОД» ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА В КАМЕРЕ	
ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ	287
Максимов А.Д., Чубенко Т.А., Зубанов В.М.	
ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ПРОБЕГА ДО ОТРЫВА НА ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ	
РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА АВИАЦИОННОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ	289
Матвеев А.А., Филинов Е.П.	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ	
В ДЕТАЛЯХ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ	291
Нагурный И.О., Лежин Д.С.	
МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА	
ТУРБИННЫХ РЕШЕТОК ГТД	293
Никольская А.Д., Белова С.Е.	
ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ РАБОТЫ ТУРБОВАЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ	• • •
И КОМПРЕССОРА ПНЕВМОТОРМОЗНОГО УСТРОЙСТВА	294
Новикова Ю.Д., Поветкин И.С., Гильманова А.Н.	
ДОВОДКА КОМПРЕССОРА ПНЕВМОТОРМОЗА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В КАЧЕСТВЕ	207
ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ГТД СТ	<b>29</b> 6
Новикова Ю.Д., Колмакова Д.А., Корнеева А.И. ПРИМЕНЕНИЕ ПОРИСТОЙ СМЕСИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ ИЗ МАТЕРИАЛА МР	
ЛЯ БЕСПЛАМЕННОГО ИНФРАКРАСНОГО ГОРЕНИЯ В ЖРД МТ	207
Оглезнева П.С., Белоусов А.И.	۱ ر ۵

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАСТРОЕК ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА	200
СОПЛОВОГО АППАРАТА ГТД	299
Попов Г.М., Акунец М.В., Бузин В.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В СТУПЕНИ ВЕНТИЛЯТОРА	
МОДЕЛИГОВАНИЕ РАВОЧЕГО ПРОЦЕССА В СТУПЕНИ ВЕНТИЛИТОГА ДВИГАТЕЛЯ ЕЗ-GE	301
Попов Г.М., Кудряшов И.А., Ращупкина А.В.	301
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА КОМПРЕССОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	
ДВИГАТЕЛЯ ЕЗ-GE	303
Попов Г.М., Волков А.А., Сулейманов А.Р.	505
СОКРАЩЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕАКЦИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ХИМИЧЕСКИ	
НЕРАВНОВЕСНЫХ ТЕЧЕНИЙ В СОПЛАХ	304
Сыромятников А.Д., Крюков В.Г.	
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАВЕСНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА СПИНКЕ	
И КОРЫТЦЕ ТУРБИННОЙ ЛОПАТКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ V-ОБРАЗНЫХ ВЫЕМОК.	306
Торицын А.С., Лебедев О.В., Ремизов А.Е.	
ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ОПТИМИЗАЦИИ БАЛЛОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ	
ТОПЛИВА	308
Уперчук Р.А., Безлапова П.А., Семёнова А.С.	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОХЛАЖДЕНИЯ НЕСИММЕТРИЧНОЙ	
ТОРЦЕВОЙ ПОЛКИ ТУРБИННОЙ РЕШЕТКИ	311
Ухлин И.В., Белова С.Е.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ С ТЕПЛООТДАЧЕЙ В ПОЛОСТЯХ ВРАЩЕНИЯ	
ЭНЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	312
Фальков В.О., Зуев А.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В КАМЕРЕ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО	
ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЯХ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ПАРЫ «КЕРОСИН –	
КИСЛОРОД»	314
Чубенко Т.А., Максимов А.Д., Зубанов В.М.	
АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ТЕЧЕНИЯ С ТЕПЛООТДАЧЕЙ В ПОЛОСТЯХ ВРАЩЕНИЯ	
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	316
	316
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ Шлоссер Е.В., Зуев А.А.	
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322 324
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322 324
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322 324 326
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322 324 326
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322 324 326 329
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322 324 326 329
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322 324 326 329
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322 324 326 329
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322 324 326 331
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322 324 326 331
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322 324 326 331
ТУРБОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	318 319 322 324 326 331

