

**Вопросы создания  
аэрокосмических  
и ракетных летательных  
аппаратов**





**SAE**  
INTERNATIONAL®



**Фонд поддержки творческих инициатив студентов**

**Посвящается 100-летию военно-воздушных сил  
России**

**Вопросы создания  
аэрокосмических и ракетных  
летательных аппаратов**

**Под редакцией профессора Ю.Ю.Комарова**

**Москва  
2013 г.**

Вопросы создания аэрокосмических и ракетных летательных аппаратов. / Под ред. профессора Комарова Ю.Ю. - М.:Изд-во Ваш полиграфический партнер, 2013. –318 с.

В сборнике содержатся лучшие статьи научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических работ студентов, аспирантов и молодых ученых, представленных на открытый конкурс, посвященный 100-летию ВВС России.

Редакционная коллегия: А.С.Демидов, Т.И.Зуева, Л.С.Гурьева, Г.А.Дубенский, Ю.Ю.Комаров (председатель), В.З. Максимович, С.Л.Самсонович, А.С.Сидоренко, А.А.Пунтус, А.М.Хомяков, В.М.Островская (секретарь).

Рецензенты: д.т.н., проф. С.В.Далецкий, Главный конструктор ОКБ им. А.И.Микояна РСК МиГ А.В.Терпугов

Издание осуществлено с авторских оригиналов, представленных на бумажных и магнитных носителях. Редакция не несет ответственности за ошибки авторов. Претензии не принимаются. При перепечатке ссылка обязательна.

©Фонд поддержки творческих инициатив студентов.

МАИ, 2013 г.



Участникам и гостям научно-практической конференции и конкурса -молодых ученых, аспирантов, студентов МАИ «Вопросы создания аэрокосмических и ракетных летательных аппаратов», посвященной 100-летию военно-воздушных сил России

Уважаемые маёвцы, участники конференции и конкурса!

Фонд поддержки авиаторов «Качинец» приветствует всех участников научно-практической конференции и конкурса молодых ученых, аспирантов, студентов МАИ «Вопросы создания аэрокосмических и ракетных летательных аппаратов», посвященной 100-летию ВВС России.

Более ста лет назад взлетел первый самолет, построенный русским инженером. Сто лет назад была открыта первая в мире военная школа летчиков – Севастопольская офицерская школа авиации, известная в последующем как Качинское высшее военное авиационное училище летчиков.

Пилотируемая космонавтика изначально была прерогативой летчиков-истребителей и исследователей космического пространства. Поэтому вполне естественно, что в Отряде космонавтов были и есть выпускники Качинского высшего военного авиационного училища летчиков и Московского авиационного института. Значительное количество выпускников МАИ возглавляют и работают в ведущих КБ, НИИ и производственных коллективах авиаракетно-космической отрасли. Будем надеяться, что ближайшие годы России удастся возродить на новых основах эту отрасль промышленности и былую мощь ВВС России.

Коллектив исследовательского университета стремится непрерывно поднимать свой научно-технический потенциал и образовательный уровень студентов, старается создавать все условия для научной работы молодежи – ведет научные исследования и разработки, открывает и развивает научно-образовательные ресурсные центры по прорывным технологиям авиаракетно-космической отрасли. Осуществление опережающей подготовки кадров, интегрированной с научными исследованиями в интересах этой отрасли, позволяет держать высокую планку Национального исследовательского университета МАИ, в том числе и в подготовке офицерских кадров для ВВС.

Мы желаем участникам конференции и конкурса новых творческих достижений и успехов в подготовке талантливой молодежи. Участие в конференции и конкурсе МАИ даёт необходимый толчок для повышения эффективности процессов разработки, производства и эксплуатации наукоемкой продукции, а также для применения знаний и идей молодого научного авангарда на предприятиях отечественной промышленности и в ВВС России.

Президент фонда поддержки авиаторов «Качинец»

Герой Советского Союза

Заслуженный летчик-испытатель,

кандидат технических наук С.А. Микоян

# 100 ЛЕТ РОССИЙСКОЙ АВИАЦИИ

12 августа в России отмечался столетний юбилей Военно-воздушных сил.

Военная авиация России была создана 100 лет назад, 12 августа 1912 года. В тот день приказом военного ведомства был введен в действие штат воздухоплавательной части Главного управления Генштаба.

Отечественные ВВС были задействованы во всех войнах и конфликтах, в которых участвовала наша страна. Обладая большой ударной мощью, авиация способна влиять на ход крупных операций как на сухопутных, так и на морских театрах военных действий.

Столетняя история ВВС полна доблестных и героических страниц. Об этом говорит и тот факт, что именно военные летчики стали первыми из тех, кто был удостоен звания Героя Советского Союза (высшей степени отличия СССР).

В годы Великой Отечественной войны советские ВВС ярко проявили свои высокие боевые качества в битвах под Москвой, Сталинградом, Курском, в воздушных сражениях на Кубани, в операциях на Правобережной Украине, в Белоруссии, Яско-Кишиневской, Висло-Одерской и Берлинской операциях. За годы войны была усовершенствована организационная структура ВВС и значительно пополнен и модернизирован авиапарк. Если в операциях 1941 года участвовало 200 - 500 самолётов, то в боях 1943 -1945 годов – до нескольких тысяч, а в Берлинской операции 1945 года – до 7500 самолётов. На всю страну были известны имена летчиков-асов Ивана Кожедуба (64 сбитых самолета) и Александра Покрышкина (59 сбитых самолетов). Они были трижды удостоены звания Героя Советского Союза.

В послевоенные годы советская авиация стала переходить на реактивные самолеты. А в 1950-х годах началась эра сверхзвуковой авиации. После распада СССР советские ВВС были разделены между Россией и 14 независимыми республиками. Затем последовал тяжелый период для российской авиации. Начиная с 2008 года, когда был запущен процесс реформирования Вооруженных сил РФ, Военно-воздушные силы России подверглись глубоким и масштабным преобразованиям. Была определена новая организационная структура ВВС. Фронтовая и армейская авиация были переданы в подчинение командующим Западного, Южного, Центрального и Восточного военных округов. В непосредственном подчинении главнокомандующего ВВС остались Дальняя авиация и Военно-транспортная авиация. Эта система была выстроена для оптимизации органов управления и сосредоточения основных сил и средств в

войсках. В настоящее время идет активное развитие и наращивание потенциала ВВС России. Как сообщил журналистам в канун 100-летнего юбилея главнокомандующий ВВС России генерал-майор Виктор Бондарев, «в ближайшие 10 лет общее число современных образцов авиатехники и техники ПВО, стоящих на вооружении Военно-воздушных сил, должно быть доведено до 80 процентов».

В ближайшие годы запланировано массовое внедрение многофункциональных истребителей Су-34, Су-35С, МиГ-29СМТ, МиГ-35. По оценкам главкома ВВС, эти самолеты обладают более мощными и экономичными двигателями, хорошей авионикой и современным радиолокационным оснащением.

Ныне летчики активно осваивают перспективный учебно-боевой самолет Як-130, который позволяет обучать летный состав как технике пилотирования, так и боевому применению. Существует и целый ряд перспективных проектов. В частности, в России разрабатывается проект многофункционального штурмовика. На этап опытно-конструкторских работ перешла разработка самолета Дальней авиации пятого поколения. После 2015 года начнется серийное производство Перспективного авиационного комплекса фронтовой авиации, который в 2010 году совершил свой первый полет.

Проходит испытания новый модернизированный Ил-76МД-90А. Этот самолет будет использоваться как в военно-транспортном варианте, так и как самолет-заправщик.

Накануне столетнего юбилея Военно-воздушных сил президент России Владимир Путин посетил летное поле в Жуковском, где проходили праздничные торжества, чтобы поздравить служащих и ветеранов ВВС. Глава государства заверил в наращивании поддержки этого вида Вооруженных сил, чтобы российская авиация могла выполнить задачи любой сложности.

<http://www.smolinfo.net>

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Ярыгина М.В., Попов Ю.И.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

## **Анализ видов трансформации агрегатов корабельных летательных аппаратов**

Сейчас в России идёт разработка облика будущего авианосца, который должен быть введён в состав Северного флота в ближайшее десятилетие. В планах командования ВМФ России постройка пяти - шести авианесущих ударных групп (АУГ). На перспективном авианосце планируется разместить палубный самолёт, который придёт на смену действующим сегодня Су-33 и МиГ-29К.

Одним из перспективных направлений повышения АУГ является выбор рациональной степени трансформации многоцелевого самолета палубного базирования при заданных параметрах авианосца, определяющей возможную численность на нем парка ЛА (общая численность базирующихся на авианосце самолетов непосредственно определяет боевую эффективность АУГ).

Под трансформацией ЛА понимают изменение механическим способом основных геометрических размеров самолета (длины, высоты, размаха крыла) путем складывания отдельных агрегатов.

### **Виды трансформации агрегатов палубных ЛА**

По типу движения трансформируемого агрегата можно выделить движение с одной и несколькими степенями свободы. Как правило, движение складываемой части трансформируемого агрегата с одной степенью свободы позволяет достичь желаемых результатов и применяется очень широко.



Рис. 1 Трансформация крыла и стабилизатора

Однако в некоторых случаях, например, при трансформации прямого (или малой стреловидности) крыла большого удлинения при придании подвижной части крыла (ПЧК) одной степени свободы, не удастся получить требуемых значений площади плановой проекции, что приводит к необходимости, либо введения нескольких осей складывания крыла вдоль размаха с неизбежным увеличением массы конструкции, либо введением дополнительных степеней свободы (например, организации оси вращения крыла вокруг оси, совпадающей с одним лонжероном или стенкой кессона). Пример движения с одной степенью свободы представлен на Рис. 1, движение ПЧК с несколькими (двум) степенями – Рис. 2.

Как правило, у корабельных самолётов существует некоторое количество технологических и эксплуатационных разъемов для обеспечения сборки и поддержания необходимых эксплуатационных характеристик. Поэтому, для выбора стыка трансформации, может быть использован как существующий разъем (что даст некоторую экономию массы), так и организован новый с дополнительными весовыми издержками.



Рис. 2 Трансформация крыла с двумя степенями свободы (самолёт F4U Wildcat)

В качестве трансформации может быть использована изменяемая геометрия крыла. Так, например, у крыла с изменяемой стреловидностью самолета F-14 (угол стреловидности передней кромки меняется в диапазоне  $20^{\circ} \dots 68^{\circ}$ ) для уменьшения занимаемой на авианосцах площади (чистой и особенно сопутствующей) крыло можно дополнительно складывать под углом  $75^{\circ}$  (Рис. 3).

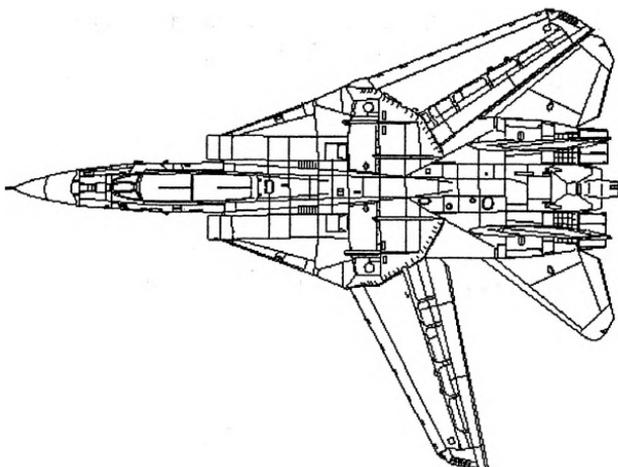


Рис. 3 Трансформация крыла самолёт F14 Tomcat

В тех случаях, когда стабилизатор при сложенном крыле выступает за ось складывания крыла, прибегают к трансформации стабилизатора (см. Рис. 1). В случае наличия ПГО (переднее горизонтальное оперение) при решении вопроса о необходимости его складывания руководствуются аналогичными принципами.

На Рис. 4 изображены различные варианты трансформации стоек опор шасси самолета Су-27 и взаиморасположение трансформируемых самолётов на палубе (в ангаре) авианосца при различных расстановках. Трансформация стоек (регулируемое изменение их высоты) может производиться, как за счет выпуска газа и слива части жидкости из амортизаторов в специальные мерные резервуары (их организация требует определенного увеличения массы шасси) с последующей подзарядкой из них амортизаторов до нормального уровня перед взлетом, так и за счет наклона стойки.

Использование трансформации шасси не нашло применения по следующим причинам:

- существенно затруднено перемещение самолетов в трансформированном состоянии;
- не изменяется чистая площадь плановой проекции у трансформированного самолета;
- усложняется конструкция шасси, что приводит к ухудшению ряда эксплуатационных показателей;
- трансформация приводит к увеличению массы шасси, которая и так значительна, исходя из жестких условий палубной аэрофинишной посадки.

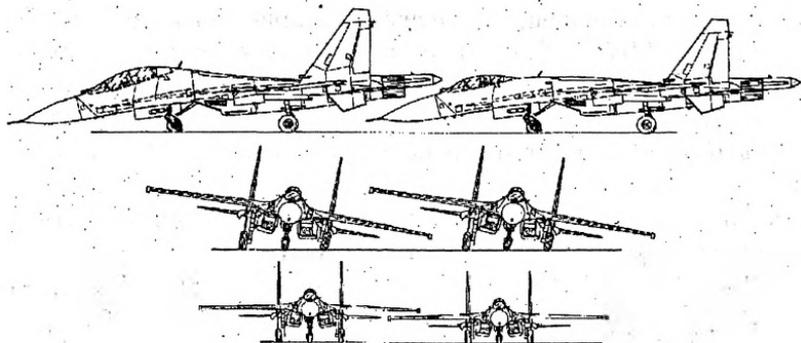


Рис. 4 Трансформация стоек опор шасси

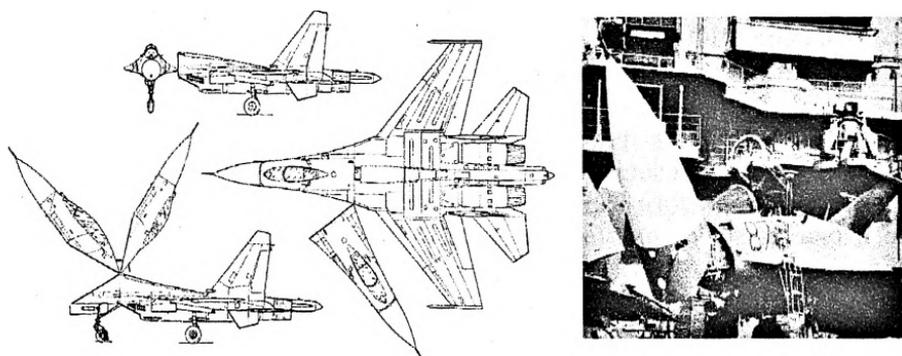


Рис. 5 Трансформация фюзеляжа

При трансформации фюзеляжа применяют поворот его головной и/или хвостовой частей (Рис. 5). Очевидно, что организовать эксплуатационный разъем для реализации трансформации фюзеляжа для самолета с несущим корпусом достаточно сложно. Дело в том, что существенного уменьшения чистой площади трансформированного самолета можно добиться только при существенном удалении разъема от носа и хвоста фюзеляжа при откидывании вверх подвижной части. Зачастую, такой разъем может находиться только в одном месте, исходя из конструктивно-компоновочных соображений. Так как самолет должен стоять на всех трех опорах шасси, нижняя точка разъема трансформации находится дальше ниши передней стойки шасси от центра масс самолета; в то же время над нишей передней стойки шасси находится кабина летчика; именно поэтому, чисто теоретически возможный стык трансформации фюзеляжа с откидывающейся вверх носовой частью получается наклонным и очень сложным. Все попытки

к его спрямлению и упрощению неизбежно приводят к такой глубокой перекомпановке ГЧФ, что практически получается новый самолет.

Альтернативой этому является вариант поворота всей головной части фюзеляжа (ГЧФ) вместе с опорой шасси в сторону с организацией вертикального силового разъема по шанпоуту. Однако этот вариант имеет следующие недостатки:

- фюзеляж в районе стыка имеет сложную поверхность, что затрудняет обеспечение надежной фиксации полетного положения ГЧФ по всему контуру разъема с плавной передачей всех силовых факторов;
- большое количество магистралей, тяг и различных коммуникаций, попадающих в зону разъема;
- очень сложно разместить и закомпановать узлы и механизмы поворота ГЧФ;
- необходимость установки дополнительного гермошанпоута большой площади;

при значительном росте массы происходит изменение только сопутствующей площади плановой проекции трансформируемого ЛА.

После анализа этого варианта трансформации приходится признать, что и она, в случае применения у самолетов интегральной схемы, не обеспечивает требуемых условий, в силу чего она не нашла своего применения в палубной авиации. Однако, для конфигураций фюзеляжей, образованных телами вращения и им подобным, трансформация фюзеляжа должна рассматриваться с полным основанием. Более того, для балочных конструкций фюзеляжей вертолетов этот вариант трансформации практически единственный, наряду со складыванием лопастей несущего винта.

Складывание киля (Рис. 6) традиционно используется в том случае, когда габаритная высота самолета превышает высоту потолка ангара авианосца. В этом случае, речь идет только о выборе положения оси складывания по высоте киля. Для самолетов интегральной схемы возможен вариант складывания самолетов со сложенными килем и убранными шасси друг над другом (например, на стеллажах) в ангаре или других служебных помещениях авианосца. Это позволяет достичь большого числа хранимых ЛА при большом времени приведения всего парка самолетов в оперативную готовность со значительным усложнением ремонтных и подготовительных работ, включая переоборудование авианосца. Поэтому, данный способ пригоден только для длительного хранения и транспортировки самолетов.

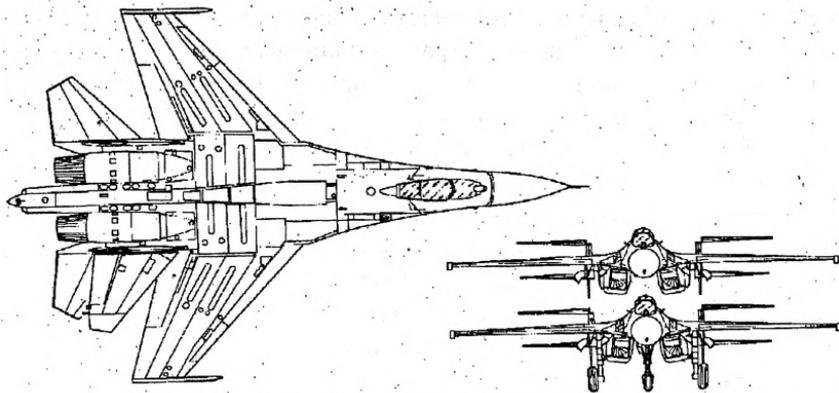


Рис. 6 Трансформация киля

В настоящее время наиболее широко в палубной авиации распространено складывание крыла. Это объясняется следующим:

- возможностью применения практически для любых аэродинамических схем;
- значительным уменьшением габаритов при минимальном росте массы;
- отсутствием необходимости изменять КСС в зависимости от дистанции стыка;
- наличием конструктивных решений практически для любых форм крыльев и их размеров;
- возможностью складывать крыло в нескольких местах;
- при применении складывания сохраняются все функциональные свойства крыла.

Таким образом, складывание агрегатов планера самолёта позволяет уменьшить стояночные габариты ЛА, потребные размеры лифтов и мест хранения самолётов в подпалубных ангарах авианосцев. Поскольку наиболее целесообразно применять складывание крыла, далее будем рассматривать этот вид трансформации.

#### **Влияние складывания на трансформируемый агрегат**

При трансформации крыла, благодаря появившемуся разьему складывания, оно подвергается существенной переработке. Рассмотрим, как трансформация влияет на облик трансформируемого агрегата.

##### **а) Конструкция каркаса агрегата**

Анализ трансформации конструкции каркаса показывает следующее:

- существует четкая взаимосвязь между КСС (конструктивно-силовая система) трансформируемого агрегата и конкретным конструктивным воплощением узла трансформации;

- необходимо обеспечить прочность конструкции в зоне стыка между отдельными частями трансформированного агрегата. Так как, в самом общем случае, распределение нагрузок вдоль характерного размера агрегата (например, по размаху крыла) переменное, то и различные конструктивные решения обеспечения прочности при различных положениях оси складывания будут неравноценны в весовом отношении;
- необходимо предусмотреть жесткую фиксацию отклоняемых частей трансформируемых агрегатов в различных положениях, которая может быть различна в зависимости от рассматриваемых агрегатов и положения оси складывания.