ПРОБЛЕМА ЧИСТОТЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ АГРЕГАТОВ СОЗДАННЫХ МЕТОДОМ	
СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ	339
Воробьёв Е.С., Рекадзе П.Д., Решетов В.М.	
ГЕРМЕТИЧНОСТЬ ПНЕВМОАГРЕГАТОВ СОЗДАННЫХ	
АДДИТИВНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ	341
Воробьёв Е.С., Рекадзе П.Д., Решетов В.М.	
НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ КЛАССИФИКАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ	
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОПТИЧЕСКОГО СКАНИРОВАНИЯ	343
Голев Н.С., Печенин В.А.	
ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ПОРОШКОВОЙ НИКЕЛЕВОЙ ЛИГАТУРЫ	
НА ЕЁ РАСТВОРЕНИЕ В ЦИНКОВОМ РАСПЛАВЕ	345
Головач А.М., Бондарева О.С.	
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СВС-ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОТЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	347
ГОНЧАРУК С.Ю., САМБОРУК А.Р.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗНАШИВАНИЯ ЗУБЬЕВ ФРЕЗЫ НА ОСНОВЕ	
ОБОБЩЕННОЙ МОДЕЛИ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ	349
Гуренков А.С., Полтораднев А.С., Силаев Б.М.	
ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСНОЙ ШТАМПОВКИ	
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВОК ЛОПАТОК ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ	351
Данилова Д.Ю., Шляпугин А.Г.	
СРАВНЕНИЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	354
Дубова С.А., Федотов Ю.А.	
ОЦЕНКА МАССЫ АБЛИРОВАННОГО ВЕЩЕСТВА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕОРИИ	
ЛАЗЕРНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ	356
ЗИГАНШИН Б.Р., СОЧНЕВ А.В., САТТАРОВ А.Г.	
ВЫГОРАНИЕ ТОПЛИВА В СИСТЕМАХ ДИФФУЗИОННЫХ	
МИКРОФАКЕЛЬНЫХ СТРУЙ	357
Калинина К.Л., Евдокимов О.А., Гурьянов А.И.	
СВС КАТАЛИЗАТОРЫ КОНВЕРСИИ МОНОКСИДА УГЛЕРОДА	359
Камышов А.Д., Самборук А.Р.	
РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ АВТОНОМНОГО	
РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	360
Мамадалиев Р. А., Мингараев И. Р., Гаврилов А. А., Сагдатуллин А.М.	
КРИПТОН КАК ЗАМЕНА КСЕНОНА В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕГО ТЕЛА	
ДЛЯ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	361
Марков А.С., Семененко Д.А., Гниздор Р.Ю.	
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАДИИ ТЕРМООБРАБОТКИ	
ПОСЛЕ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ В ПАКЕТЕ ANSYS/MECHANICAL	362
Муругова О.В.	
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ	364
Павелин А.П., Романов Н.В., Гаспаров М.С.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНОЙ	2
СИСТЕМЫ ВИБРОЗАЩИТЫ	366
СУХОВА К.М., МАКАРЬЯНЦ Г.М.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВКИ ИЗ КОНИЧЕСКОЙ ЗАГОТОВКИ	260
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИЖИМА В ЗОНЕ МАЛОГО ДИАМЕТРА	368
Халикова А.А., Демьяненко Е.Г.	
СЕКЦИЯ 7 ЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ	270
СЕКЦИИ / ЭЛЕКТГОПИКА И ПРИВОГОСТГОЕНИЕ	370
ESSENTIAL FEATURES OF THE TRANSLATION OF THE TEXTS IN THE FIELD OF	
ELECTRONICS	371
ANTOSHIN E.A., SERGEEVA G.V.	5/1
THE LEXICAL RULES OF ENGLISH BORROWED TERMS' PRONOUNCING	
IN RUSSIAN RADIO ENGINEERING	373
BALUKOV A.A., SERGEEVA G.V.	5 / 5
THE ROLE OF ENGLISH IN MODERN RADIO ENGINEERING	. 375
DAVYDOVA A.O., SERGEEVA G.V.	0 1 3
МЕТОДЫ ВЫРАВНИВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ БАТАРЕЙ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ	377
Кумарин А.А., Кудрявцев И.А.	., ,
/ <b>C</b>	