#### б) Гидравлическая система

Поскольку, для трансформации в основном применяются гидравлические приводы, наличие на трансформируемом агрегате хотя бы одной оси складывания неизбежно приводит к изменению гидросистемы ЛА. Эти изменения в первую очередь связаны с появлением дополнительных исполнительных гидроприводов и обеспечения их рабочим телом. Количество и типоразмер силовых цилиндров зависят от необходимых усилий складывания и конкретного конструктивного решения места трансформации. Усилие складывания, в свою очередь, зависит от массы подвижной части агрегата, образуемой элементами каркаса, оборудования, снаряжения и т.д. Границей подвижного агрегата будет являться ось складывания.

#### в) Топливная система

При близком расположении оси складывания и топливных баков или их совпадении необходимо учитывать, что:

- необходимо выделение части полезного объема агрегата в районе стыка для размещения механизмов трансформации. При контакте потребного объема с пространством топливного бака неизбежна организация гермоотсека с дополнительными затратами массы; величина потребного объема гермоотсека может значительно зависеть от размещения оси складывания на агрегате;
- при размещении топливных баков в подвижной части трансформируемого агрегата неизбежны дополнительные затраты массы и объема на обеспечение герметичности и необходимого ресурса трубопроводов в зоне трансформации (в равной мере это относится к магистралям и коммуникациям других систем);
- при размещении оси складывания в зоне топливных баков в конечном итоге возможно изменение запасов топлива в агрегате.

Подводя итог, необходимо отметить, что параметры трансформации будут влиять через параметры и характеристики конструкции каркаса и систем самолёта на взлетную массу  $m_0$ , вероятность увеличения отказов

ЛА и целый ряд важных тактических данных: боевой радиус действия, время патрулирования в зоне на заданном удалении от авианосца и на ряд других (Рис. 7).

Крыло меняется не только в той части конструкции, где появляется стык складывания, т.е. кроме изменений КСС в районе оси складывания и появления механизмов трансформации, может существенно меняться конструкция всего крыла. Зачастую приходится улучшать механизацию для обеспечения требуемых дистанций взлёта и посадки. Из-за появления стыка меняется компоновка внутренних отсеков крыла, в т.ч. крыльевых топливных баков и прочих коммуникаций.

#### Рис. 7 Влияние трансформации на конструкцию и массу агрегата

Таким образом, наиболее рациональным типом трансформации планера палубных самолетов является складывание консолей крыла. При трансформации меняется конструкция каркаса крыла, гидравлическая и топливные системы самолета. Наличие стыка складывания влияет на массу трансформируемого агрегата. Однако, несмотря на определенные весовые затраты, трансформация крыла палубных самолетов позволяет существенно увеличить эффективность авианосцев.

## **Применение типовой методики твердотельного моделирования в САПР при построении элементов силового набора каркаса самолета**

Твердотельное моделирование в мощных системах, таких как UG NX или CATIA и т.д. дает большие возможности конструктору и множество путей для того, чтобы прийти к желаемому результату. В данной статье авторами предлагается осветить проблемы, возникающие при передаче моделей между инженерами проекта. При проектировании модели, конструктор в первую очередь руководствуется исходными данными, такими как ТЗ, возможности производства, типовые решения, исходные данные и многое другое. Исходя из исходных данных, конструктор выбирает команды и их очередность для построения модели.

Но внутри большого проекта не редки случаи, когда работу или ее часть, выполненную одним конструктором, передают другому. При этом сотрудник тратит время на ознакомление с рабочими материалами, вникает в суть задачи, изучает, что уже сделано и что предстоит сделать. Немаловажно учесть, что сотруднику, которому передали проект, чаще всего приходится вникать в дерево построения модели, особенно, если приходится его редактировать, а иногда и полностью перестраивать. Эта работа связана с существенными временными затратами, что в условиях сжатых сроков проекта, может оказать существенное влияние на срок сдачи проекта. Возможно, сократить время на ознакомление с проделанной работой, если внутри проекта принимать одинаковую или максимально схожую структуру построения деталей одного типа, например, шпангоутов, стрингеров, компенсаторов и т.д. Далее рассмотрим примеры алгоритма построения деталей шпангоута с использованием типовой методики моделирования листовой детали.

### **Построение детали типа шпангоут.**

В рабочую часть копируем с помощью модуля WAVE необходимую геометрию: плоскость шпангоута, набор поверхностей стрингеров, теоретическую поверхность фюзеляжа.

Моделирование выполняем в модуле *«Авиационный листовой металл»*. Задаем параметры будущей листовой детали настройки→*Авиационный листовой металл*: Толщина листа; Радиусгиба; Коэффициент нейтрали.

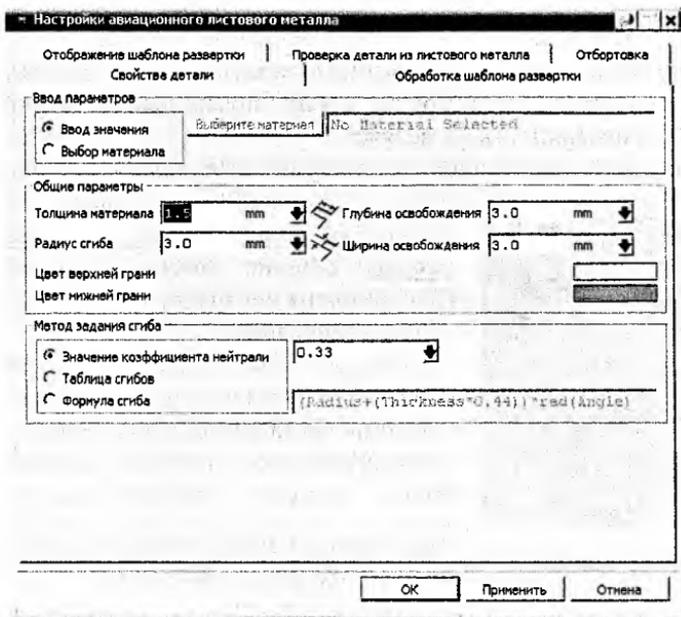


Рис.1. Меню настройки параметров модуля авиационного листового металла

## Моделирование

Создаем эскиз на базе плоскости шпангоута. В эскиз введем следы поверхностей стрингеров и теоретического контура как вспомогательную геометрию.

вставить/кривая метода/кривые пересечения...

Кривая пересечения...

Контур кривой строим согласно схеме деления на секции отсека и параметрам, отвечающим технологическим требованиям и расчетам на прочность.

Придаем толщину базовому контуру  Базовый элемент...

Добавляем первый авиационный фланец ближний к Т.К. (Рис.2)

 Фланец...

Добавляем второй авиационный фланец внутренний. (Рис. 2);

Выполняем дополнительный авиационный фланец к внутреннему фланцу сечение (Рис. 2);

Добавляем недостающие элементы (скругления, фаски, отверстия и т.п.);

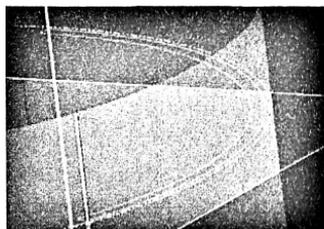


Рис.2. Эскиз на базе плоского шпангоута.

### Построение детали стыковки шпангоутов.

В рабочую часть копируем с помощью модуля WAVE необходимую геометрию: плоскость шпангоута, набор поверхностей стрингеров, теоретическую поверхность фюзеляжа.

Моделирование выполняем в модуле «Авиационный листовой металл». Задаем параметры будущей листовой детали

настройки→Авиационный листовой металл: Толщина листа; Радиусгиба; Коэффициент нейтрали.

Моделирование:

Создаем плоскость параллельную плоскости шпангоута на расстоянии толщины листа детали шпангоута;

Базируем эскиз на этой плоскости. В эскиз введем следы поверхностей

стрингеров и теоретического контура как вспомогательную геометрию:

вставить/кривая метода/кривые



Рис. 3. Контур кривой.

пересечения... Кривая пересечения... ;

Контур кривой строим согласно схеме деления на секции отсека и параметрам, отвечающим технологическим требованиям и расчетам на прочность, (Рис. 3);

Придаем толщину базовому контуру Базовый элемент... ;

Добавляем первый авиационный фланец ближний к Т.К. фланец... ;

Делаем внутренний авиационный фланец; Завершаем деталь простыми элементами (скругления, фаски, отверстия и т.п.) (Рис. 4);

Таким образом, применение данной методики внутри проекта в качестве рекомендаций проектирования поможет сократить общее время завершения проекта, так как передача "рабочих" моделей между конструкторами будет занимать минимальное время. Представленный подход, несомненно, окажет положительное влияние на один из важнейших этапов жизненного цикла изделия - проектирование. Кроме того, используя указанный подход к проекту в целом, можно существенно повысить его эффективность.

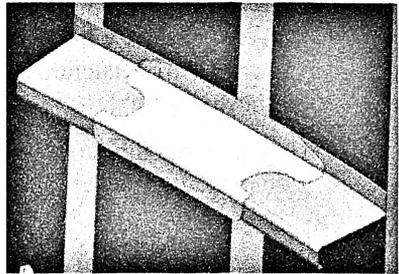


Рис.4. Модель стыковки шпангоутов.

Копылов А.В., Зубков Б.В., Резниченко В.И.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), ГОУ ВПО «МАРТИТ», МГУ ГА*

### **Особенности автоматизированной дефектоскопии изделий из неметаллических композиционных материалов на авиапредприятиях**

Переход авиационной техники (АТ) нового поколения на эксплуатацию по состоянию, фактически означающий отказ от плановых капитальных ремонтов, приводит к тому, что базы данных о дефектном состоянии (координаты дефектов, вид дефекта, линейные размеры внутренних дефектов и др.) конструкций из КМ сильно сужены. Если для конструкций из традиционных материалов (металлы и металлические сплавы) статистика по самолетам-аналогам еще достаточно репрезентабельна, и её можно использовать для прогнозирования техсостояния, то ситуация с элементами конструкций из неметаллических КМ значительно сложнее. Экономические возможности отечественной авиационной отрасли не позволяют в должной мере проводить полномасштабные натурные испытания конструкций из неметаллических КМ с целью прогнозирования их ресурса, что связано с длительностью и значительной стоимостью таких испытаний. Также отсутствуют опыт длительной эксплуатации конструкций из КМ, результаты исследования изменения механических характеристик при длительных циклических нагрузках, в частности термоциклических, которым подвергаются элементы АТ нового поколения в процессе эксплуатации, следствием которых становится внутризёрненное и межзёрненное разрушение.

Результаты по определению причин возникновения повреждений, размеров критических дефектов, значений критической нагрузки, долговечности и остаточного ресурса изделий КМ с дефектом, основываются на априорной информации - тип, форма, размеры (локальность), глубина залегания и координаты внутренних дефектов, получаемой при ТД и НК изделий из КМ перед эксплуатацией и вовремя неё. Поэтому, к достоверности результатов предъявляются высокие требования, так как это является необходимой информацией при решении задач прогнозирования технического состояния изделий АТ «нового поколения» в процессе ТЭ, осуществляемые отделом поддержания лётной годности (ЛГ) и надёжности ВС в инженерном центре (ИЦ), а также, при определении периодичности контроля этих изделий.

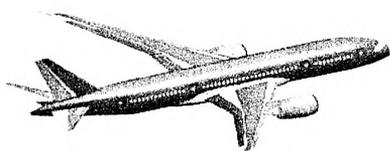
**Цель настоящего исследования:** разработка предложений по обеспечению эффективного производственного контроля качества и диагностирования изделий из неметаллических композитов АТ нового

поколения, которые проводятся на авиапредприятиях с целью предотвращения появления дефектов в неметаллических КМ на всех этапах жизненного цикла, а не на "борьбу" с отклонениями и повторяющимися дефектами, а также дальнейшего прогнозирования ресурса в этих изделиях.

Под АТ нового поколения (рис.1) будем понимать отечественные и зарубежные воздушные суда (ВС): Sukhoi Superjet 100 (Сухой Суперджет -100), Ил-96-300, Ту-204, Ту-204М, В-737, А-320, В-767, В-787, В-787 «DREAMLINER»; газотурбинные двигатели (ГТД) ПС-90А, CFM-56 в которой применяются такие конструкционные материалы, как неметаллические КМ (полимерные КМ (углепластики, стеклопластики), углерод-углеродные и углерод-керамические КМ (УУКМ, УККМ)),

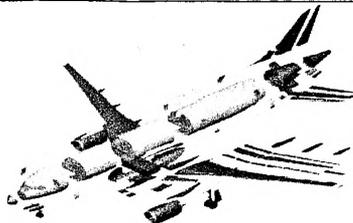
Под авиапредприятием будем понимать предприятия авиационной промышленности (ОАО «Аэрокомпозит», ОАО «Композит», ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют», НПО «Сатурн», и др.), участвующие в разработке, изготовлении изделий из КМ, и предприятия по технической эксплуатации АТ нового поколения (АТБ, Центры ТОиР и др.).

Проект БОИНГ 787 DREAMLINER



Доля ПКМ по массе:  
 Аэробус А380 – 22% ;  
 Боинг 787 – до 60%;  
 Военные – до 40%;

Проекты SSJ 1XX и ИРКУТ MS 21



Результаты использования:  
 - снижение веса на 15-30%;  
 - уменьшение расхода топлива;  
 - улучшение экологических показателей

Рис. 1. Применение неметаллических композиционных материалов (углепластики, стеклопластик) в авиастроении (гражданская и военная авиация), на примере самолёта В-787 «DREAMLINER», семейства отечественных самолётов Sukhoi Superjet 100 (Сухой Суперджет -100), перспективный Иркут MS-21 (ближне-среднемагистральный самолёт).

## Изделия из неметаллических КМ – сложный объект контроля на всех этапах их жизненного цикла

Проанализируем процессы накопления повреждений в изделиях из неметаллических КМ. Особенностью этих процессов является наличие так называемого «инкубационного» периода, в процессе которого не происходит существенного изменения структуры материала, а прочностные характеристики остаются приблизительно на одном уровне. Длительность инкубационного периода существенно зависит от уровня действующих напряжений и температуры. После инкубационного периода в композитах идёт рост скорости накопления повреждений с последующим её замедлением.

Процесс накопления повреждений с течением времени  $t_i$  в неметаллических КМ, в отличие от металлов, носит нелинейный характер, и описывается функцией  $\Pi(\sigma_{эi}, t_i)$ , являющейся нелинейной моделью накопления повреждений, основанная на физической сущности деформирования композиционного материала, которую можно представить в виде общего математического выражения (1) [8]:

$$\Pi(\sigma_{эi}, t_i) = \left( \frac{t_i - t_i^{ин}}{t_i^* - t_i^{ин}} \right)^{m_i} \quad (1),$$

где  $t_i$  - время действия эквивалентного напряжения  $\sigma_{эi}$ ;  $t_i^{ин}$  - время инкубационного периода повреждения в неметаллических композитах;  $t_i^*$  - долговечность, зависящая от предела длительной прочности  $\sigma^*$ ;  $m_i$  - степень нелинейности накопления повреждений, являющаяся характеристикой материала, зависящая от предыстории нагружения и, в том числе, от уровня эквивалентных напряжений  $\sigma_{эi}$  на  $i$ -той ступени нагружения.

Соотношение (1) учитывает наличие времени инкубационного периода  $t_i^{ин}$  и время действия  $t_i$  эквивалентного напряжения  $\sigma_{эi}$  при ступенчатом изменении нагрузки.

При ступенчатом нагружении (рис.2) изделий из КМ для оценки остаточного ресурса  $\Delta t_N$  на  $N$ -ом цикле нагружения может применяться соотношение (2) [8]:

$$\Delta t_N = (t_N^* - t_N^{ин}) - [\Pi(\sigma_{э(N-1)}; \Delta t_{N-1})]^{1/m_i} \quad (2), \text{ где}$$

$\Delta t_N$  - остаточный ресурс на  $N$ -ой ступени нагружения;  $t_N^*$  - долговечность на  $N$ -ом цикле нагружения, зависящая от предела длительной прочности  $\sigma^*$ ;  $\Pi(\sigma_{э(N-1)}; \Delta t_{N-1})$  – функция, характеризующая процесс накопления повреждений в неметаллических КМ на предыдущем  $N-1$  цикле, где  $\sigma_{э(N-1)}$  - эквивалентное напряжение на предыдущем  $N-1$  цикле;  $\Delta t_{N-1}$  - время действия эквивалентного напряжения  $\sigma_{э(N-1)}$  на предыдущем  $N-1$  цикле.

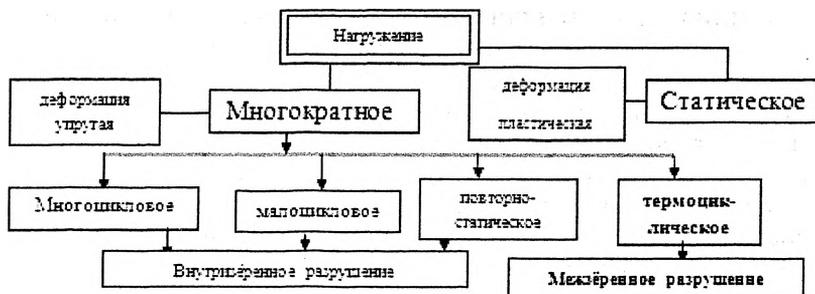


Рис. 2. Взаимосвязь поверхностей разрушения (изломов) КМ с нагружением различных видов [3, 4, 6, 7].

Наиболее характерные и опасные типы дефектов, и нагрузки вызывающие их появление:

- трещины, пористость включения, нарушение ориентирования волокон, разрывы волокон, растрескивание матрицы (связующего) и на границах матрица (связующее) - волокно, образование складок в структуре монослоя в процессе выкладки и пропитки, расслоения (слоистый КМ);
- термоциклическая повреждаемость композитов в ГТД (образование трещин, расслоения, сколы, химическое взаимодействие и т.п.)

#### **Внедрение оборудования по автоматизированной дефектоскопии на авиапредприятия**

Ввиду повышения показателя основной трудоёмкости при выполнении операций диагностирования ручным способом над изделиями из неметаллических композитов (УУКМ, УККМ) и их низкого уровня контролепригодности при использовании традиционных физических методов неразрушающего контроля (НК), важную роль в получении наиболее достоверной информации о дефекте (повреждении) в КМ на этапах изготовления и эксплуатации отводится методике и приборному оборудованию по автоматизированной дефектоскопии на базе ультразвукового (УЗ) дефектоскопа (рис.3).

Автоматизированный контроль обладает рядом преимуществ перед ручным[5]:

- применение многоканальных систем, т.е. с большим количеством параллельно действующих преобразователей и соответствующих приборных блоков, обеспечивают повышение производительности контроля;
- обеспечение повышения надёжности контроля по сравнению с ручным контролем, т.к. результаты дефектоскопии при

автоматизированном контроле не зависят от субъективных качеств контролёра;

- применение вычислительной техники для решения многих задач автоматизации контроля, обработки и представления информации. Это позволяет осуществлять оптимальный выбор параметров контроля изделия с учётом его индивидуальных особенностей: при ультразвуковом контроле – учёт неровности поверхности изделия, скорости и затухания ультразвуковых волн.

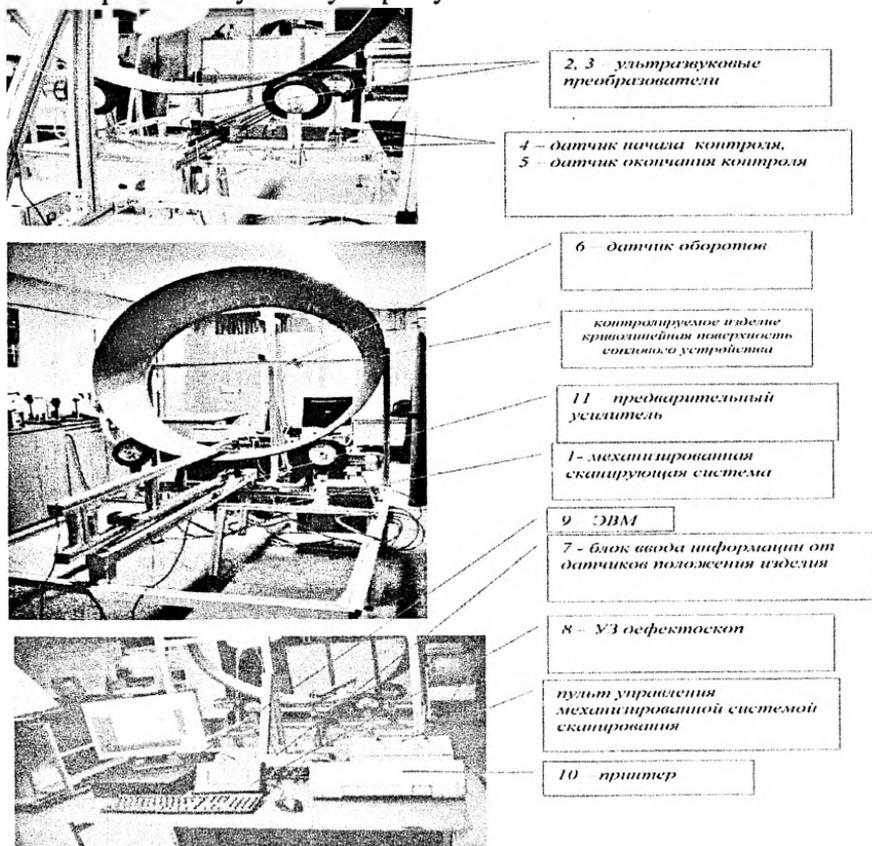


Рис. 3. Автоматизированная установка для комплексной многоканальной дефектоскопии сложнопрофильных среднегабаритных конструкций из углеродных и полимерных КМ

Основными параметрами при анализе являются (рис.4;5): пороговое значение сигнала; расстояние для объединения единичных дефектов – максимальное расстояние между двумя единичными дефектами (минимальный дискретный элемент дефектограммы), при котором оба

дефекта объединяются в один; не учитывать единичные дефекты менее – максимальная площадь единичного локализованного дефекта, при которой он не рассматривается как существенный и информация о нем не выводится. Однако, общая площадь таких неучтенных дефектов, выводится в конце отчета о результате анализа.

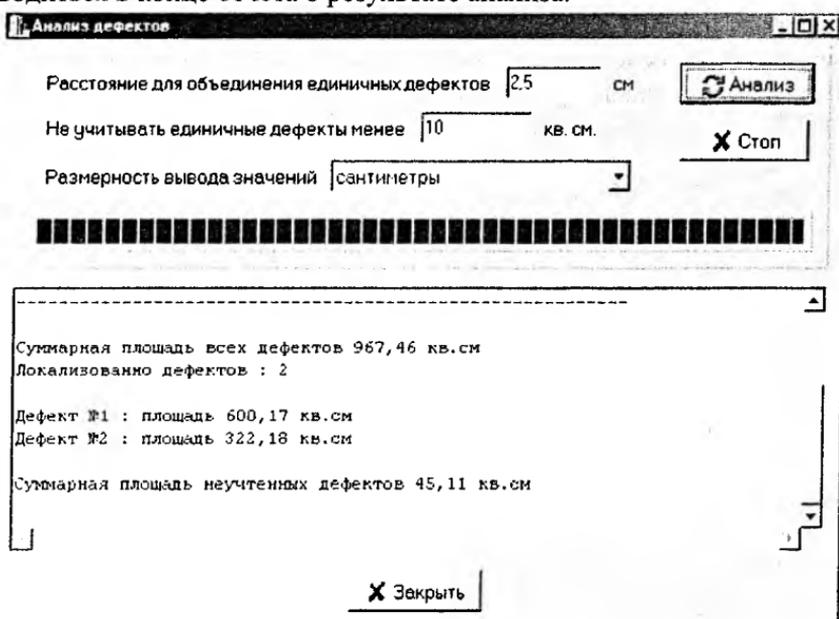


Рис. 4. Применение программного обеспечения при определении параметров дефектов (окно обработки результатов контроля).

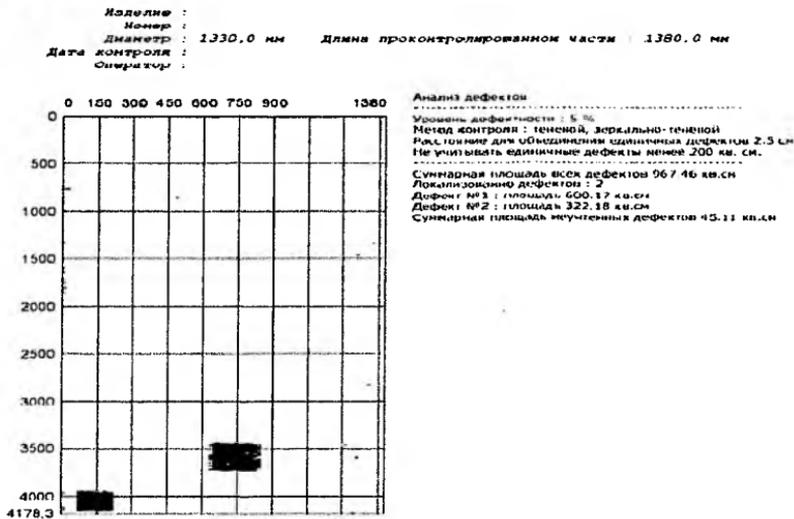


Рис. 5. Дефектограмма (карта дефектов) изделия из КМ (реактивное сопло)

Проведён сравнительный анализ оборудования по НК, в ходе которого отобраны дефектоскопы, приведённые в табл.1, на базе которых будет проводиться автоматизированная дефектоскопия (рис.3) изделий из углеродных и полимерных композитов (УУКМ, УККМ, углепластики, стеклопластики, органопластики); в схеме техпроцесса изготовления соплового устройства из КМ определены этапы, на которых необходимо применение автоматизированной ультразвуковой дефектоскопии (рис.6).

Таблица 1

Анализ ультразвукового оборудования по неразрушающему контролю изделий из композитов (УУКМ, УККМ с покрытиями и др.) и его применения в автоматизированной ультразвуковой дефектоскопии

Тип ультразвукового дефектоскопа	Результаты применения ультразвуковых дефектоскопов на образцах из композиционных материалах (УУКМ,УККМ)
<p>УСД-60 НПЦ «Кропус», г. Ногинск на диапазон рабочих частот: 60 ÷ 2500 кГц</p>	<p>В ходе проведения ультразвукового исследования с помощью теневого метода была выявлена проходимость акустических волн через контрольные (эталонные) образцы из УУКМ, УККМ. Определялся диапазон времени задержки <math>t_{зад}</math> сигнала в мкс в 3-х образцах в форме цилиндров <math>\varnothing 20</math> из УУКМ с заданными толщинами <math>\delta</math>:</p> <p>образец №1, толщина <math>\delta=3</math> мм, <math>t_{зад} = 8,2 \div 8,5</math> мкс; образец №2, <math>\delta=5</math> мм, <math>t_{зад} = 9,6 \div 9,8</math> мкс; образец № 3, <math>\delta=8</math> мм, <math>t_{зад} = 11 \div 11,2</math> мкс.</p> <p>Измерение времени задержки проводилось при рабочей частоте генерирующих колебаний дефектоскопа: <math>\nu=60</math> кГц. Определялась скорость распространения ультразвуковых колебаний в композиционном материале: <math>V= \delta/t_{зад}</math>. При определении толщины изделия из КМ в дефектоскоп вводится величина скорости ультразвука, определённая на контрольных образцах.</p>
<p>УД 2Н-ПМ НПЦ «Кропус», г. Ногинск на диапазон рабочих частот: 20÷2500 кГц</p>	<p>В ходе проведения ультразвукового контроля (частота 60 кГц) при теновом методе исследования на изделии, представляющем собой реактивное сопло (тонкостенная оболочка в форме конуса) выявлена зона дефекта (расслоение). Локальность дефекта составляет 1,5см × 1 см.</p>

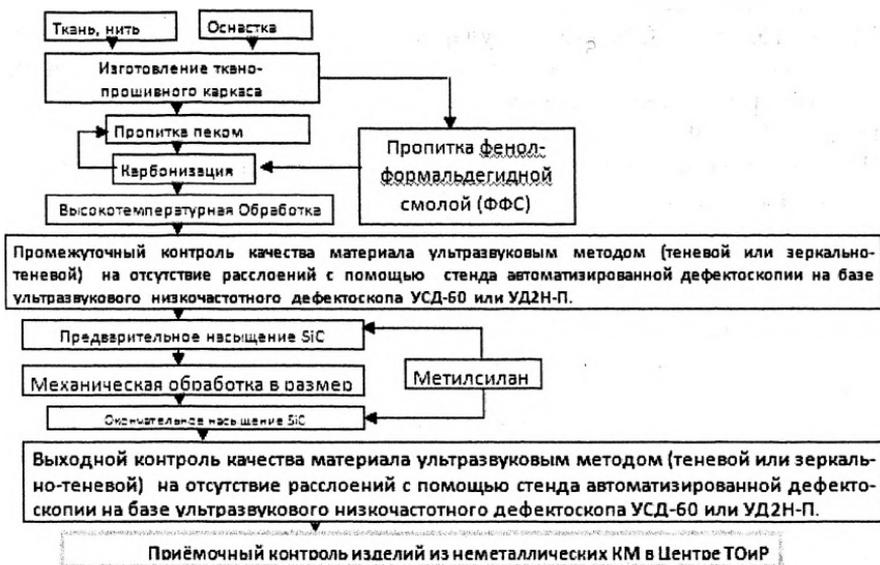


Рис. 6. Схема техпроцесса изготовления соплового устройства из неметаллических композиционных материалов при осуществлении ультразвукового контроля качества материала на отсутствие расслоений на различных этапах производства с помощью стенда автоматизированной дефектоскопии.

### Выводы

Проведение технического диагностирования и неразрушающего контроля изделий из неметаллических КМ, применяющихся в АТ «нового поколения», с целью выявления внутренних дефектов композита (вид дефекта (трещина, расслоение, пористость), уровень критичности, оценка линейных размеров (локальность), расположение (координаты в плоскости XY, глубина залегания Z) и др.) позволяет:

- получить исходную информацию для решения задач по выявлению аналитических зависимостей несущей способности конструкций из неметаллических КМ при наличии в ней дефектов различных видов;
- получить априорную информацию для определения причины возникновения повреждений в изделиях из КМ, прогнозировании их остаточного ресурса с повреждениями, с целью определения периодичности контроля;
- выдать рекомендации по изменению технологического процесса и способам восстановления (необходимого ремонта) изделий из неметаллических КМ.

## **Библиографический список**

ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения.

Неразрушающие физические методы выявления дефектов в авиационных материалах. – М.: ВИАМ, 1979. – 66 с.

Потапов А.И. Контроль качества и прогнозирование надежности конструкций из композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 1980. – 261 с.

Будадин О.Н., Кутюрин В.Ю., Филипенко А.А. Промышленный стенд автоматизированной комплексной многоканальной дефектоскопии сложнопрофильных среднегабаритных конструкций из углеродных и полимерных композиционных материалов. НПЦ «Кропус», 2003.

Пивоваров В.А., Машошин О.Ф. Дефектоскопия гражданской авиационной техники: Учеб. пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1997.

Пивоваров В.А. Повреждаемость и диагностирование авиационных конструкций. – М.: Транспорт, 1994.

Лебедев И. К. Эксплуатационная долговечность элементов авиаконструкций из композиционных материалов.- Автореферат на соискание учёной степени кандидата технических наук. Специальность:05.22.14 – «Эксплуатация воздушного транспорта». М.: МГТУ ГА, 2011.

Ларин А.А., Резниченко В.И.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), ГОУ ВПО «МАРТИТ»*

## **Особенности применения компьютерной рентгеновской томографии для неразрушающего контроля изделий из композиционных материалов**

Наряду с широко применяющимися методами неразрушающего контроля (НК) в различных областях промышленности, такими как акустический, импедансный, ультразвуковой, рентгеновский, активно используемые в таких отраслях, как авиа-, ракето-, судо-, приборостроение, атомная энергетика, – появляются новые методы НК, обладающие повышенной точностью и разрешающей способностью, что позволяет добиться более качественной картины внутренних дефектов как из металлов и сплавов, так и из композиционных материалов (КМ) и керамики. К таким современным методам относятся ИК-термография, компьютерная реконструктивная восстановительная томография и некоторые другие методы. Применение современных компьютеризированных комплексов позволяет проводить наиболее

полный анализ состояния внутренней структуры изделия, в частности получать плоские 2D и объемные 3D снимки конструкции, по которым возможно обнаружение дефектов различной природы, их позиционирование в изделии и получение их линейных размеров.

Развитие науки, техники и технологии открывает значительное поле для применения современных методов НК. В частности, всё более широкое внедрение в промышленности КМ, являющихся, в отличие от металлов, многофазными материалами, требует изучения структуры изделий из КМ на всех этапах жизненного цикла изделия.

Поскольку свойства КМ окончательно формируются уже в технологическом процессе изготовления изделия, требуется определение физико-механических характеристик материала для подтверждения заложенных на этапе проектирования свойств конструкции. Это делается с помощью испытаний образцов-свидетелей, вырезаемых, к примеру, из технологического припуска, или же изготавливаемых специально для испытаний по следующим регламентирующим документам:

ГОСТ 25.601-80; ГОСТ 25.602-80; ГОСТ 25.603-82; ГОСТ 4648-71;

РД 50-675-88 "Расчеты и испытания в машиностроении. Материалы композиционные. Методы испытания на межслойный сдвиг" и др.

По представленным выше методам испытаний получают значения физических и механических свойств готового КМ изделия, что является обоснованием и доказательной базой для заложенных на этапе проектировочных расчетов свойств КМ.

Технологический процесс совмещения армирующей и матричной компонентов в композите неизбежно приводит к появлению дефектов внутренней структуры, таких как микропоры, местные непрочности, образование трещин в связующем, единичные порывы волокнистой структуры и т.д. Соответственно при испытании образцов с значительными внутренними дефектами разброс контролируемых характеристик может оказаться достаточно велик, что приведет к возможности протоколирования неверных физико-механических характеристик КМ.

На этапе технологической обработки использование методов НК дает возможность оценить качество изготовления детали, выдать рекомендации по характеристикам техпроцесса (давление формования, температура), по изменению конструкции изделия или оснастки, в которой изготавливается конструкция.

В настоящее время существует значительное количество методов НК: оптические, тепловые, магнитные, радиационные, ультразвуковые, голографические, электрические и др. различные по чувствительности и разрешающей способности диагностики. [1].

Результаты акустического ультразвукового исследования внутренней структуры материалов представляются в виде сканов, на которых отображаются зависимости отраженного сигнала от координаты сканирования и времени возврата акустического импульса. Само значение отраженного сигнала показывается цветовой градацией серого цвета, при этом имеющиеся дефекты внутренней структуры КМ, такие как, несплошности и расслоения, имеют ярко выраженный черный цвет, обусловленный значительной разностью акустических импедансов - произведения скорости звука в среде на плотность среды. [2].

Одним из перспективных методов неразрушающего контроля является метод компьютерной рентгеновской восстановительной томографии, позволяющий получить четкую картину распределения внутренних дефектов материала конструкций, в том числе и для КМ на полимерных матрицах. Для композитов применение рентгеновской томографии позволяет оценить линейные размеры и положение в структуре пакета как дефектов волокнистой составляющей, так и повреждений матричной компоненты. [3].

В качестве сравнительного примера эффективности современных методов НК покажем картины внутренней структуры образца из углепластика на эпоксидном связующем, подвергнутого локальному динамическому воздействию с энергией удара, составляющей 140 Дж.

Картина внутренней структуры, полученная при ультразвуковой диагностике, показана на рисунке 1. Томограмма, полученная с помощью томографа ВТ-600ХА, изображена на рисунке 2.



Рис. 1 – Картина внутренней структуры образца из КМ, полученная ультразвуковым методом НК

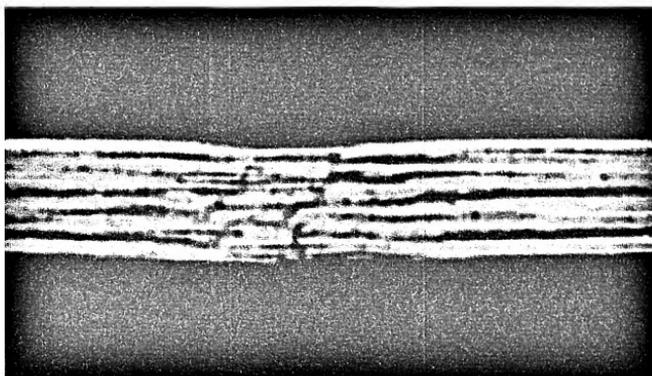


Рис. 2 - Картина внутренней структуры образца из КМ, полученная методом рентгеновской томографии

Сканирование внутренней структуры проводилось с верхней границы образца, показанного на рисунках 1 и 2. По представленным результатам можно сделать заключение, что ультразвуковые методы контроля позволяют обнаружить дефекты вида «расслоение между монослоями» и «разрушение матрицы», однако не дают целостной картины повреждений, в частности, не определяют местные повреждения волокнистой структуры КМ.

#### **Возможности компьютерной рентгеновской томографии**

Применение современных методов НК, в частности, компьютерной рентгеновской восстановительной томографии, позволяет оценить в выбранных зонах и сечениях конструкции из КМ такие параметры, как сплошность материала, объемную долю порообразований, разрушение компонент монослоя, расслоения монослоев и т.д. В качестве примера приведем томографические снимки двух образцов зон перехода типа «Обшивка-стрингер» на этапе отработки технологических решений по изготовлению типовых образцов конструкции.

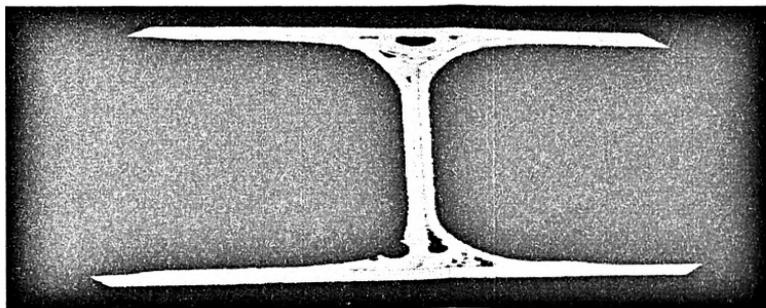


Рис. 3. Томограмма зон перехода "стрингер-обшивка" с множественными дефектами внутренней структуры

На представленном рисунке видны разрывы волокнистой структуры композита, наличие отслоений между монослоями, повышенная пористость структуры, отсутствие качественного заполнения зоны перехода крученым жгутом, выполненным из однонаправленных монослоёв, что привело к появлению пустот в верхней зоне и частичному затеканию связующего в нижней зоне перехода слоёв.

В качестве рекомендаций по представленной томограмме можно предложить следующие мероприятия:

Использовать профилированные крученые жгуты для заполнения зоны переходов монослоёв;

Увеличить давление формования для предотвращения образования отслоений монослоёв;

Изменить вязкость связующего для более качественной пропитки композитного пакета и снижения пористости изготовленного композиционного материала.

Покажем пример томографического снимка зоны перехода "обшивки-стрингер" с технологически отработанной конструкции.

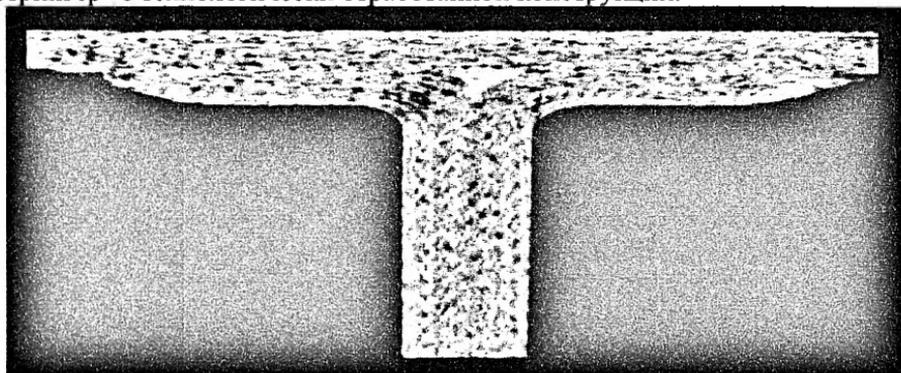


Рис. 4 – Пример качественной отработки технологии изготовления зоны перехода области «стрингер-обшивка»

Как видно из представленной иллюстрации, томография позволила выявить такие нарушения технологического процесса изготовления конструкции из КМ, как недостаточное давление формования в зоне перехода монослоёв со стрингера на обшивку, что привело к появлению микрорасслоений данной области. В то же время виден жгут, заполняющий полость зоны перехода монослоёв, а также высокое качество пропитки материала привело к малой пористости КМ.

Актуальность исследования области перехода «стрингер-обшивка» заключается в возможности прогнозирования и оценки коробления панели, связанные с нарушением технологии изготовления подобных конструкций.

Влияние данной зоны было проанализировано на примере образца типовой панели, общий вид которой будет показан на рисунке 8. При нарушении техпроцесса изготовления конструкции панели могут иметь прогиб в поперечной области, а точки излома – проходить в зоне стыковки стрингера с обшивкой.