INVESTIGATION OF THE CARBON NANOTUBES PROPERTIES	378
RYMZHINA A.R., AVDEIKO S.A.	
ANWENDUNG VON RADIOWELLEN UM DIE EMOTIONEN EINES MENSCHEN ZU	
BEEINFLUSSEN	379
SCHIPULYA A.D., SERGEJEWA M.W.	
СКАНИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ	
КРЕМНИЕВЫХ ПОДЛОЖКИ	380
АБДУЛХАЛИКОВА К.К.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ЧАСТОТУ ВРАЩЕНИЯ МОТОРА	
СПРИНГА	382
Бабушкин И.А., Юнусов Р.Ф.	
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЛС С ШУМОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ</b>	
НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЁТА	384
Барякаева С.Н., Жуков С.В.	•0.
HISTORY OF CRYPTOGRAPHY AND ITS USAGE	386
Беспалько Я. А., Пигарева М.Н.	
ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ С УДАЛЕННЫМ	20=
УПРАВЛЕНИЕМ В НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТАХ СВЯЗИ	387
Бондарь А.Н., Кашаев А.С., Беляева М.М.	200
ГЕОМЕТРИЯ ЭЛЕМЕНТА РАЗРЕШЕНИЯ ДВУХПОЗИЦИОННОЙ РСА	389
Воронцова С.А., Пиганов М.Н. ЛАБОРАТОРНЫЙ ВИДЕОКОМПЛЕКС НА БАЗЕ МОБИЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ ПЛАТФОРМ	
	201
С УДАЛЁННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ	391
3ATHEEK H.H., ПЕЧАТКИН А. В.	
ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STM32 ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ	202
Ильин Е.А., Кругликов С.Ю.	393
МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ В СИСТЕМЕ ПИТАНИЯ	
СПУТНИКА CUBESAT-3U	205
Ищанов А.В., Старостина Т.В., Кумарин А.А.	393
УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДУЛЬНАЯ ПАЯЛЬНАЯ СТАНЦИЯ-ПЕЧЬ	306
Кенжахметов Ж.Е., Рахметов И.А., Печаткин А.В.	370
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МОДУЛЬНЫЙ КАЛИБРОВОЧНЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ	
КОМПЛЕКС	308
КЛОЧКОВ К.А., БЕСШАПОШНИКОВА А.П., ПЕЧАТКИН А.В.	376
ПРИМЕНЕНИЕ ТОРОИДАЛЬНЫХ ДЕФЛЕКТОРОВ ВО ВРЕМЯПРОЛЕТНЫХ МАСС-	
СПЕКТРОМЕТРАХ	401
Кошелев И.В., Пияков И.В.	101
ОДНОКАНАЛЬНЫЙ РЕГИСТРАТОР ЭЭГ-СИГНАЛА	402
Кошелева А.В., Акулов С.А.	102
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА	
ПРОЦЕССА РОДОВСПОМОЖЕНИЯ	404
Гизамова А.Р., Муфаздалова А.Н., Порунов А.А., Тюрина М.М.	
АНАЛИЗ ДИФРАКЦИИ СВЕТА ЧАСТИЦАМИ РАЗЛИЧНЫХ РАЗМЕРОВ	
В ДИСПЕРСНЫХ СРЕДАХ	406
Литвинова Ю.Е.	
СОВРЕМЕННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВА ТОПЛИВА	
И ИХ СОЦИАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ	407
Мингалимова Р.Р., Петрова Н.Н.	
СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	
МАГНИТОИНДУКЦИОННОГО УСКОРИТЕЛЯ	409
Минибаев И.Р.,Сухачев К.И.	
ПРОБЛЕМА ОТВЕТСТВЕННОСТИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ	
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ	411
Мифтахов Б.И., Калинин К.В., Петрова Н.Н.	
ВАРИАНТ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ	
ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА В ВИДЕОЭНДОСКОПИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС	413
Муфаздалова А.Н., Гизамова А.Р., Тюрина М.М., Порунов А.А.	-