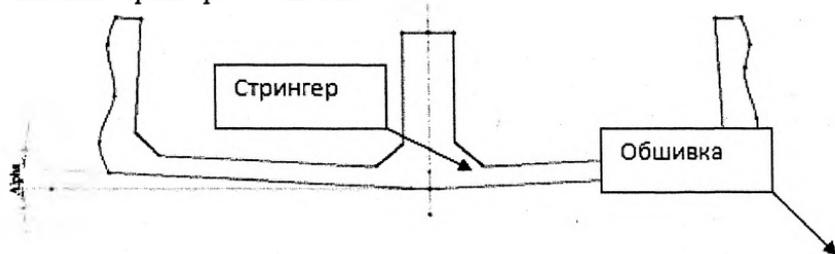


Рис. 5 – Схема излома панели в зоне стыковки стрингера к обшивке

После формования стрингера с обшивкой за счет радиуса скругления под стрингером возникает характерная треугольная область. Для того чтобы эта область не оставалась без наполнителя, туда помещают крученный жгут из волокон, которому возможно придать форму треугольника со скруглениями заданного радиуса. Несмотря на это, в этой полости все же остаются пустоты, которые при пропитывании и полимеризации оказываются заполнены связующим. Теоретическая конечно-элементная модель, позволяющая учесть такую неоднородность, показана на рисунке 6.

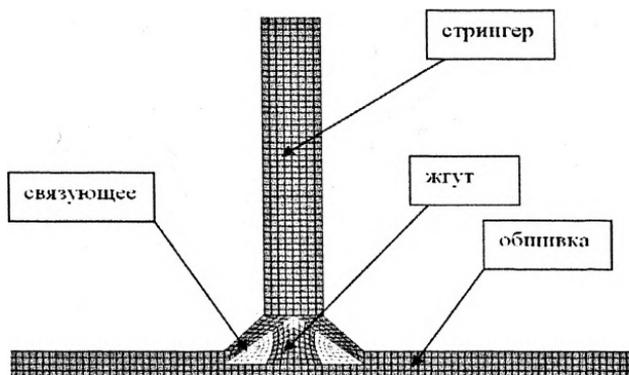


Рис. 6 - Моделирование зоны стыковки стрингера с обшивкой

Красным цветом показаны зоны с обычной укладкой КМ, белым – места концентрации связующего, зеленым – жгут из волокна.

Образование температурных поводок панели связано с тем, что при полимеризации связующего выделяется тепло, которое при отсутствии жгута или его малого содержания в треугольной области выделяется заметно больше из-за высокого относительного массового и объемного количества связующего. Так как теплопроводность связующего  $\sim$  в 2,5 раза ниже, чем у волокна, в треугольной области происходит заметное увеличение температуры. Величина такого увеличения может быть приближенно рассчитана, исходя из данных об удельном тепловыделении при отверждении связующего и характеристик теплопроводности КМ и оснастки.

Таким образом, применение томографии для анализа состояния структуры данной области позволяет составить наиболее корректную конечно-элементную модель для верификации теоретических результатов с результатами эксперимента.

На рисунке 7 представлены результаты замера плотности трехстрингерной панели, общий вид которой представлен на рисунке 8. В качестве контрольного образца плотности использовался пиролитический графит (белый прямоугольник на рисунке 8) с плотностью, составляющей  $2,20 \text{ г/см}^3$ . Проведенный анализ показал высокую однородность распределения плотности по всему внутреннему объему, соответствующую СКО плотности массы на уровне 1.0 - 1.5%.

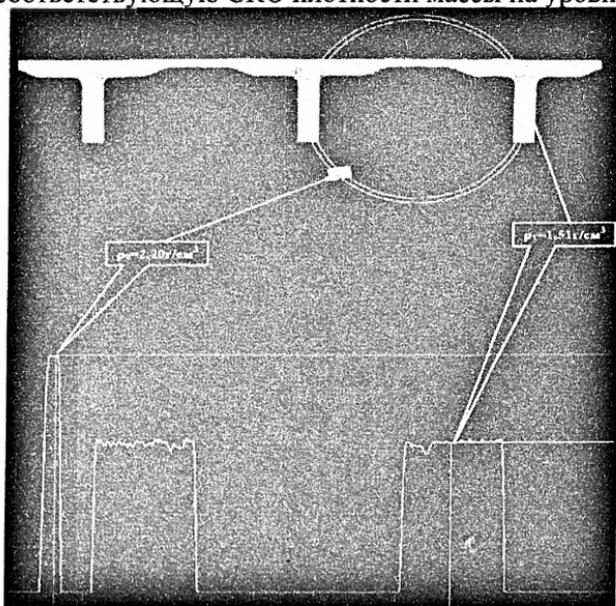


Рис 7 - Количественное распределение значений плотности по сечению рассматриваемой контрольной трехстрингерной панели

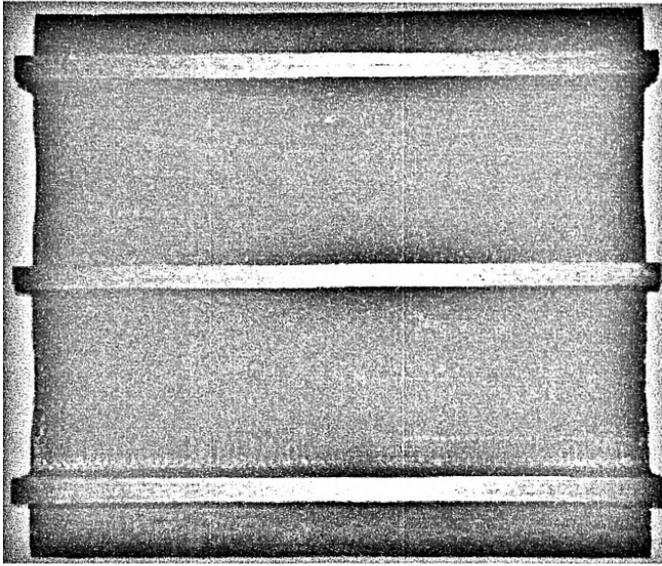


Рис. 8 - Общий вид контрольной панели

С помощью компьютерной томографии возможна оценка сплошности выбранного сечения изделия, что проиллюстрировано на рисунке 9.

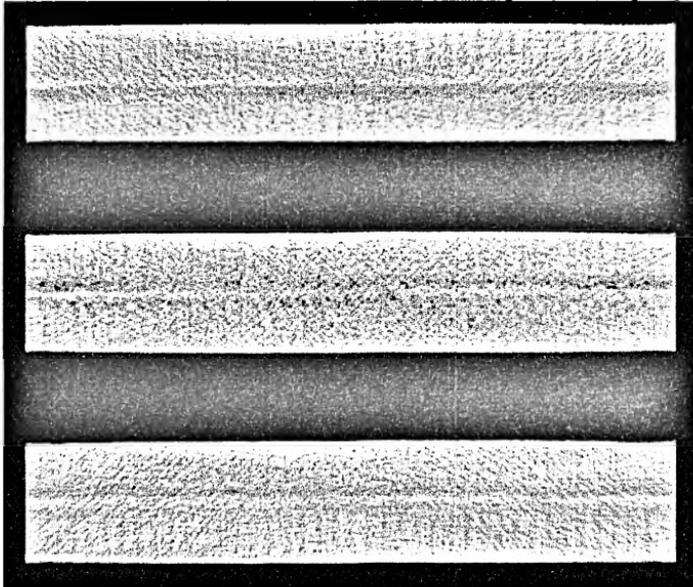


Рис. 9 – Исследование структуры композиционной панели на сплошность внутренней структуры

На рисунке 9 видна тонкая структура распределения малых отклонений плотности углепластика панели, что обусловлено высокой степенью отработки технологического процесса пропитки армирующих слоёв углеродной ткани полимерным связующим. Крупные поры, расслоение, трещины и плотные включения в объеме панели отсутствуют.

Приведенные иллюстрации применения томографии для анализа внутренней структуры агрегатов и изделий из КМ позволяют говорить о безусловной эффективности и актуальности данного метода НК. Развитие средств томографического контроля привело к расширению линейки рентгеновских томографов, в настоящий момент в РФ используются следующие томографические установки типа ВТ-600ХА и ВТ-1500.

Обладая высокой разрешающей способностью, составляющей до 0,05мм, данные томографы позволяют обследовать конструкции с характерными размерами 600мм и 1500мм соответственно. Принцип работы вычислительных томографов ВТ-600ХА и ВТ-1500 основан на реконструкции и визуализации внутренней структуры тонких слоев контролируемых изделий посредством совместной вычислительной обработки набора теневых проекций, полученных при рентгеновском просвечивании объекта контроля в различных направлениях.

Одним из актуальных приложений томографического анализа к конструкциям из КМ является исследование влияния энергии внешнего динамического воздействия на внутреннюю структуру изделия. Энергия удара, распространяясь в локальном объеме детали, может приводить к появлению расслоений между слоями, разрушениям матричной структуры монослоя, разрыву волокон, росту трещин и т.д. При ударном воздействии на преднапряженную структуру материала возможно локальное разрушение структуры и снижение ресурса изделия в целом.

Для теоретического анализа влияния ударного воздействия на конструкцию и верификации результатов натуральных экспериментов возможно построение схемы динамического воздействия на изделие из КМ в специализированных программных комплексах, например, LS-Dyna.

Пример расчета динамического воздействия по подкрепленной композитной панели представлен на рисунке 8.

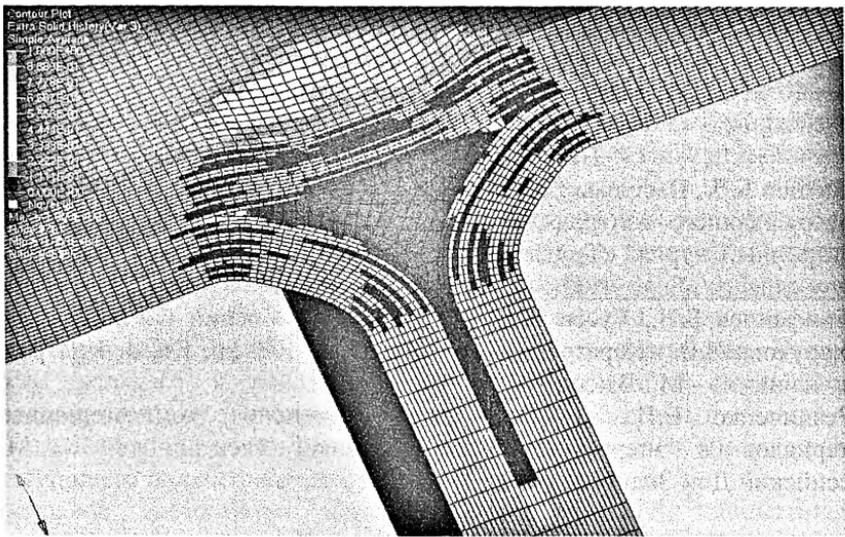


Рис. 10 - Моделирование динамического воздействия на панель из КМ, расслоения в структуре пакета

Удар с энергией 140 Дж приходится под стрингер с внешней стороны панели, при этом видно большое количество расслоений композитной структуры.

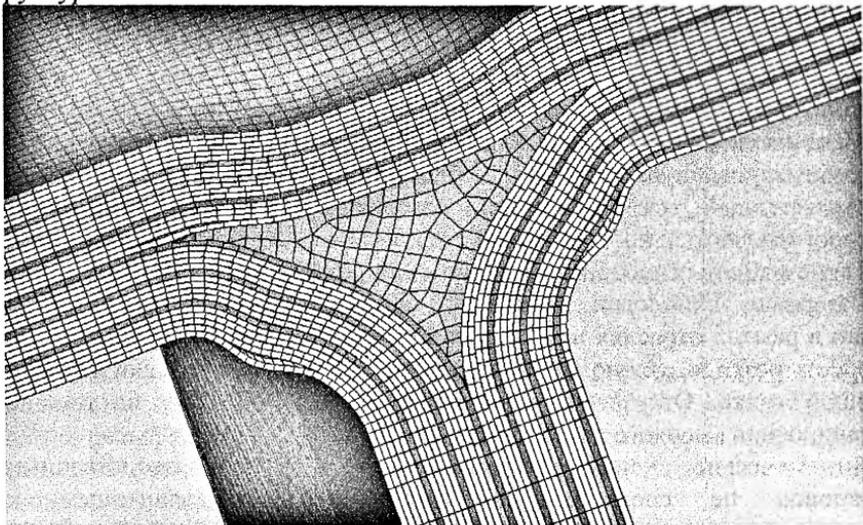


Рис. 11 - Расслоение монослоёв в зоне перехода "стрингер-обшивка"

Таким образом, применение компьютерной томографии является актуальным на этапе анализа и свойств подтверждения свойств КМ,

этапе технологической обработки методов изготовления агрегатов и изделий, этапе эксплуатации конструкции, а также при теоретической проработке эффективности работы конструкции при локальных ударных воздействиях.

### **Библиографический список**

Бойцов Б.В., Васильев С.Л., Громашев А.Г., Юргенсон С.А. «Методы неразрушающего контроля, применяемые для конструкций из ПКМ», электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск №49.

[www.mai.ru/science/trudy/](http://www.mai.ru/science/trudy/)

Елифанцев Б.Н., Гусев Е.А., Матвеев В.И., Соснин Ф.Р.; Под ред. Сухорукова В.В. «Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 4. Контроль излучениями» - М.: Высш. шк., 1992 – 321с.

Резниченко В.И., Хомич В.И. «Применение композиционных материалов в энергетике, электротехнике, электронике» - М.: Российский Дом Знаний», 1992 –256с.

Комов. В.Г., Третьякова О.Н.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Автоматизация управления лазерным технологическим оборудованием**

Современные лазерные технологии требуют разработки нового технологического оборудования, включающего в себя как основной элемент компьютер, который применяют для создания автоматизированной системы управления технологическим процессом.

Машина скоростной лазерной режки представляет собой именно такую автоматизированную систему. Любая машина лазерной режки - это промышленный технологический комплекс, основными элементами которого являются: координатный стол, лазер, контроллер, компьютер.

Такие машины способны выполнять широкий спектр задач [1].

Лазерные технологии позволяют использовать машины лазерной режки в разных отраслях промышленности. Они обеспечивают высокую скорость режки, высокую точность подведения рабочей головки лазера к нужной точке. Отсутствие остаточных напряжений дает на выходе детали, очень высокого качества, готовые к использованию.

Динамические характеристики стандартных производственных установок не соответствуют требованиям, предъявляемым к использованию высокоэффективных лазерных технологий. Лазер позволяет реализовывать более высокие скорости процесса режки. Простые кинематические системы, где имеется один координатный стол, не позволяют достигать высоких скоростей режки. Для решения этой проблемы предлагается следующий подход.

Введение в комплекс дополнительного координатного стола. На основной большой координатный стол параллельно устанавливается небольшой дополнительный координатный столик (*дополнительные оси*). Такой лазерный технологический комплекс будем называть многокоординатной машиной скоростной лазерной резки или машиной с параллельной кинематикой.

В работе рассматривается проектируемая конкретная установка для процесса лазерной резки материалов, в основу которой положен указанный подход, создаваемая на предприятии НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ», требующая создания специального программного обеспечения для управления технологическим процессом. Целью работы являлась разработка алгоритма синхронного управления многокоординатной машиной скоростной лазерной резки (машиной с параллельной кинематикой), и разработка программного обеспечения, реализующего полученные алгоритмы.

Основное достоинство машины с параллельной кинематикой заключается в возможности совершать локальные ускорения за счет дополнительного координатного стола. В результате основной стол не испытывает резких ускорений, его движение практически равномерное и описывает основной контур заготовки.

На сложных участках: острые углы, окружности, дуги и т.п. – в дело вступает дополнительный стол, способный быстро проходить эти участки.

В работе был предложен алгоритм синхронного управления подобными машинами, в основу которого положено моделирование относительного движения основного и дополнительного координатных столов установки. Создана управляющая программа, реализующая данный алгоритм. Программа написана на языке C#, контролер работает с использованием G-кодов, обеспечивается передача управляющих команд от компьютера к контроллеру.

Программа используется при проектировании машины с параллельной кинематикой для лазерной резки в ООО НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ»[2].

Нужно отметить, что у новых лазеров, например, *Rofin FL 040* мощностью 4 кВт, *Coherent Talisker Ultra 355-4*, *Multiware MOPA-DY* [3], имеется целый ряд технических особенностей и свойств, из-за которых переносить опыт применения классических лазеров на новую технику не совсем корректно [4].

Ведущие компании мира уже создали технологические комплексы с параллельной кинематикой, такие как машины *SYNCRONO* [5], машины фирмы *TRUMPF* [6], машина *Salvagnini L5* [7], и тесты подтверждают преимущество конструкций с дополнительной осью. В

нашей работе предложена реализация алгоритма управления машины с дополнительной осью, создана модель. И эта модель также подтверждает преимущества внедрения машины с параллельной кинематикой.

### Дискретная математическая модель

Анализ траектории движения лазера. Нам необходимо преобразовать одну траекторию таким образом, чтобы она складывалась из траектории движения большого стола и траектории движения малого стола.

Исходными данными для определения параметров движения (перемещения, скорости, ускорения, времени) являются моменты инерции ( $I_0$ ), движущие моменты сил ( $M_d$ ), и моменты сил сопротивления ( $M_c$ ), а также начальные значения параметров движения.

При использовании дискретной модели задачи весь путь разбивается на некоторое количество элементарных участков длиной  $\Delta\varphi = \varphi_i - \varphi_{i-1}$ . (рис. 1)

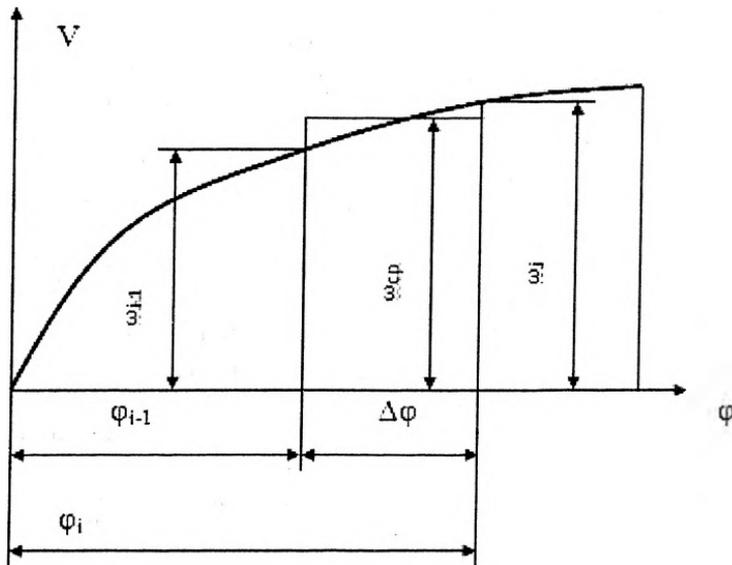


Рис 1. Дискретная модель задачи

На каждом интервале связь кинематических, силовых и массовых параметров описывается теоремой об изменении кинетической энергии:

$$\frac{I_0 \omega_i^2}{2} - \frac{I_0 \omega_{i-1}^2}{2} = \int_{\varphi_{i-1}}^{\varphi_i} (M_d - M_c) d\varphi \quad (1)$$

откуда можно выразить скорость движения:

$$\omega_i = \sqrt{\frac{2}{I_0} \left( \frac{I_0 \omega_{i-1}^2}{2} + \int_{\varphi_{i-1}}^{\varphi_i} (M_d - M_c) d\varphi \right)} \quad (2)$$

При определении времени  $\Delta t$  прохождения участка  $\Delta\varphi$  будем считать скорость движения постоянной, равной средней скорости в пределах участка:

$$t_i = t_{i-1} + \frac{\varphi_i - \varphi_{i-1}}{\omega_{cp}} \quad (3)$$

Аналогично, предполагая, что угловое ускорение  $\varepsilon_i$  на участке  $\Delta\varphi$  постоянно, имеем:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{cp} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_i - \omega_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} \quad (4)$$

### Описание программы

Возможности классических лазерных комплексов (машины без дополнительного столика) ограничены. И они не могут использовать в полной мере преимущества новых лазеров. Для этого необходимо предоставить инструмент для обработки движения дополнительной оси и сделать синхронизацию движения по обем осям (основной и дополнительной). Задача заключается в разложении движения и расчете основных кинематических параметров машины.

Основная управляющая программа, реализующая алгоритм синхронного управления основным и дополнительным координатными столами, написана на языке программирования C#.

*Входными данными* для программы является чертеж заготовки, подготовленный в одной из конструкторских программ, таких как *AutoCAD*.

После загрузки данных в программу, она анализирует их, выполняя следующие действия:

- Обработка сложных участков, требующих больших ускорений.
- Расчет кинематических параметров для основной и дополнительной оси.