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИКРОФЛЮИДНОЙ СИСТЕМЫ	
НА БАЗЕ КРЕМНИЕВЫХ И СТЕКЛЯННЫХ ПОДЛОЖЕК	. 415
Потиенко К.И., Агафонов А.Н.	
АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ И ОГРАНИЧЕНИЙ АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЁТА	
УЗКОПОЛОСНЫХ ЦЕПЕЙ СОГЛАСОВАНИЯ	. 417
Сахарчук В.В., Ильин Е.А., Печаткин А.В.	
ПОРТАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА МУЛЬТИСПЕКРАЛЬНОЙ	
АВТОЛУОРЕСЦЕНЦИИ ТКАНЕЙ	. 419
Устинова А.О., Артемьев Д.Н., Братченко И.А.	
ИМИТАТОР ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА ДЛЯ ПОВЕРКИ ИНТЕРПРЕТИРУЮЩИХ	
ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФОВ	. 421
Федотов А.А.	
УСТРОЙСТВО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ	
УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ СТЕНДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ	. 423
Фомин В. А., Пияков А.В.	
ВОЛОКОННЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ЗОНД ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ	
СПЕКТРАЛЬНЫХ ОТКЛИКОВ ОРГАНИЧЕСКИХ СРЕД	. 425
Шацкая А.А., Артемьев Д.Н., Братченко И.А.	
ПРИБОР ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ГЛИКЕМИИ: ВЛИЯНИЕ	
НА КАЧЕСТВО ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА	. 427
Юнусов Н.А., Петрова Н.Н.	
ЭЛЕКТРОНИКА КОНСТРУКТОРА ДЛЯ ЧЕМПИОНАТА CANSAT	. 429
Ягубян В.А., Ищанов А.В., Королихина Ю.О., Черняев А.Г., Кумарин А.А.	
ПОИСК КОЛЛОКАЦИЙ В ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ	
СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ	
ОБУЧЕНИЯ	. 430
Яковлев Д.Р.	
СЕКЦИЯ 8 ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА	431
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ И ПРИЕМОВ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ К МАТРИЦЕ	
ЭЙЗЕНХАУЭРА	. 432
БЕЛЯКОВ А.А., СТАРИНОВА О.Л.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАЙНОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ	
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫБОРА СХЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИНЕРЦИИ	. 434
ЕРОХИН Д.А., АХМЕДОВА Ш.А.	
НЕЛОКАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ И НЕКОТОРЫЕ	
МЕТОДЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ	. 436
Киричек В.А.	
ИНВАРИАНТНЫЕ МНОГООБРАЗИЯ СО СМЕНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ В ЗАДАЧАХ	
ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ	. 438
Милосердов В.В., Щепакина Е.А.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В МОДЕЛИ АВТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ	
РЕАКЦИИ	. 439
Осипчук М.А., Щепакина Е.А.	
МЕТОД ИНВАРИАНТНЫХ МНОГООБРАЗИЙ В МОДЕЛИ	
ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ	. 440
Рифферт Н.Г., Щепакина Е.А.	
ПОНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ МОДЕЛИ МАНИПУЛЯТОРА С УПРУГИМИ	
СОЧЛЕНЕНИЯМИ	. 442
Симдянов А.А., Воропаева Н.В.	
ЛЕМНИСКАТА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ	. 443
Такуова Т.Ю., Тлеккали С.А., Любимов В.В.	
ИССЛЕДОВАНИЕ СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	_
ЭПИДЕМИОЛОГИИ	. 445
Тельнова К.С., Щепакина Е.А.	
АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ БЕЛОГО ШУМА В СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	
ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ	. 446

СЕКЦИЯ 9 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АНАЛИЗ ДАННЫХ ДАННЫХ	. 448
THE DEVELOPMENT PROSPECTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE	. 449
AKSENOVA D.A., AGUREEVA A.V.	
VARIETY OF NEURAL NETWORKS	. 451
BELKO A., SERGEEVA G.V.	
PROGRAMMING AS A TOOL FOR CREATING USEFUL SOCIAL APPS	. 453
BELYAEV P., AGUREEVA A.	
CYBERSECURITY	. 454
DURASOV S.V., MISHINA Y.E.	
CLOUD PLATFORMS ARCHITECTURE	. 455
GAVRILOV V.I., SLOBOZHANINA N.A.	
THREE THINGS THAT WILL IMPACT THE FUTURE OF SOFTWARE TESTING	. 457
SHATSKAYA Y.V., MISHINA Y.E.	
THE APPLICATION OF ARDUINO HARDWARE PLATFORM IN EVERYDAY LIFE	. 458
VLADIMIROVA A.A., MISHINA Y.E.	
УВЕЛИЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПОРОЖДАЮЩИХ	
СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ	. 460
Альгашев $\Gamma$ .А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ	
изображений свёрточными нейронными сетями	. 463
Бадрутдинов Р.Р., Солдатова О.П.	
ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФУНКЦИЙ АКТИВАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ	
СИСТЕМЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ РАДИАЛЬНО-БАЗИСНОЙ	
НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ	. 464
БЕРБАСОВ О.Д., ЛЁЗИНА И.В.	
РЕАЛИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА БЛОЧНОЙ СОРТИРОВКИ НА ОСНОВЕ	
ГРАФА ЗАВИСИМОСТЕЙ ЗАДАЧ	. 466
Бобылева И.В., Востокин С.В.	
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ	
ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВИДЕОМАТЕРИАЛОВ	. 468
Болотин Е.В., Сизов П.В.	
РЕАЛИЗАЦИЯ РОССИЙСКИХ СТАНДАРТОВ СИММЕТРИЧНОГО ШИФРОВАНИЯ	
HA OCHOBE OPENCL	. 471
Борисов А.Н., Мясников Е.В.	
СИСТЕМА ОБОБЩЕННЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ ЛИНЗ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ	
ИЗОБРАЖЕНИЙ	. 473
Васильев В.С., Скиданов Р.В.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА	
НА ТОЧНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ЦИФР	. 475
Васин А.С., Лёзина И.В.	
РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ПОИСКА МУЗЫКИ ПО СТРАНАМ И ЖАНРАМ	. 476
Владимиров В.Д, Красильникова А.В., Тимонин А.Д., Даниленко А.Н.	
ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ОБНАРУЖЕНИЯ ЖИВЫХ ОБЪЕКТОВ	
В ЗДАНИИ ПРИ ПОЖАРЕ	. 478
Владимирова А.А., Куликовских И.М.	
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	
ДЛЯ РАБОТЫ С ПАТЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ	. 480
Галанова Д.С., Даниленко А.Н.	
РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА СЕГМЕНТАЦИИ	
РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА НА ИЗОБРАЖЕНИИ	. 482
Ганеева Ю.Х., Бекетова В.А., Мясников Е.В.	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КУРСОВ ВАЛЮТ РАДИАЛЬНО-БАЗИСНОЙ СЕТЬЮ	. 484
Глотова П.А., Лёзина И.В.	
РАЗРАБОТКА СВМ-СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	
С КЛИЕНТАМИ НА ПЛАТФОРМЕ IOS	. 485
Голов М.Е., Даниленко А.Н.	
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПАСПОРТИЗАЦИИ	
ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ	. 487
ГРИНБЛАТ А.А., МИХЕЕВА Т.И.	