Ограничения, используемые в программе:

- Ускорения основной оси не больше 0,3g.
- Размеры дополнительной оси (дополнительный координатный столик). Т.к. дополнительная ось должна быстро двигаться, ее размеры должны быть минимальны.
- Контурная скорость на всех участках должны быть постоянна.

*Выходными данными* программы является таблица, в которой отражены все кинематические параметры осей – векторы перемещений, скоростей, ускорений. Получив эту таблицу, можно сгенерировать необходимые наборы команд для контроллера, управляющего лазерной машиной.

#### **Работа программы с учетом ограничений значений параметров.**

Перед запуском программы задаются параметры, определяющие работу программы в зависимости от технологического режима, - контурная скорость, ограничение на ускорение, размеры дополнительного столика.

При расчете скоростей программа следит, чтобы ускорения и изменение направления движения соответствовали заданным ограничениям.

Если происходит несоответствие, это означает, что на этом участке присутствуют сложные элементы. Поэтому необходимо сделать округление.

На первом шаге программа возвращается на  $n$  шагов назад и рассчитывает движение двух осей с учетом ограничений. Закончив округление, программа продолжает свою работу дальше до следующего сложного участка.

При тестировании программы необходимо проанализировать результаты и подобрать наиболее подходящие значения ограничений. Для разных заготовок возможны разные сценарии.

#### **Графическое представление и анализ результатов**

На рис. 2 и 3. изображены графики зависимости скорости от координаты во время работы лазера. На первом рисунке видно, что скорость лазера при разгоне и торможении изменяется не сразу. Для этого необходимо определенное время. На втором рисунке (машина с дополнительной осью) видно, что изменение скорости практически мгновенное, что позволяет быстро и качественно вырезать детали.

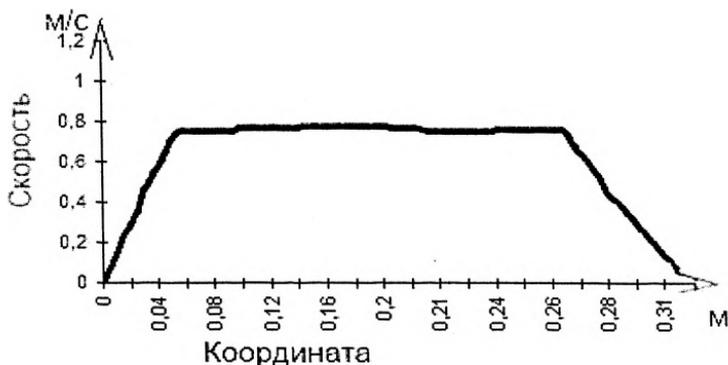


Рис.2. Зависимость скорости стола от координаты для традиционной машины с одним столом.

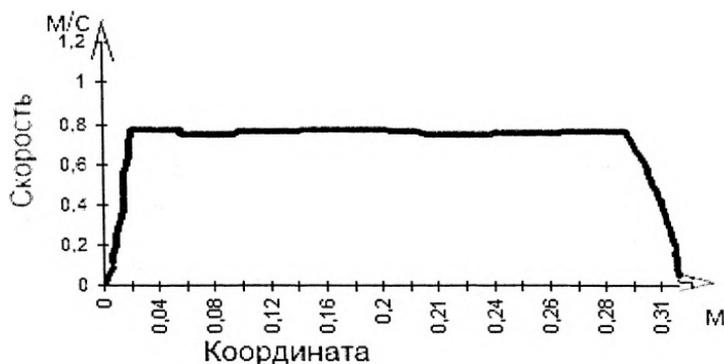


Рис. 3. Зависимость скорости стола от координаты для современной машины с несколькими осями.

Анализ результатов показывает:

а) В начальный момент времени скорость равна нулю, стол начинает двигаться и практически сразу набирает необходимую скорость.

б) При перемещении стола его скорость увеличивается. Так как значение силы, действующей на оси большого стола, увеличивается при перемещении стола, точность подведения детали к заданной точке падает и деталь, лежащая на столе, может проехать мимо лазера. При использовании дополнительной оси, силы, действующая на оси большого стола уменьшаются. Уменьшается ускорение большого стола. В

результате движение большого стола становится плавным и практически равномерным.

в) После того, как движение большого стола стало равномерным, дополнительная ось может совершать резкие ускорения на сложных участках. Дополнительная ось (т.е. маленький дополнительный столик) компенсирует инерцию основного стола и быстро обрабатывает сложные участки.

г) В момент, когда основной стол замедляется, либо ускоряется, дополнительный стол увеличивает скорость, чтобы не нарушалось постоянство результирующей контурной скорости.

### **Выводы**

1. Изучен технологический процесс скоростной лазерной резки. Обоснованы преимущества данного метода. Проведен анализ конструктивных схем существующих машин скоростной лазерной резки, выявлены их достоинства и недостатки. Проведен сравнительный анализ разработок ведущих мировых фирм - производителей технологического оборудования.

2. Для совершенствования технологического процесса предложена разработка многокоординатной машины для лазерной резки с параллельной кинематической. Изучен механизм синхронизации многокоординатных систем. Описана принципиальная схема проектируемой машины с параллельной кинематикой для лазерной резки различных материалов.

3. Предложен алгоритм синхронного управления машиной с параллельной кинематикой на основе моделирования относительного движения основного и дополнительного координатных столов.

4. Создана программа на языке программирования C#, реализующая данный алгоритм управления, которая, получая чертеж детали, обрабатывает его и генерирует программы для контроллера. Эти программы представляют собой набор последовательных команд на G-кодах, которые воспринимает контроллер и обеспечивает передачу управляющих сигналов на элементы установки в требуемой программой последовательности. Таким образом, осуществляется автоматический процесс резки материала..

5. Исследованы особенности написания рабочей программы для контроллера с использованием G - кодов.

6. Разработан дружелюбный пользователю интерфейс управляющей программы.

7. Результаты работы внедрены в производство. Программа используется при проектировании машины с параллельной кинематикой для лазерной резки на предприятии ООО НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ».

Библиографический список.

Брюннер В., Юнге К. Справочник по лазерной технике. / Под ред. А.П. Напартовича. М.: Энергоатомиздат, 1991.

Комов В.Г., Третьякова О.Н. Разработка управляющей программы для кинематической системы машины скоростной лазерной резки. // В сб.: 10-я Международная конференция «Авиация и космонавтика-2011». Москва, 8-10 ноября 2011 г. Москва. Тезисы докладов. - СПб.: Мастерская печати, 2011, с.277.

Список производителей волоконных лазеров  
<http://www.produzon.ru/волоконные-лазеры>.

Скрипченко А.И., Медвецкий В.М. Волоконные лазеры. // Промышленный интернет-портал МирПром, 2009, <http://www.mirprom.ru/Pubs.aspx?id=289>.

Презентация фирмы *PRIMAINDUSRIE* о лазерных технологиях. <http://abplanalp.kiev.ua/upload/files/Prima.pdf>.

Документация фирмы *TRUMPF* о разработанных машинах. <http://www.trumpf-laser.com/en/about-trumpf/media-center/library.html>.

Описание лазерного технологического комплекса *L5* фирмы *Salvagni*. <http://www.salvagninigroup.com/salvagnini.php?s=674&new=1>.

Использование лазерных технологий при создании уникальных технических систем и объектов. // Журнал «РИТМ», 2009, №2(40), с.25.

Кондратенко В.С., Борисовский В.Е., Гиндин П.Д., Наумов А.С. Лазерное технологическое оборудование для резки приборных пластин из различных материалов. // Журнал «Вестник МГУПИ», 2007, №7 с. 64-72.

Халина А.С., Хрусталеv М.М.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Стабилизация ориентации спутника с гибким элементом неполной обратной связью**

В работе рассматривается компактный спутник с упругим стержнем под действием возмущающего момента. Как известно, спутник такой конструкции, ориентированный в направлении местной вертикали, сохраняет эту ориентацию. Однако, из-за неточности ориентации спутника при его выведении на орбиту и других возмущений спутник совершает незатухающие колебания в окрестности местной вертикали. Погасить эти колебания возможно лишь за счет управляющего момента.

С использованием принципа разделения движения на медленное квазистатическое и быстрое колебательное получена система обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающая управляемое движение спутника с гибким стержнем. Построенная в

работе модель применяется к исследованию стабилизации углового положения спутника относительно местной вертикали.

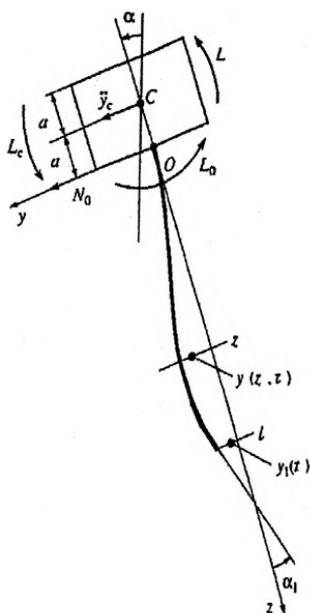


Рис.1. Спутник с гибким стержнем

В точке  $O$  на расстоянии  $a$  от центра масс  $C$  спутника жестко закреплен прямолинейный однородно упругий стержень длины  $l$  с погонной плотностью  $\rho$ , модулем Юнга  $E$ , коэффициентом внутреннего трения по Фойгту  $h$  и моментом инерции поперечного сечения  $J$ . Система координат  $Oxy$  связана со спутником.  $\alpha$  – угол отклонения спутника от местной вертикали, т.е. ошибка стабилизации,  $y_c$  – смещение центра масс,  $L_c$  – управляющий момент,  $N_o$  – сила реакции стержня в точке  $O$ ,  $L_o$  – момент сил реакции стержня в точке  $O$ .

Согласно [1] уравнения возмущенного движения спутника имеют вид

$$\begin{cases} J_c \ddot{\alpha} = -\Omega \alpha + u + aN_0 + L_0 \\ m_c \ddot{y}_c = N_0 \end{cases}, \quad (1)$$

$$L_0 = -\frac{EJ}{l^2} \left(1 + h \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial^2 y(0,t)}{\partial z^2}, \quad (2)$$

$$N_0 = -\frac{EJ}{l^3} \left(1 + h \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial^3 y(0,t)}{\partial z^3}.$$

**1. Математическая модель.** Рассматривается плоское движение жесткого спутника с упругим стержнем, обладающего моментом инерции  $J_c$  и массой  $m_c$  под действием возмущающего момента  $L$  (Рис. 1).

где  $z = \frac{x}{l} \in [0,1]$ . Уравнение колебания стержня

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{EJ}{m_c l^2} \left(1 + h \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial^4 y}{\partial z^4} = -\ddot{y}_c + (a + lz)\ddot{\alpha} \quad (3)$$

имеет нулевые граничные условия

$$\begin{aligned} y(0,t) = 0, & \quad \frac{\partial^2 y(1,t)}{\partial z^2} = 0, \\ \frac{\partial y(0,t)}{\partial z} = 0, & \quad \frac{\partial^3 y(1,t)}{\partial z^3} = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

С целью разделения достаточно медленных движений и быстрых упругих колебаний решение представляется в виде суммы квазистатического решения  $y_0(z,t)$  и малой быстропеременной добавки  $\Delta y(z,t)$ , разлагаемой в ряд по собственным функциям (модам) стержня

$$y(z,t) = y_0(z,t) + \Delta y(z,t). \quad (5)$$

Квазистатическая компонента  $y_0(z,t)$  удовлетворяет уравнению

$$\frac{EJ}{m_c l^3} \frac{\partial^4 y_0(z,t)}{\partial z^4} = -\ddot{y}_c + (a + lz)\ddot{\alpha} \quad (6)$$

с теми же граничными условиями (4), что и для исходного уравнения.

Задача (4), (6) имеет аналитическое решение, числовые коэффициенты которого находятся из граничных условий и уравнения колебания стержня, и зависят от параметров конструкции спутника

$$y_0(z) = a_0(t) + a_1(t)z + a_2(t)z^2 + a_3(t)z^3 + a_4(t)z^4 + a_5(t)z^5 \quad (7)$$

Быстропеременная компонента  $\Delta y(z, t)$  решения (5) удовлетворяет уравнению

$$\frac{EJ}{m_z I^3} \left(1 + h \frac{\partial}{\partial t}\right) \frac{\partial^4 \Delta y(z, t)}{\partial z^4} + \frac{\partial^2 \Delta y(z, t)}{\partial t^2} = - \frac{\partial^2 y_0(z, t)}{\partial t^2} \quad (8)$$

Решение уравнения (8) колебания стержня для быстропеременной компоненты  $\Delta y(z, t)$  будем искать в виде ряда по собственным функциям  $A_k(z)$

$$\Delta y(z, t) = \sum_{k=0}^{\infty} B_k(t) A_k(z) \quad (9)$$

Подставляя вид решения (9) в исходное выражение (8), учитывая дифференциальное уравнение для собственных функций

$$A_k''''(z) = \mu_k^4 A_k(z), \quad (10)$$

и избавляясь от производных высших порядков ( $\alpha, y_c$ ), получим уравнения для коэффициентов  $B_i(t)$  быстропеременной компоненты

$$\ddot{B}_i(t) = -\frac{1}{\varepsilon} \mu_i^4 (B_i(t) + h \dot{B}_i(t)) + \frac{1}{6} \frac{\varepsilon}{w} (Q_4 \ddot{u} + Q_5 \dot{u} + Q_6 \alpha + \sum_{k=1}^{\infty} Q_7 B_k(t)) \quad (11)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots$$

С описанными выше преобразованиями система уравнений движения спутника будет иметь вид

$$\begin{cases} \ddot{y}_c = Q_0 u + Q_1 \alpha + \sum_{k=1}^{\infty} P_k B_k(t) \\ \ddot{\alpha} = Q_2 u + Q_3 \alpha + \sum_{k=1}^{\infty} S_k B_k(t) \\ \ddot{B}_i(t) = -\frac{1}{\varepsilon} \mu_k^4 (B_i(t) + h \dot{B}_i(t)) + \frac{1}{6} \frac{\varepsilon}{w} (Q_4 \ddot{u} + Q_5 u + Q_6 \alpha + \sum_{k=1}^{\infty} Q_7 B_k(t)). \end{cases} \quad (12)$$

Здесь следует заметить, что переменная  $y_c$  не входит в правые части уравнения (12), поэтому уравнения (12) распадаются на две независимые подсистемы. Уравнения движения гибкого спутника содержат не только величину управляющего момента, но величину его второй производной, что значительно усложняет исследование управляемого движения. Задание управления характерного для негибких спутников, зависящего от угла отклонения от местной вертикали и угловой скорости этого отклонения

$$u = -\phi_1 \alpha - \phi_2 \dot{\alpha}, \quad (13)$$

позволяет исключить из уравнений движения производные управляющего момента

$$\begin{cases} \ddot{\alpha} = Q_8 \alpha + Q_9 \dot{\alpha} + \sum_{k=1}^N S_k B_k(t) \\ \ddot{B}_i(t) = Q_{10} (B_i(t) + h \dot{B}_i(t)) + Q_{11} \alpha + Q_{12} \dot{\alpha} + \sum_{k=1}^N \Lambda_{ik} B_k(t) + \sum_{k=1}^N R_{ik} \dot{B}_k(t). \end{cases} \quad (14)$$

Это система дифференциальных уравнений описывает управляемое движение гибкого спутника и имеет порядок  $(2 + 2N)$ , где  $N$  – количество учитываемых мод.

Составляя матрицу системы и численно исследуя ее на устойчивость, получим диаграммы устойчивости решения в зависимости от количества мод в пространстве параметров линейного регулятора  $\phi_1$  и  $\phi_2$ .

**2. Результаты численных экспериментов.** В предыдущем разделе был описан алгоритм перехода от совокупности взаимосвязанных обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих вращение спутника, и уравнения в частных производных четвертого порядка, описывающего колебания гибкого стержня, к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих управляемое движение спутника.

Расчеты показали, что при значениях параметров  $J_c = 0.7$ ,  $m_c = 35$ ,  $l = 5$  и  $h = 0.1$  наиболее существенный вклад в решение вносит первая мода (Рис. 2). Последующие же моды имеют пренебрежительно малую величину. На графике вклада мод в решение приведен вклад первой моды без коэффициента, второй, третьей и четвертой с коэффициентами  $10^4$ ,  $10^6$  и  $10^9$  соответственно.

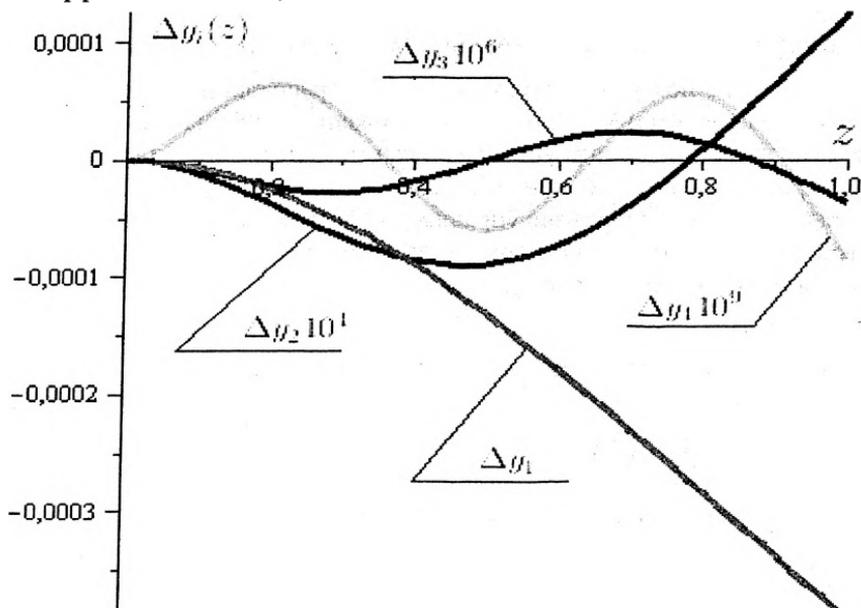
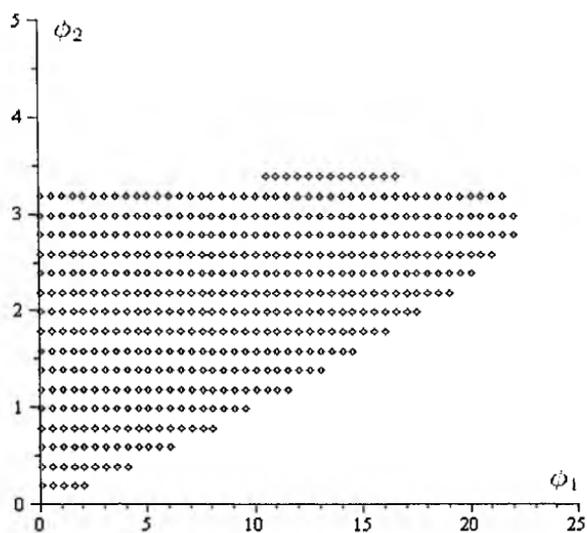
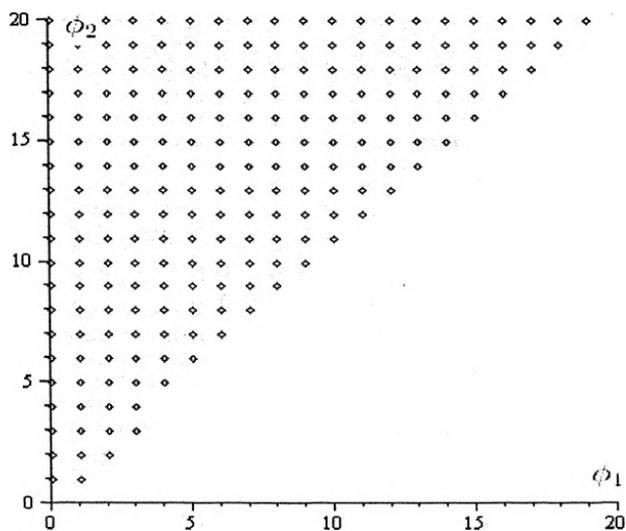


Рис. 2. Вклад мод, умноженный на соответствующие коэффициенты

Для нулевого приближения с учетом (13) решение будет устойчиво при  $\phi_1 + \Omega > 0$  и  $\phi_2 > 0$ .

Исследуя матрицу полученной системы (14) на устойчивость получим диаграммы устойчивости решения в пространстве параметров линейного регулятора  $\phi_1$  и  $\phi_2$  для случая учета одной и двух мод. Результаты представлены на рисунке 3.



а)

б)

Рис.3. Диаграмма устойчивости спутника с учетом:  
 а) одной моды, б) двух мод, в) трех мод, г) четырех мод

Кроме того, эксперимент показал, что в случае увеличения длины стержня  $l$  от 5 до 10 при прочих равных условиях области устойчивости сжимаются вдоль оси абсцисс  $\phi_1$  примерно в 8 раз.