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ	
ГОСУДАРСТВЕННЫХ РЕГИСТРАЦИОННЫХ ЗНАКОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	. 489
Гуженко А.С., Даниленко А.Н.	
АЛГОРИТМ РАЗРАБОТКИ СТАНДАРТА ВИЗУЛИЗАЦИИ И ДИСЛОКАЦИИ	
ГЕООБЪЕКТОВ В СРЕДЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ITSGIS	. 491
Елизаров В.В., Михеева Т.И.	
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ВЯЗКОСТИ В СИСТЕМЕ МАТЬАВ	. 492
Захваткин Я.В., Чертыковцева В.О., Куркин Е.И.	
БИБЛИОТЕКА PSPICE МОДЕЛЕЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ	
ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ КОНДЕНСАТОРОВ	. 493
Ильин Е. А., Сахарчук В. В., Печаткин А. В.	
РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО WEB-ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ СОЗДАНИЯ САЙТА-	
КАТАЛОГА	495
Иринина Е.В., Парфенов А.В., Бренев Е.А., Даниленко А.Н.	. 175
ПОСТРОЕНИЕ СТАНДАРТА ФУНКЦИОНАЛА ПЛАГИНОВ ДЛЯ РАБОТЫ С	
ГЕООБЪЕКТАМИ	107
Казятин Л.Н., Михеева Т.И.	• 7//
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ	
ДЛЯ ТРАЕКТОРНОЙ ОБРАБОТКИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ	
для траекторной обработки в автоматизированных СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ	400
	. 499
Калинов С.Д., Земсков Ю.В.	
ПРИМЕНЕНИЕ ШАБЛОНОВ И СТИЛЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ	=04
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	. 501
Кириченко Г.С., Комаров В.А.	
ВЫДЕЛЕНИЕ АНАТОМИЧЕСКИХ ЗОН НА ИЗОБРАЖЕНИИ ГЛАЗНОГО ДНА	
С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	. 503
Климов И.А., Ильясова Н.Ю., Широканёв А.С.	
РАЗРАБОТКА САЙТА ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА «ПИФАГОР»	. 505
Козловская Д.А., Антонова А.А., Морозова Е.В., Батькаев Р.Р., Даниленко А.Н.	
ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПАРСИНГА ХМL-ДОКУМЕНТОВ НА ВРЕМЯ ОБРАБОТКИ	
ИНФОРМАЦИИ	. 507
Кочетков В.С., Логанова Л.В.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПРИРАЩЕНИЯ УСТАВКИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ	
АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСЧЁТА КОЭФФИЦИЕНТОВ УСИЛЕНИЯ ПИД-РЕГУЛЯТОРА	. 509
Кошляков П. С., Медведев Е. Ю., Гусаров А. В.	
ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РОБОТА	
КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	. 511
Краснобаев М.В., Толстель О.В.	
РАЗРАБОТКА МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО WEB-ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ КАТАЛОГА	
МАГАЗИНА ОДЕЖДЫ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ПАКЕТЕ DJANGO	. 513
Курепин Л.В., Кузнецов А.П., Ионов А.Н., Лисецкий А.К.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА	
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕКСТОВОГО ОТРЕЗКА	. 515
Куцаева Т.О., Солдатова О.П.	
СТРУКТУРА ЛОКАЛЬНЫХ ТРЕНДОВ В АНАЛИЗЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ	
ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ	516
Лаптев С.Г., Плотников А.Н.	. 510
РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ	
К ЕГЭ И ОГЭ ПО МАТЕМАТИКЕ ПОД ПЛАТФОРМУ ANDROID	<b>5</b> 10
Лапшин Д.А., Даниленко А.Н.	. 510
ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АЛГОРИТМОВ ИНИЦИАЛИЗАЦИИ ВЕСОВ РАДИАЛЬНО-	<b>530</b>
БАЗИСНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ АППРОКСИМАЦИИ	. 520
Лякишев А.А., Лёзина И.В.	
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ	
ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ	
МЕТОК РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ	. 522
Мавлютов В.Д., Головнин О.К.	
СРАВНЕНИЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА С НИЗКОЧАСТОТНЫМ ФИЛЬТРОМ	
БАТТЕРВОРТА И ФИЛЬТРАМИ ЧЕБЫШЁВА ПЕРВОГО И ВТОРОГО РОДА	. 524
МАСТЯЕВА А.М.	

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕТИ КОХОНЕНА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ	
РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ	. 526
Морозов И.С., Лёзина И.В.	
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО САЙТА-КАТАЛОГА	
О ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТЯХ РОССИИ	. 528
Нестерова А.А., Николашин В.О., Смолев А.М., Даниленко А.Н.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ОЦЕНКИ ПЛОТНОСТИ ПРИ РЕШЕНИИ	
ЗАДАЧИ АППРОКСИМАЦИИ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ	. 530
Олешко Р.С., Лёзина И.В.	
ПРИМЕНЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ	
МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА	. 532
Онисич С.А.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ НАДЗОРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ОТНОШЕНИИ	
МИКРОФИНАНСОВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ	. 534
Перевозчиков Н.Д., Головнин О.К.	
О ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ	
ЗА ОБЪЕКТАМИ НА АЭРОДРОМЕ	. 536
Петренко А.А., Юрловская Н.А., Рубцов Е.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ПРОГОНКИ И ЦИКЛИЧЕСКОЙ	
РЕДУКЦИИ НА ГРАФИЧЕСКОМ ПРОЦЕССОРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ	
ТИПОВ ПАМЯТИ И ПОДХОДОВ К ХРАНЕНИЮ ДАННЫХ	. 538
Погорельских К.С., Логанова Л.В.	
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ	
О ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ ИЗ АУДИОЗАПИСИ	. 540
Привалов А.С., Головнин О.К.	
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СИМУЛЯЦИОННОГО	
МИКРОСКОПИЧЕСКОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ	. 541
Пупынин К.В., Головнин О.К.	
РАСПОЗНАВАНИЕ ОЧАГОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОЧЕЧНОЙ ПАРЕНХИМЫ НА ОСНОВЕ	
ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА РЕНОСЦИНТИГРАФИЧЕСКИХ	
ИЗОБРАЖЕНИЙ	. 542
Пышкина Ю.С., Капишников А.В.	
ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СЕРПИНСКОГО	. 544
Сагдатуллин А. М.	
ИНТЕРАКТИВНЫЙ РАСЧЁТ И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОННЫХ АПЕРИОДИЧЕСКИХ	
УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ	. 546
Сахарчук В. В., Печаткин А. В.	
ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	
ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В ФОРМАТЕ «НАИХУДШИЙ СЛУЧАЙ»	. 548
Сахарчук В.В., Ильин Е.А., Печаткин А.В.	
ОБРАБОТКА И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ С УСТРОЙСТВ С ПОМОЩЬЮ MATLAB	. 551
Старостина Т.В., Ищанов А.В., Кумарин А.А.	
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АППРОКСИМАЦИИ ПЛОТНОСТИ	
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ НЕЧЁТКИМ МНОГОСЛОЙНЫМ ПЕРСЕПТРОНОМ	. 552
Тарасов А.А., Лёзина И.В.	
РАЗРАБОТКА WEB-САЙТА ДЛЯ ПРОДВИЖЕНИЯ  СПОРТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ	. 554
Хорошилова А.А., Денисова Е.Ю., Громыко М.Д., Даниленко А.Н.	
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ	
ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ГЛОБАЛЬНЫХ	
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ	. 556
Царева А.А., Задорина Н.А.	
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ПОХОЖИХ	
ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ	. 558
Чеховских И.В., Симонова Е.В.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СОКРАЩЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ ВЕКТОРОВ	
ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ АНСАМБЛЯМИ	
СЛУЧАЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ	. 559
Шибаева А.О.	
АНАЛИЗ БОЛЬШИХ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ	
НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ CUDA	. 561
Шихевич В.А., Ильясова Н.Ю., Широканев А.С.	
ФЕДЕРАТИВНЫЙ ПОДХОД К ИНТЕГРАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ	
И АТРИБУТИВНЫХ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ	. 564
Яшнева А.И., Головнин О.К.	

## МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЁЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «XV КОРОЛЁВСКИЕ ЧТЕНИЯ»,

#### посвящённая 100-летию со дня рождения Д. И. Козлова

Сборник трудов

8 - 10 октября 2019 г.

#### Том 1

Научный редактор: канд. физ.-мат. наук М.А. Шлеенков Корректоры: Совет молодых учёных и специалистов Компьютерная верстка, макет: Т.А. Мурзинова

Подписано в печать 01.10.2019. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печ. л. 72,5. Тираж 100 экз. Заказ 1454.

1SBN 978-5-6043593-0-3

Отпечатано: АНО «Издательство СНЦ», 443001, г. Самара, Студенческий переулок, 3A, тел. (846) 242-37-07, ИНН 6315944726.