**Заключение.** В работе исследованы вопросы стабилизации ориентации спутника с гибким элементом (стержнем) на круговой орбите.

Установлено, что простой линейный регулятор, используемый для стабилизации ориентации жестких спутников, обеспечивает устойчивость ориентации спутника с гибким элементом при надлежащем выборе коэффициентов регулятора.

Для конкретного примера построена область устойчивости на плоскости двух коэффициентов используемого закона управления.

#### **Библиографический список.**

1. Андрейченко Д.К., Андрейченко К.П. К теории стабилизации спутников с упругими стержнями. // Изв. РАНТисУ, 2004. N 6. с. 150-163.

2. Khustalev M.M., Rumyantsev D.S. Synthesis of optimal control strategy by damping a vibration of earth flexible satellite with a gravity-gradient stabilization with information constraints. // 58th International Astronautical Congress, 2007.

Цыганов О.В., Головин Д.Л.

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

#### **Использование метода анализа иерархий в производстве**

**Актуальность проблемы:** Сегодня в сложном мире с множеством проблем разные на первый взгляд события невозможно рассматривать изолированно друг от друга. Подходы к ним необходимо осуществлять как к единому целому, то есть как к системе. Система — (целое, составленное из частей; соединение) — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определённую целостность, единство. В свою очередь, с точки зрения развития, система и планирование являются двумя фундаментальными категориями, которые спаяны воедино, их тоже нельзя рассматривать отдельно.

Планирование — оптимальное распределение ресурсов для достижения поставленных целей, деятельность (совокупность процессов, связанных с постановкой целей (задач) и действий в будущем). Планирование в самом общем виде подразумевает выполнение следующих этапов: 1) Постановка целей и задач; 2) Составление программы действий (проектирование); 3) Вариантное

составление программы (вариантное проектирование); 4)Выявление необходимых ресурсов и их источников; 5)Определение непосредственных исполнителей и доведение планов до них; 6)Фиксация результатов планирования в материальном виде, например в виде проекта.

Мы планируем в пределах созданной нами системы, причем, ни одна система не формируется случайно, а с должной мерой предвидения. Мы должны научиться планировать будущее с ясным и определенным осмыслением цели в любой интересующей нас области. С этой целью в данной работе на основе концептуального единства понятий «система» и «планирование» предложено методологическое средство для их совместного осмысления: **метод анализа иерархий (МАИ)** для решения двух разных по характеру проблем.

**Цель проекта:** Исследовать возможность применения МАИ на предприятии в двух областях: проектирование технологических процессов, маркетинг.

**Задачи проекта:** Поиск в технологическом процессе производства и задачах управления предприятием этапов, имеющих ряд альтернативных решений; Использование МАИ в технологическом процессе производства, Использование МАИ в задачах по управлению предприятием; Определение необходимого количества экспертов для проведения оценки критериев в обоих случаях с заданной степенью точности;

### **Описание предмета**

**Метод анализа иерархий** является систематической процедурой для иерархического представления элементов, определяющих суть любой проблемы (системы). Метод состоит из следующих этапов:

- декомпозиции проблемы (системы) на все более простые составляющие части;
- дальнейшей обработке последовательности суждений лица, принимающего решение (ЛПР), по парным сравнениям. В результате может быть получена относительная степень (интенсивность) взаимодействия элементов в иерархии. Обработанные суждения выражаются численно. Далее следуют процедуры:
- синтеза множественных суждений,
- формирования приоритетности критериев,
- нахождения альтернативных решений.

Следует отметить, что полученные при этом значения критериев становятся оценками в шкале отношений (парных сравнений) и соответствуют так называемым жестким оценкам.

Решение проблемы есть процесс поэтапного установления приоритетов.

### Принцип идентичности и декомпозиции

Принцип идентичности и декомпозиции предусматривает структурирование проблем в виде иерархии или сети, что является первым этапом применения МАИ. В наиболее элементарном виде иерархия строится с вершины (целей — с точки зрения управления), через промежуточные уровни (критерии, от которых зависят последующие уровни) к самому низкому уровню (который обычно является перечнем альтернатив).

Существует несколько видов иерархий. Мы сконцентрируем внимание на доминантных иерархиях, хотя теория, описанная ниже, распространяется и на другие иерархические формы.

Иерархия считается полной, если каждый элемент заданного уровня функционирует как критерий для всех элементов нижестоящего уровня (см. рис. 1.3). В противном случае иерархия — неполная. Нетрудно понять процесс определения весов в случае неполной иерархии, так как используются приоритеты соответствующего элемента, по отношению к которому производится оценка, т. е. иерархия может быть разделена на подиерархии, имеющие общий самый верхний элемент.

**Пример.** На предприятии необходимо выбрать способ нарезания резьбы в технологическом процессе (выделено окружностями на рис.1.1.).

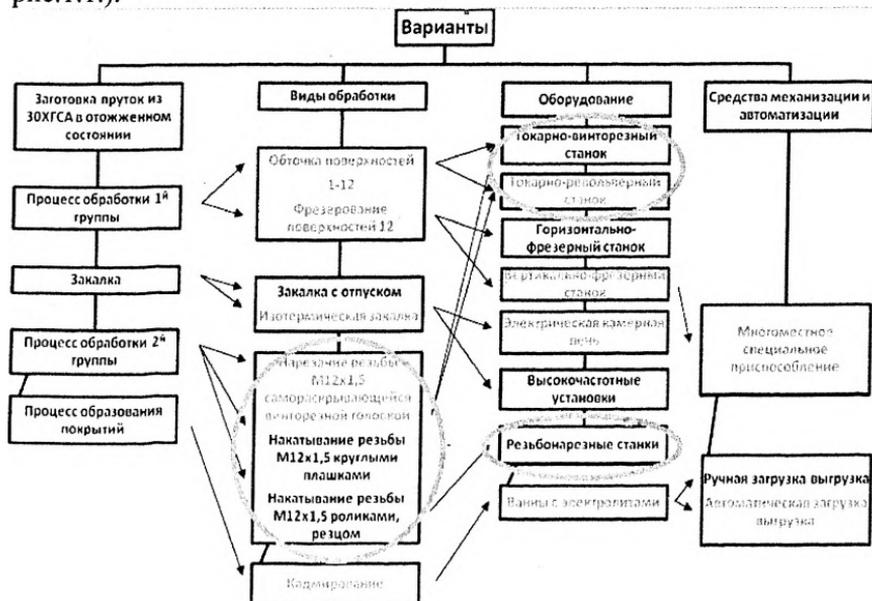


Рис. 1.1. Технологический процесс



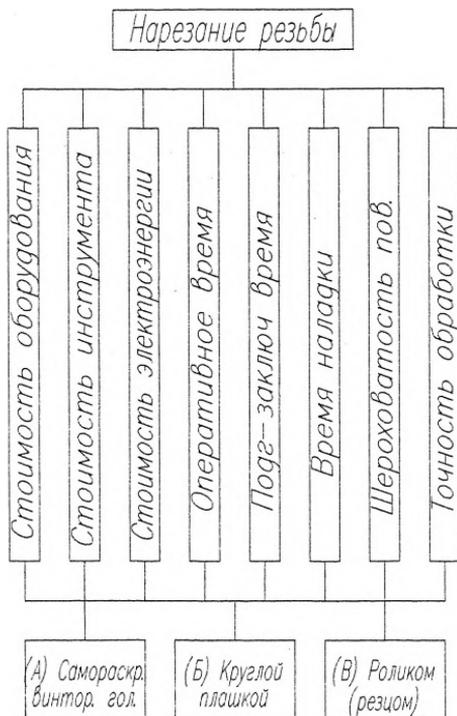


Рис. 1.3. Декомпозиция задачи в иерархию

Такая форма нисходящей декомпозиции может быть легко использована для задач широкого класса. К тому же несложная модификация с включением петель обратной связи охватит еще более широкий класс задач.

Закон иерархической непрерывности требует, чтобы элементы нижнего уровня иерархии были сравнимы попарно по отношению к элементам следующего уровня и т. д. вплоть до вершины иерархии.

#### Принцип дискриминации и сравнительных суждений

После иерархического или сетевого воспроизведения проблемы возникает вопрос: как установить приоритеты критериев и оценить каждую из альтернатив по критериям, выявив самую важную из них.

##### А. Парные сравнения

В МАИ элементы задачи сравниваются попарно по отношению к их воздействию («весу» или «интенсивности») на общую для них характеристику. Сравнивая друг с другом набор составляющих проблему элементов, получаем следующую квадратную матрицу:

$$\left( \begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{array} \right) \text{Скобки, в которые заключена матрица}$$

размерностью  $4 \times 4$  используются для обозначения стандартной формы матрицы. Очевидно, что эта матрица имеет свойства обратной

симметричности, т. е.  $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$ , где индексы  $i$  и  $j$  относятся к строке и

столбцу соответственно. Позже будет объяснена важность появления обратных чисел.

В нашем примере потребуется девять матриц, одна для второго уровня иерархии и восемь — для третьего уровня. Эти матрицы представлены в таблице 2.1. Отметим, что клетки этих матриц не заполнены; они оставлены для оценок или суждений об относительной важности сравниваемых отдельных предметов по отношению к цели, или критерию, обозначенному сверху.

#### Б. Потребность в шкале сравнения

Имеются ситуации, когда **основная** шкала задачи существует, и суждения в этом случае выражаются как отношения на ней. Например, если сравниваются относительные веса камней и имеются камни А весом  $W_a$  к Б весом  $W_b$ , то в качестве отношения камня А к камню Б в матрицу вводится отношение  $W_a/W_b$ . Обратная величина —  $W_b/W_a$  вводится в матрицу в качестве отношения камня Б к камню А.

Допустим, что не существует шкалы, по которой сравниваются относительные веса камней. Мы, возможно, взяли бы два камня в руки, один — в левую, а другой — в правую, и попытались бы оценить «на глазок» их относительные веса. На основе таких «экспериментов» мы бы не смогли утверждать, что камень А точно на три фунта тяжелее камня Б, однако смогли бы сказать, что камень А «слегка тяжелее», «намного тяжелее» и т. д.

#### В. Рекомендуемая шкала относительной важности

Для проведения субъективных парных сравнений разработана шкала, описанная в таблице 2.2.

По соглашению сравнивается относительная важность левых элементов матрицы с элементами сверху. Поэтому если элемент слева важнее, чем элемент сверху, то в клетку заносится положительное целое (от 1 до 9); в противном случае — обратное число (дробь). Относительная важность любого элемента, сравниваемого с самим собой, равна 1; поэтому диагональ матрицы (элементы от левого

верхнего угла до нижнего правого) содержит только единицы. Наконец, обратными величинами заполняют симметричные клетки т. е. если элемент А воспринимается как «слегка более важный» (3 на шкале) относительно элемента Б, то считаем, что элемент Б «слегка менее важен» (1/3 на шкале) относительно элемента А.

Стоимость оборудования	А	Б	В	Стоимость инструмента	А	Б	В
А				А			
Б				Б			
В				В			
Стоимость электроэнергии	А	Б	В	Оперативное время	А	Б	В
А				А			
Б				Б			
В				В			
Подгот.- заключ. время	А	Б	В	Время наладки	А	Б	В
А				А			
Б				Б			
В				В			

Шероховатость пов.	А	Б	В	Точность обработки	А	Б	В
А				А			
Б				Б			
В				В			

Таблица 2.1

### Шкала относительной важности

Интенсивность относительной важности	Определение	Объяснения
1	Равная важность	Равный вклад двух видов деятельности в цель
3	Умеренное превосходство одного над другим	Опыт и суждения дают легкое превосходство одному виду деятельности над другим
5	Существенное или сильное превосходство	Опыт и суждения дают сильное превосходство одному виду деятельности над другим
7	Значительное превосходство	Одному виду деятельности дается настолько сильное превосходство, что оно становится практически значительным
9	Очень сильное превосходство	Очевидность превосходства одного вида деятельности над другим подтверждается наиболее сильно

2, 4, 6, 8	Промежуточные решения между двумя соседними суждениями	Применяются в компромиссном случае
Обратные величины приведены выше чисел	Если при сравнении одного вида деятельности с другим получено одно из вышеуказанных чисел (например 3), то при сравнении второго вида деятельности с первым получим обратную величину (т.е. 1/3)	

Таблица 2.2

### Использование специальной программы mpriority 1.0 для рассмотренного примера №1

*Первый шаг* состоит в декомпозиции и представлении задачи в иерархической форме. Для этого создаем новый проект и указываем исходные данные (Рис. 2.1.).

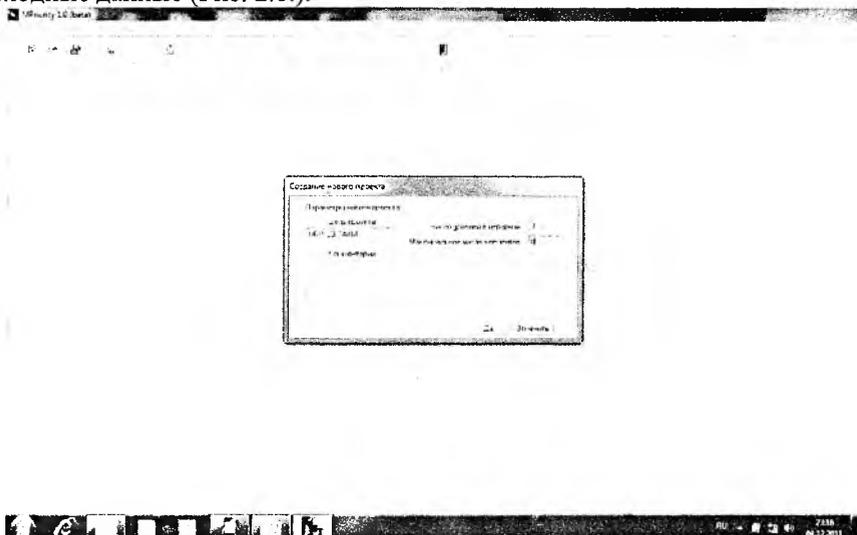


Рис. 2.1. Создание проекта

Редактируем полученную иерархию в соответствии с выбранными критериями и вариантами (Рис.2.2).



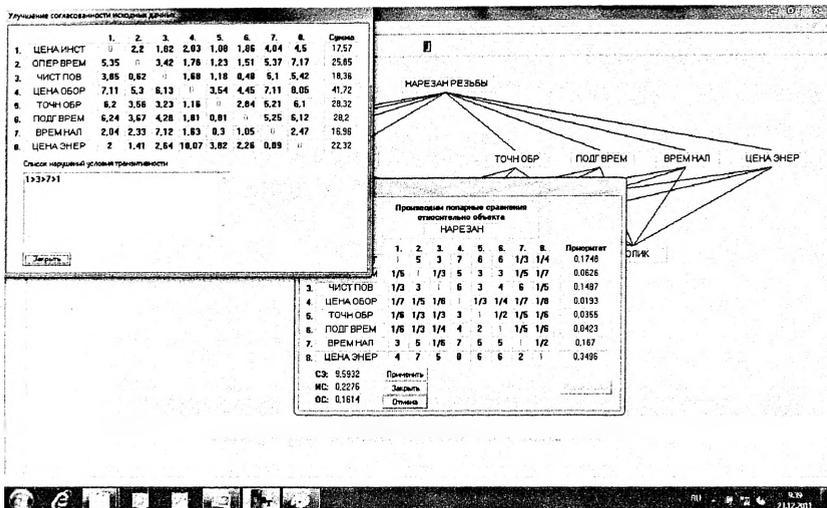


Рис. 2.4. Проверка согласованности исходных данных

Вывод результатов. На левой панели инструментов нажимаем кнопку «показать результаты» (Рис. 2.5.).

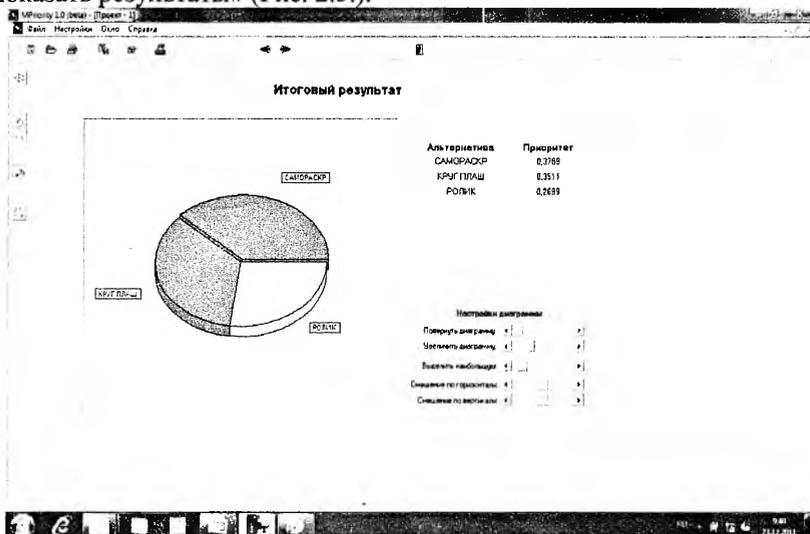


Рис. 2.5. Вывод результатов

Анализ вычислений. Результат программы показал, что, учитывая все критерии, для нарезания резьбы целесообразнее использовать «самораскрывающуюся головку».

## **Выводы**

- МАИ охватывает одинаково как факторы, по которым возможно проведение определенных измерений, так и неосязаемые факторы, по которым требуются суждения.
- МАИ повышает качество принимаемых решений, учитывая большинство параметров поставленной задачи.
- МАИ значительно сокращает время, расходуемое на принятие сложных решений, имеющих большое количество альтернатив.
- МАИ имеет широкий спектр применения, в том числе на производстве, что демонстрирует данная работа.
- С внедрением МАИ предполагается значительный рост эффективности производства.

Лишенко Д.С., Подкидышева Е.В., Леонов В.А., Маркин Н.Н.  
*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

## **Исследование устойчивости и управляемости пространственного движения маневренного самолёта методами качественной теории дифференциальных уравнений**

Одной из основных задач разработки систем управления современного маневренного самолета является обеспечение требуемых характеристик устойчивости и управляемости самолета в пространственном движении. Сложность решения этой задачи состоит в том, что при выполнении пространственных маневров проявляются различного рода взаимодействия продольного и бокового движений: аэродинамическое, кинематическое, инерционное и гироскопическое.

Традиционные методы исследования, основанные на теории линейных преобразований, здесь становятся неприемлемыми, и возникает необходимость использования полной системы нелинейных дифференциальных уравнений пространственного движения.

Методы аналитического решения таких уравнений не известны, поэтому используется метод качественной теории дифференциальных уравнений. Динамика движения самолета определяется путем анализа фазовых траекторий и исследованием движений в окрестностях особых точек (движения «в малом») и вдали от них (движения «в большом»).

Анализ устойчивости проводится первым методом Ляпунова для линеаризованной системы с замороженными коэффициентами.

Для получения качественной картины движения, достаточно знать топологическую структуру фазового пространства: координаты и типы особых точек, положение сепаратрисных поверхностей. При вариации параметров системы нелинейных дифференциальных уравнений

пространственного движения топологическая структура фазового пространства может оставаться неизменной, либо меняться. Параметры, при которых изменяется структура фазового пространства, являются бифуркационными параметрами. Основным типом бифуркации является изменение количества и типа особых точек. Исследование проводится при заданной скорости и высоте полета для современного маневренного самолета. Анализ пространственного движения проводится на малых углах атаки при быстрых вращениях по крену. Рассматривается случай одновременного управления элеронами и стабилизатором.

Вращение самолёта относительно продольной оси приводит к двум основным эффектам. Во-первых, благодаря инерционному взаимодействию эффективная степень статической устойчивости самолёта снижается, что приводит к усилению реакции самолёта по углу атаки на отклонение стабилизатора. Во-вторых, из-за появления при вращении гироскопических моментов при отклонении стабилизатора происходит развитие угла скольжения самолёта. На эти основные эффекты накладывается дополнительное влияние изменения угловой скорости крена, обусловленное поперечной устойчивостью самолёта и изменением углов атаки и скольжения.

Такое обилие различных физических факторов приводит к тому, что характеристики движения могут существенно различаться в зависимости от параметров самолёта и величин отклонений органов управления.

Для маневренного самолета ставятся задачи исследования пространственного движения самолёта при быстром движении по крену в целях определения следующих характеристик:

- Критических угловых скоростей крена, при которых самолёт начинает терять устойчивость;
- Построение диаграммы бифуркации точек покоя системы дифференциальных уравнений, описывающих пространственное движение самолёта. За бифуркационный параметр принимается угловая скорость крена  $\omega_{\chi}$ ;
- Качественного анализа устойчивости движения в этих точках;
- Качественного анализа фазовых траекторий движения при определённом отклонении элеронов.
- Качественного анализа режимов кажущейся потери эффективности поперечного управления, инерционного вращения.

### Математическая модель движения самолёта.

Движение самолёта как твёрдого тела описывается векторными уравнениями движения центра масс и относительно центра масс:

$$\frac{d\vec{Q}}{dt} = \vec{F}; \quad (1.1)$$

$$\frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{M}. \quad (1.2)$$

Для исследования устойчивости и управляемости уравнения сил проектируются на оси траекторной скоростной системы координат, а уравнения моментов на оси связанной системы координат. В уравнениях пренебрегаем кривизной и суточным вращением Земли, а также слагаемыми от гироскопических сил. К полученной системе добавляются кинематические уравнения и уравнения для координат центра масс.

Для удобства исследования вводятся следующие допущения: траекторные параметры меняются медленно

$$\dot{H} \approx 0; \dot{V} \approx 0;$$

влиянием силы тяжести на углы атаки и скольжения можно  $\cos \theta \cos \gamma_a \approx 0; \cos \theta \sin \gamma_a \approx 0;$

влиянием силы тяги и момента от силы тяги можно пренебречь

$$P_x = P_y = P_z = M_{P_x} = M_{P_y} = M_{P_z} \approx 0;$$

углы атаки и скольжения невелики  $\alpha < 10^\circ \div 15^\circ$  и справедливы допущения:

$$\sin \alpha \approx \alpha, \quad \cos \alpha = \cos \beta \approx 1,$$

$$\omega_\gamma \cdot \alpha \approx 0$$

При этом математическая модель движения принимает вид [Л]:

$$\dot{\alpha} = \omega_z - \beta \omega_x - \bar{Y}_a^\alpha \alpha;$$

$$\dot{\beta} = \omega_x \alpha + \omega_\gamma + \bar{Z}_a^\beta \beta;$$

$$\dot{\omega}_x = \bar{M}_x^\beta(\alpha) \beta + \bar{M}_x^{\omega_\gamma}(\alpha) \omega_\gamma + \bar{M}_x^{\omega_x}(\alpha) \omega_x + \bar{M}_x^{\delta_3}(\alpha) \delta_3 + \bar{M}_x^{\delta_n}(\alpha) \delta_n - C \omega_\gamma \omega_z;$$

$$\dot{\omega}_\gamma = \bar{M}_y^\beta(\alpha) \beta + \bar{M}_y^{\omega_\gamma}(\alpha) \omega_\gamma + \bar{M}_y^{\omega_x}(\alpha) \omega_x + \bar{M}_y^{\delta_3}(\alpha) \delta_3 + \bar{M}_y^{\delta_n}(\alpha) \delta_n + B \omega_x \omega_z;$$

$$\dot{\omega}_z = \bar{M}_z^\alpha(\alpha) \alpha + \bar{M}_z^{\omega_z}(\alpha) \omega_z + \bar{M}_z^\alpha(\alpha) \dot{\alpha} + \bar{M}_z^\varphi(\alpha) \varphi - D \omega_x \omega_\gamma,$$

(1.3)

где

$\alpha, \beta$  - углы атаки и скольжения,

$\omega_X, \omega_Y, \omega_Z$  - угловые скорости крена, рысканья и тангажа,

$\bar{M}_x, \bar{M}_y, \bar{M}_z$  - производные аэродинамических моментов по

углам скольжения и атаки, отнесенные к соответствующему моменту инерции самолета;

$\bar{M}_x^{\delta_H}, \bar{M}_x^{\delta_3}, \bar{M}_y^{\delta_H}, \bar{M}_y^{\delta_3}, \bar{M}_z^{\varphi}$  - производные аэродинамических

моментов по углам отклонения руля направления, элеронов и углу поворота стабилизатора, отнесенные к соответствующему моменту инерции самолета;

$\bar{M}_x^{\omega_x}, \bar{M}_x^{\omega_y}, \bar{M}_y^{\omega_x}, \bar{M}_y^{\omega_y}, \bar{M}_z^{\omega_z}$  - производные аэродинамических

моментов по угловым скоростям, отнесенные к соответствующему моменту инерции самолета;

$B = \frac{I_Z - I_X}{I_Y}, C = \frac{I_Z - I_Y}{I_X}, D = \frac{I_Y - I_X}{I_Z}$  - соотношения моментов

инерции самолета.

### Определение критических скоростей крена

Угловые скорости крена, при которых свободный член характеристического уравнения обращается в нуль (при заданных параметрах самолёта и режиме полёта), называются критическими скоростями крена. Другими словами, критические скорости крена - это угловые скорости, при которых самолёт находится на границе устойчивости.

Рассмотрим движение с постоянной угловой скоростью крена, считается  $\dot{\omega}_X = 0, \omega_{X0} = const$ . Тогда полученную математическую модель можно линеаризовать, так как  $\omega_X$  становится параметром опорного движения, и слагаемые  $B\omega_{X0}\omega_Z, D\omega_{X0}\omega_Y$  становятся линейными. Опорным движением является горизонтальный полёт с условно постоянной угловой скоростью крена.

$$\Delta \dot{\alpha} = \Delta \omega_z - \Delta \beta \omega_x - \bar{Y}_a^\alpha \Delta \alpha;$$

$$\Delta \dot{\beta} = \omega_x \Delta \alpha + \Delta \omega_y + \bar{Z}_a^\beta \Delta \beta;$$

$$\Delta \dot{\omega}_y = \bar{M}_y^\beta \Delta \beta + \bar{M}_y^{\omega_y} \Delta \omega_y + \bar{M}_y^{\omega_x} \omega_x + \bar{M}_y^{\delta_3} \Delta \delta_3 + \bar{M}_y^{\delta_H} \Delta \delta_H + B \omega_x \Delta \omega_z;$$

$$\Delta \dot{\omega}_z = \bar{M}_z^\alpha \Delta \alpha + \bar{M}_z^{\omega_z} \Delta \omega_z + \bar{M}_z^\varphi \Delta \varphi - D \omega_x \Delta \omega_y.$$

(2.1)

Пренебрегаем перекрёстными моментами  $\bar{M}_y^{\omega_x} = \bar{M}_x^{\omega_y} \approx 0$  и моментом рыскания от электронов  $\bar{M}_y^{\delta\alpha} \approx 0$ , тогда собственное возмущённое движение описывается системой

$$\begin{aligned} \Delta \dot{\alpha} &= \Delta \omega_z - \Delta \beta \omega_x - \bar{Y}_a^\alpha \Delta \alpha; \\ \Delta \dot{\beta} &= \omega_x \Delta \alpha + \Delta \omega_y + \bar{Z}_a^\beta \Delta \beta; \\ \Delta \dot{\omega}_y &= \bar{M}_y^\beta \Delta \beta + \bar{M}_y^{\omega_y} \Delta \omega_y + B \omega_x \Delta \omega_z; \\ \Delta \dot{\omega}_z &= \bar{M}_z^\alpha \Delta \alpha + \bar{M}_z^{\omega_z} \Delta \omega_z - D \omega_x \Delta \omega_y, \end{aligned} \quad (2.2)$$

или в матричной форме:

$$\dot{x} = A \cdot x,$$

где

$$x = \begin{bmatrix} \Delta \alpha \\ \Delta \beta \\ \Delta \omega_y \\ \Delta \omega_z \end{bmatrix}; \quad \dot{x} = \begin{bmatrix} \Delta \dot{\alpha} \\ \Delta \dot{\beta} \\ \Delta \dot{\omega}_y \\ \Delta \dot{\omega}_z \end{bmatrix}; \quad (2.3)$$

$$A = \begin{bmatrix} -\bar{Y}_a^\alpha & -\omega_x & 0 & 1 \\ \omega_x & \bar{Z}_a^\beta & 1 & 0 \\ 0 & \bar{M}_y^\beta & \bar{M}_y^{\omega_y} & B \cdot \omega_x \\ \bar{M}_z^\alpha & 0 & -D \cdot \omega_x & \bar{M}_z^{\omega_z} \end{bmatrix}.$$

Коэффициенты уравнений в опорном движении:

$$\begin{aligned} \bar{Y}_a^\alpha &= \frac{C_{Y_a}^\alpha qS}{mV}; & \bar{Z}_a^\beta &= \frac{C_{Z_a}^\beta qS}{mV}; & \bar{M}_z^\alpha &= \frac{m_z^\alpha qS b_A}{I_z}; \\ \bar{M}_z^{\omega_z} &= \frac{m_z^{\omega_z} qS b_A}{I_z} \cdot \frac{b_A}{V}; \\ \bar{M}_y^\beta &= \frac{m_y^\beta qSl}{I_y}; & \bar{M}_y^{\omega_y} &= \frac{m_y^{\omega_y} qSl}{I_y} \cdot \frac{l}{2V}; & B &= \frac{I_z - I_x}{I_y}; \\ D &= \frac{I_y - I_x}{I_z}. \end{aligned} \quad (2.4)$$

Характеристический многочлен для системы четвертого порядка на границе устойчивости примет вид:

$$|A - \lambda E| = 0; \quad (2.5)$$

$$+ a_3 \lambda^3 + a_2 \lambda^2 + a_1 \lambda + a_0 = 0.$$

По критерию Рауса-Гурвица для того чтобы система имела колебательную устойчивость требуется выполнение условия:

$$\det(R) = \begin{vmatrix} a_3 & 1 & 0 \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ 0 & a_0 & a_1 \end{vmatrix} > 0 \Rightarrow a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1 > 0; \quad (2.6)$$

а для аperiodической устойчивости необходимо выполнение неравенства  $a_0 > 0$ . Для исследуемой системы уравнений выражение

для свободного члена  $a_0$  будет иметь вид:

$$a_0(\omega_x) = (\omega_k^2 - D\omega_x^2)(\omega_6^2 - B\omega_x^2) + \tilde{M}_z^{\omega_x} \tilde{M}_y^{\omega_x} \omega_x^2 > 0 \quad (2.7)$$

Из условия равенства нулю свободного члена характеристического уравнения четвёртой степени определяется выражение для расчета критических скоростей крена:

$$\omega_\alpha = \sqrt{\frac{\omega_k^2}{D}}, \quad \omega_\beta = \sqrt{\frac{\omega_6^2}{B}}. \quad (2.8)$$

Например, в результате расчёта критических скоростей крена для одного из режимов полета, получаем:

$$1) \omega_\alpha = \sqrt{\frac{55.98}{1.02}} = 7.47 \text{ рад/с.} - \text{критическая угловая скорость}$$

крена, при которой наступает потеря устойчивости по углу атаки.

$$2) \omega_\beta = \sqrt{\frac{95.103}{0.602}} = 12.569 \text{ рад/с.} - \text{критическая угловая скорость}$$

крена, при которой наступает потеря устойчивости по углу скольжения.

### Расчёт и построение диаграмм бифуркации

При одновременном управлении элеронами и стабилизатором принимаются допущения:

$$\bar{M}_x^{\omega_y} = \bar{M}_y^{\omega_x} = C\omega_y\omega_x \approx 0; \quad \bar{M}_y^{\delta_3} = 0. \quad (3.1)$$

Уравнения для особых точек (точек «покоя») определяются соотношениями:

1.  $\omega_z - \beta \omega_x - \bar{Y}_a^\alpha \alpha = 0, (\dot{\alpha} = 0); \oplus$
2.  $\omega_x \alpha + \omega_y + \bar{Z}_a^\beta \beta = 0, (\dot{\beta} = 0);$
3.  $\bar{M}_y^\beta \beta + \bar{M}_y^{\omega_y} \omega_y + B \omega_x \omega_z = 0, (\dot{\omega}_y = 0);$
4.  $\bar{M}_z^\alpha \alpha + \bar{M}_z^{\omega_z} \omega_z - D \omega_x \omega_y = -\bar{M}_z^\varphi \varphi, (\dot{\omega}_z = 0);$
5.  $\bar{M}_x^\beta \beta + \bar{M}_x^{\omega_x} \omega_x = -\bar{M}_x^{\delta_3} \delta_3, (\dot{\omega}_x = 0).$

Решение этой системы имеет вид:

$$\alpha_{cm} = \frac{\alpha_{\text{бал}} \cdot \omega_k^2 \cdot (\omega_b^2 - B \cdot \omega_x^2)}{\Delta(\omega_x)};$$

$$\beta_{cm} = -\frac{\alpha_{\text{бал}} \cdot \omega_k^2 \cdot \bar{M}_y^{\omega_y}}{\Delta(\omega_x)} \cdot \omega_x;$$

$$\bar{M}_{x \text{ упр}} = \bar{M}_x^{\delta_3} \delta_3 = \left( \frac{\bar{M}_x^\beta \cdot \bar{M}_y^{\omega_y} \cdot \alpha_{\text{бал}} \cdot \omega_k^2}{\Delta(\omega_x)} - \bar{M}_x^{\omega_x} \right) \cdot \omega_x;$$

$$\Delta(\omega_x) = (\omega_k^2 - D \cdot \omega_x^2) \cdot (\omega_b^2 - B \cdot \omega_x^2) + \bar{M}_z^{\omega_z} \cdot \bar{M}_y^{\omega_y} \cdot \omega_x^2,$$

где:

$$\bar{M}_y^{\omega_y} = \bar{M}_y^{\omega_y} - B \cdot \bar{Y}_a^\alpha;$$

$$\bar{M}_z^{\omega_z} = \bar{M}_z^{\omega_z} + D \cdot \bar{Z}^\beta.$$

Запишем выражение для свободного члена характеристического уравнения пятого порядка:

$$\lambda^5 + B_4 \lambda^4 + B_3 \lambda^3 + B_2 \lambda^2 + B_1 \lambda + B_0 = 0;$$

$$B_0 = a_0 \frac{d\bar{M}_{x \text{ упр}}}{d\omega_x}.$$

По критерию Рауса – Гурвица условием существования особой точки типа седло (наличие по крайней мере одного положительного действительного корня) является отрицательное значение свободного члена  $B_0 < 0$  или

$$\frac{d\bar{M}_{x \text{ упр}}}{d\omega_x} > 0, \text{ при } \Delta(\omega_x) < 0;$$

$$\frac{d\bar{M}_{x \text{ упр}}}{d\omega_x} < 0, \text{ при } \Delta(\omega_x) > 0.$$

Диаграммы бифуркаций представлены на рисунках 3.1 и 3.2.

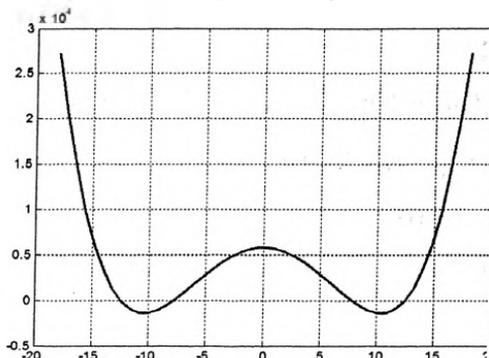


Рис. 3.1. График зависимости

$$a_0 = f(\omega_x).$$

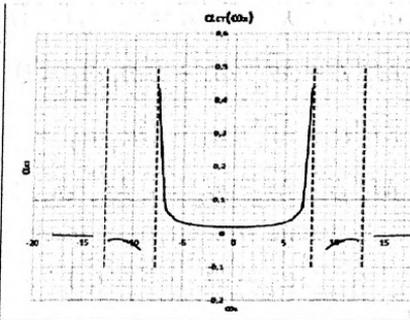


Рис. 3.2 График

зависимости  $\alpha_{CT} = f(\omega_x)$ .

### Построение изоклин, сепаратрис, фазовых траекторий.

Построение качественной картины фазовых траекторий производится в плоскости переменных  $(\omega_x, \beta)$ .

При построении фазовых траекторий дополнительную информацию дают изоклинные поверхности (линии). В нашем случае линиями изоклин являются  $\beta_{cm}(\omega_x)$ , так как проходящие через них фазовые траектории имеют касательные, параллельные оси  $O\bar{\omega}_x$ .

Для построения изоклин воспользуемся следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} \dot{\beta} &= \bar{Z}_a^\beta \beta + \omega_x \alpha + \omega_y, \\ \dot{\omega}_x &= \bar{M}_x^\beta \beta + \bar{M}_x^{\omega_x} \omega_x + \bar{M}_{x_{упр}}. \end{aligned} \quad (4.1)$$

Подставив во второе уравнение значения  $\beta_{CT}$  и соответствующие значения  $\omega_x$ , можно определить знак производной  $\dot{\omega}_x$ .

Решив второе уравнение относительно  $\beta$  при  $\dot{\omega}_x = 0$  получим уравнение для построения изоклины, на которой угловая скорость крена  $\omega_x$  постоянна.

$$\beta = \frac{-\bar{M}_x^{\delta_3} \delta_3 - \bar{M}_x^{\omega_x} \omega_x}{\bar{M}_x^\beta}. \quad (4.2)$$

Подставляя значения координат точек на полученной прямой в первое уравнение, определим знаки производной  $\dot{\beta}$ .

Наклон фазовой траектории на плоскости  $(\beta, \omega_x)$  можно определить как

$$\frac{d\beta}{d\omega_x} = \frac{d\beta}{dt} \cdot \frac{dt}{d\omega_x} = \frac{\dot{\beta}}{\dot{\omega}_x} = \frac{\bar{Z}_a^\beta \beta + \omega_x \cdot \alpha + \omega_y}{\bar{M}_x^\beta \beta + \bar{M}_x^{\omega_x} \omega_x + \bar{M}_{x \text{ упр}}}, \quad (4.3)$$

где  $\bar{M}_{x \text{ упр}}$  соответствует определённому отклонению элеронов (рис 4.1), а  $\omega_y = \omega_{y \text{ см}}$  - статическое решение системы, как и  $\alpha_{\text{см}}, \beta_{\text{см}}$ .

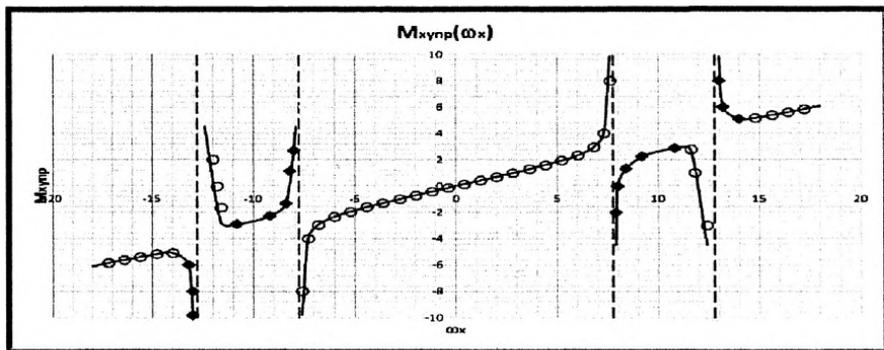


Рис. 4.1. График зависимости  $\bar{M}_{x \text{ упр}} = f(\omega_x)$

Угловую скорость рыскания можно принять пропорциональной углу скольжения:

$$\omega_y = -\frac{\bar{M}_y^\beta}{\bar{M}_y^{\omega_y}} \beta. \quad (4.4)$$

Характерным для движения в окрестности особых точек типа седло является тот факт, что почти все фазовые траектории приближаются на некоторое минимальное расстояние к особой точке, но не достигают её, т.е. все интегральные кривые являются седловыми. Исключение составляют фазовые траектории, лежащие на некоторых особых поверхностях, которые могут либо «входить» в особую точку, либо «выходить» из неё. Особые поверхности, которые пересекаются в седловой точке, имеют большое значение при анализе фазового пространства решений. Это обусловлено тем, что при наличии нескольких устойчивых особых точек, такие поверхности часто разграничивают области их притяжения, т.е. области, из которых

фазовые траектории стремятся к соответствующим особым точкам. Такие поверхности называются сепаратрисными.

Сепаратрисные поверхности, проходящие через две седловые точки, разделяют область фазовых координат на три подобласти, в каждой из которых имеется своя устойчивая особая точка типа фокус, являющаяся точкой «притяжения» фазовых траекторий. Для более полного исследования картины фазовых траекторий проведём анализ качественного поведения фазовых траекторий для одного из положений начальных условий.

Для этого, в области ограниченной сепаратрисной линией, где имеется устойчивый узел или фокус возьмём произвольную точку. Пусть это точка  $A(\beta_0; \omega_x)$  в первой четверти  $\beta_{CT}(\omega_x)$  с координатами  $[0,02;2]$ .

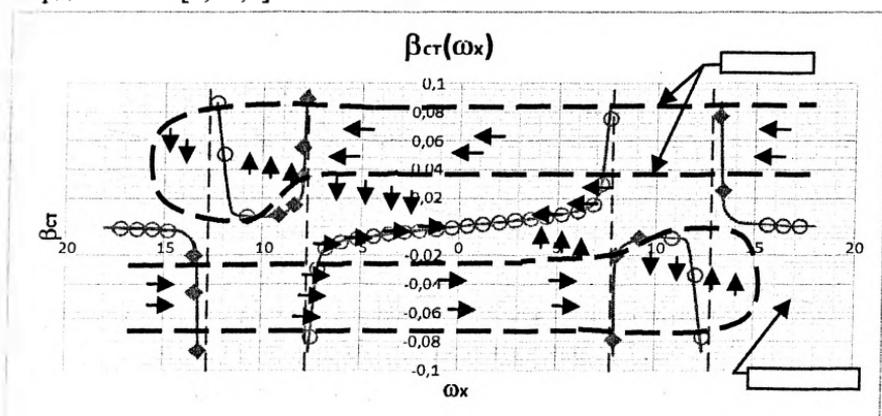


Рис. 4.2. Анализ качественного поведения фазовых траекторий.

◆ - седловая точка, ○ - фокус

Следует заметить, что точное решение получить на основе графического изображения диаграмм бифуркации затруднительно. Однако, качественное поведение оценить можно, не решая соответствующие системы дифференциальных уравнений. Причём, это можно проделать достаточно быстро для любой из точек фазового пространства, не интегрируя дифференциальные уравнения.

### Выводы

Было проведено исследование устойчивости и управляемости движения самолёта при одновременном управлении элеронами и стабилизатором на основе качественного анализа траекторий движения.

Анализируя полученные диаграммы бифуркации, можно сделать следующие выводы:

Самолет имеет две критические скорости крена, причём выбранный самолёт сначала теряет устойчивость по углу атаки, а затем по углу скольжения;

Из характера изменения  $\overline{M}_{хуп} = f(\omega_x)$  видно, что при относительно малых отклонениях элеронов движение самолёта характеризуется одним состоянием установившегося движения, т.е. имеется единственная особая точка. При отклонении элеронов, большем некоторого бифуркационного значения, движение усложняется, так как в фазовом пространстве появляются седловые точки.

При увеличении угловой скорости крена с  $\omega_x \approx 7,1 \text{ рад/с}$  и до  $\omega_x = \omega_\alpha = 7,47 \text{ рад/с}$  наблюдается кажущаяся потеря эффективности элеронов, что объясняется одновременным влиянием на динамику самолёта поперечной устойчивости и инерционных перекрёстных связей. Такое влияние можно объяснить с помощью следующих рассуждений: благодаря инерционному взаимодействию продольного и бокового движений, эффективная степень статической устойчивости самолёта при движении с угловой скоростью  $\omega_x$  как бы уменьшается, вследствие чего создаются условия для развития угла скольжения. В свою очередь, развитие угла скольжения благодаря наличию поперечной устойчивости приводит к появлению момента крена, который изменяет величину угловой скорости крена, причём, когда ось самолёта в начале манёвра находится над вектором скорости, такое влияние проявляется в торможении вращения самолёта. Особенно сильно кажущаяся потеря эффективности элеронов проявляется при соотношении критических скоростей крена, когда  $\omega_\beta > \omega_\alpha$ , что и имеет место в нашем случае. Это связано с тем обстоятельством, что при таком соотношении критических скоростей самолёт имеет меньшую устойчивость по рысканию и при манёвре крена легко выходит на большие углы скольжения;

На диаграмме  $\overline{M}_{хуп} = f(\omega_x)$  мы наблюдаем ветвь режимов инерционного вращения, при котором наступает обратная реакция на управление по рулю высоты. Вращение в этом случае поддерживается благодаря действию момента поперечной устойчивости, который при больших углах атаки и скольжения уравнивает момент демпфирования. Режим самовращения на таких скоростях крена является устойчивым и вывод из этого режима является затруднительным, так как происходит полная потеря поперечной управляемости, когда не удаётся остановить вращение по крену путём приведения элеронов в нейтральное положение.

При угловых скоростях крена от  $\omega_x \approx 8 \text{ рад/с}$  до  $\omega_x \approx 11,2 \text{ рад/с}$  и от  $\omega_x \approx 13,1 \text{ рад/с}$  до  $\omega_x \approx 14,5 \text{ рад/с}$  наблюдается «подхват» – самопроизвольное увеличение угла атаки.

#### Библиографический список

Леонов В.А. Критерии асимптотической устойчивости на основе моделей пространственного движения летательных аппаратов (второй метод Ляпунова). — М.: МАИ-ПРИНТ, 2008, —172 с.

Батурин Д.А., Чумадин А.С.

*«МАТИ»- Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского*

#### Обзор методов изготовления деталей с наклонным и криволинейным фланцем

Конструкции летательных аппаратов часто содержат детали типа тел вращения с фланцем, расположенным под углом к оси и служащим для соединения различных элементов конструкции. Фланец деталей данного типа может быть как плоским (рис. 1, а-в), так и криволинейным (рис. 1, г-д), с выходом на контур ответной детали или теоретический обвод изделия. В своей основной массе, детали данного типа относятся к корпусным деталям, или к элементам гидрогазовых систем.

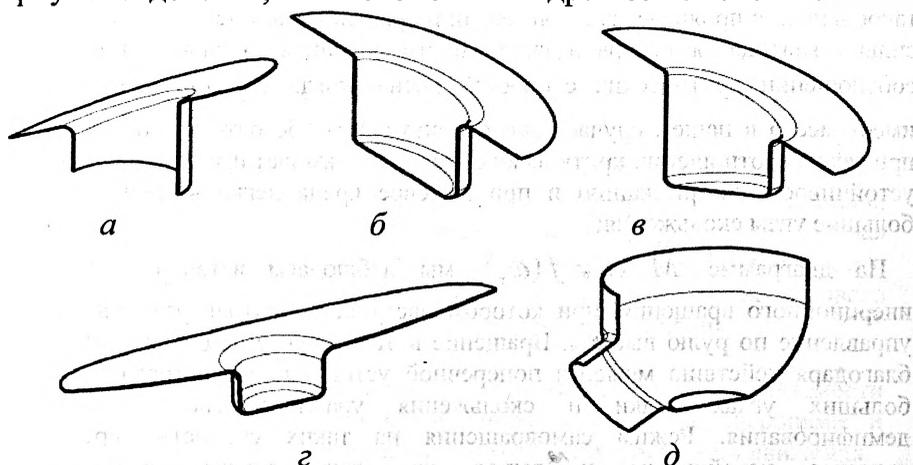


Рис. 1. Типовые детали с наклонным и криволинейным фланцем

Анализ конструкции деталей показал следующее:

- все рассмотренные детали относятся к тонкостенным с относительной толщиной  $t/D=0,01-0,2$ ;
- диаметр цилиндрической части находится в диапазоне от 10 до 60 мм;
- угол наклона фланца находится в пределах от 5 до 60 градусов;
- отношение диаметра фланца к диаметру цилиндрической части детали лежит в пределах от 1,5 до 2,5;
- радиус теоретического обвода встречается от 50 до 2500 мм.

Анализ деталей летательных аппаратов с наклонным и криволинейным фланцем показал, что основными марками сплавов при их изготовлении являются АМг6М, Д16Т, В95, 30ХГСА, 12Х18Н9Т.

Изготавливаются они различными методами: сваркой трубы с фланцем (рис. 2, а), механической обработкой из поковки (рис. 2, б), последовательной вытяжкой из листа и механической обработкой, из листоштампованной заготовки (рис. 2, в) и др. Все перечисленные методы имеют свои недостатки, влияющие на технологичность процессов и эксплуатационные характеристики переходников.

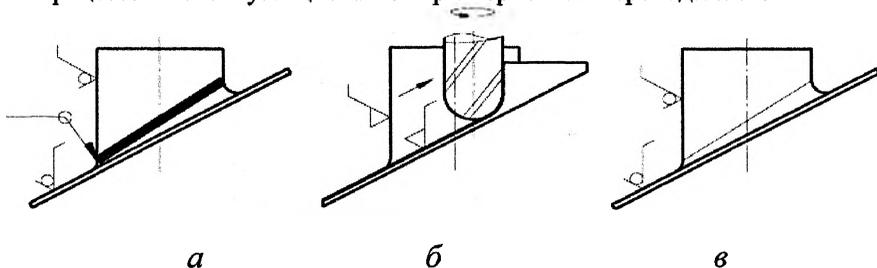


Рис. 2. Методы изготовления деталей с наклонным фланцем

В данной статье рассмотрен обзор методов изготовления цельноштампованных переходников, основанный на исследовании статей и патентов отечественных авторов, занимавшихся процессами изготовления деталей данного типа методами листовой штамповки.

На рис. 3 показана последовательность штамповки переходника с нагревом штампов до  $420^\circ$  [1-3]. На первом переходе штамповки производится неравномерная раздача заготовки в направлении, перпендикулярном плоскости наклона фланца к оси детали (рис. 3,б). На втором переходе фланец раздают до получения плоской поверхности с окончательной калибровкой ее между плоскими бойками (рис. 3,в).

Раздача фланца производилась так, чтобы при окончательной раздаче и калибровке на втором переходе степень деформации по всей кромке была равномерной. Это способствовало качественной завершающей калибровке фланца между плоскими бойками.

При угловых скоростях крена от  $\omega_x \approx 8 \text{ рад/с}$  до  $\omega_x \approx 11,2 \text{ рад/с}$  и от  $\omega_x \approx 13,1 \text{ рад/с}$  до  $\omega_x \approx 14,5 \text{ рад/с}$  наблюдается «подхват» – самопроизвольное увеличение угла атаки.

#### Библиографический список

Леонов В.А. Критерии асимптотической устойчивости на основе моделей пространственного движения летательных аппаратов (второй метод Ляпунова). — М.: МАИ-ПРИНТ, 2008, —172 с.

Батурин Д.А., Чумадин А.С.

*«МАТИ»- Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского*

#### Обзор методов изготовления деталей с наклонным и криволинейным фланцем

Конструкции летательных аппаратов часто содержат детали типа тел вращения с фланцем, расположенным под углом к оси и служащим для соединения различных элементов конструкции. Фланец деталей данного типа может быть как плоским (рис. 1, а-в), так и криволинейным (рис. 1, г-д), с выходом на контур ответной детали или теоретический обвод изделия. В своей основной массе, детали данного типа относятся к корпусным деталям, или к элементам гидрогазовых систем.

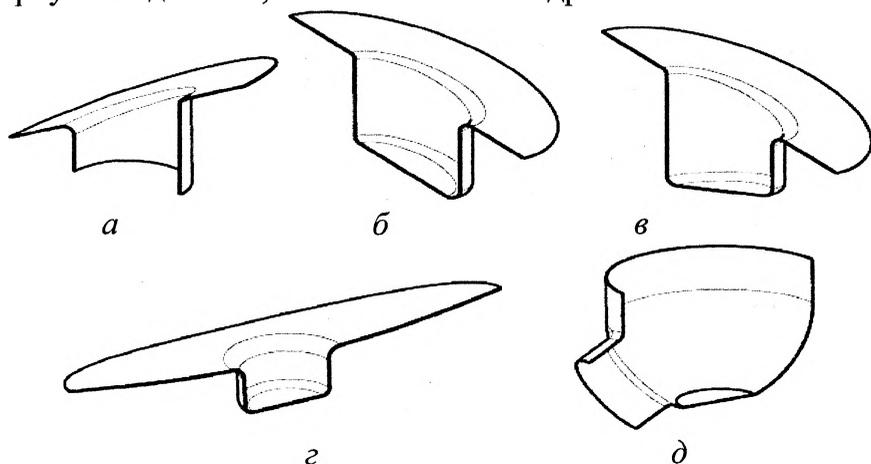


Рис. 1. Типовые детали с наклонным и криволинейным фланцем

Анализ конструкции деталей показал следующее:

- все рассмотренные детали относятся к тонкостенным с относительной толщиной  $t/D=0,01-0,2$ ;
- диаметр цилиндрической части находится в диапазоне от 10 до 60 мм;
- угол наклона фланца находится в пределах от 5 до 60 градусов;
- отношение диаметра фланца к диаметру цилиндрической части детали лежит в пределах от 1,5 до 2,5;
- радиус теоретического обвода встречается от 50 до 2500 мм.

Анализ деталей летательных аппаратов с наклонным и криволинейным фланцем показал, что основными марками сплавов при их изготовлении являются АМг6М, Д16Т, В95, 30ХГСА, 12Х18Н9Т.

Изготавливаются они различными методами: сваркой трубы с фланцем (рис. 2, а), механической обработкой из поковки (рис. 2, б), последовательной вытяжкой из листа и механической обработкой, из листоштампованной заготовки (рис. 2, в) и др. Все перечисленные методы имеют свои недостатки, влияющие на технологичность процессов и эксплуатационные характеристики переходников.

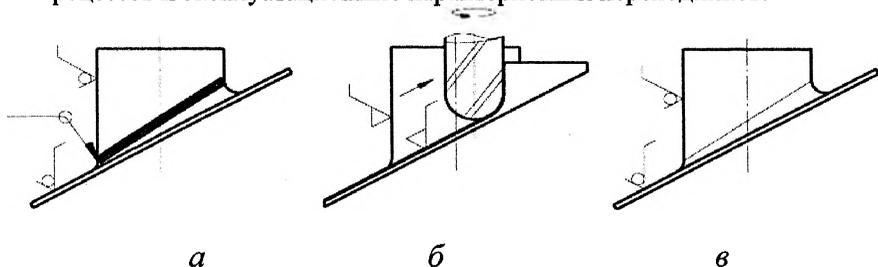


Рис. 2. Методы изготовления деталей с наклонным фланцем

В данной статье рассмотрен обзор методов изготовления цельноштампованных переходников, основанный на исследовании статей и патентов отечественных авторов, занимавшихся процессами изготовления деталей данного типа методами листовой штамповки.

На рис. 3 показана последовательность штамповки переходника с нагревом штампов до  $420^\circ$  [1-3]. На первом переходе штамповки производится неравномерная раздача заготовки в направлении, перпендикулярном плоскости наклона фланца к оси детали (рис. 3,б). На втором переходе фланец раздают до получения плоской поверхности с окончательной калибровкой ее между плоскими бойками (рис. 3,в).

Раздача фланца производилась так, чтобы при окончательной раздаче и калибровке на втором переходе степень деформации по всей кромке была равномерной. Это способствовало качественной завершающей калибровке фланца между плоскими бойками.

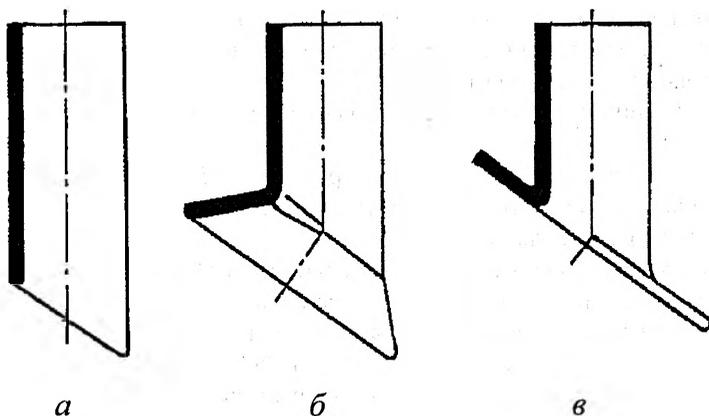


Рис. 3. Последовательность штамповки переходников с наклонными фланцами

На рис. 4 представлены схемы штампов для первого перехода штамповки с неравномерной раздачей фланца и для второго перехода - раздачи с окончательной калибровкой фланца.

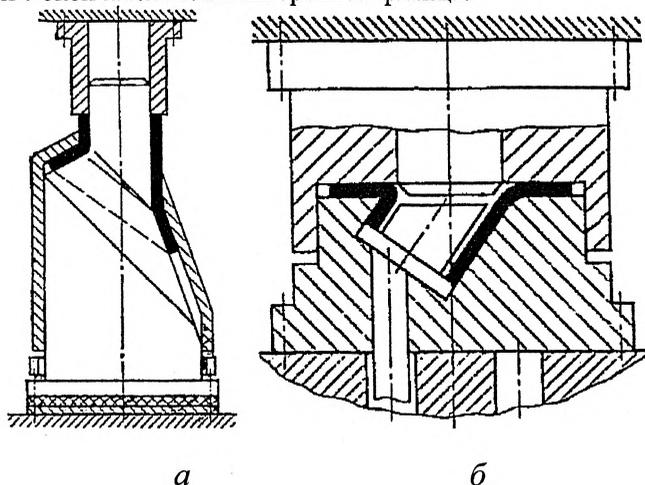


Рис. 4. Схемы штампов: а - для проведения неравномерной раздачи трубы; б - для проведения раздачи фланца с окончательной его калибровкой между плоскими бойками

Требуемый перепад температуры по сечению штампа, а от него и в детали осуществляется регулированием мощности [4, 5].

В изобретении [6] трубчатую заготовку (рис. 5) деформируют двусторонней торцевой осадкой с образованием в центральной зоне заготовки гофрообразной выпуклости, расположенной под углом, равным углу наклона фланца к оси трубчатой заготовки. Заготовку затем сплющивают осадкой на диаметр, равный диаметру фланца детали, и разделяют по периферии сплющенной части на две детали.

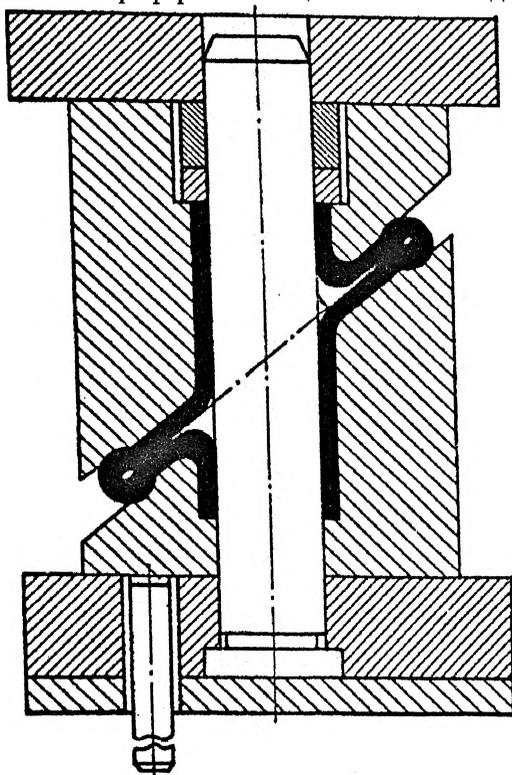


Рис. 5. Осадка трубчатой заготовки

Одним из путей решения проблемы изготовления глубоких деталей с наклонным дном является уменьшение свободной зоны в процессе формообразования. На рис. 6 показаны схемы штамповки и конструкции штампов, позволяющих уменьшить свободную зону за счет шарнирного закрепления пуансона на подвижной прижимной опоре на оси, проходящей через линию пересечения плоскости дна детали и плоскости фланца [7].

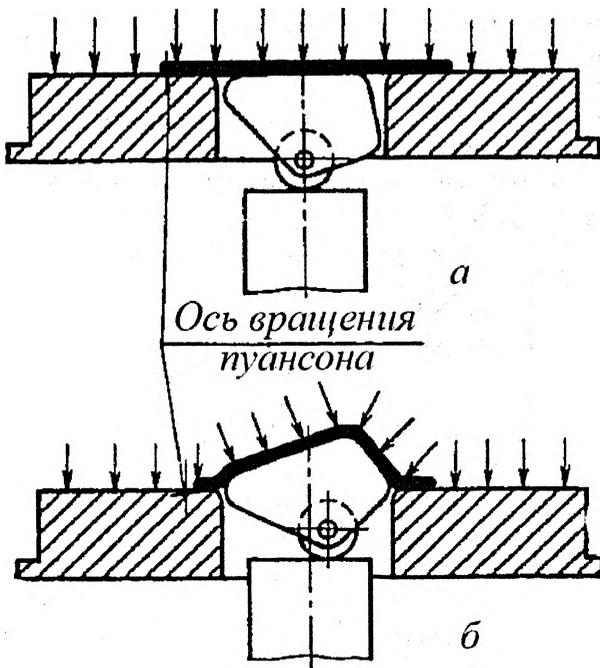


Рис. 6. Уменьшение свободной зоны при вытяжке по пуансону с подвижной прижимной опорой деталей с наклонным дном в случае шарнирного закрепления пуансона: а - начальное положение; б - конечное положение

На рис. 7 показана одна из конструкций штампа. Пуансон 2 выполнен по отношению к прижиму 1в виде поворотного сектора с выступом на опорной части, в которой установлен на оси 3опорная тележка 4с роликами 5, взаимодействующими с неподвижной опорой 6, установленной под пуансоном и закрепляемой на пуансонодержателе прессы.

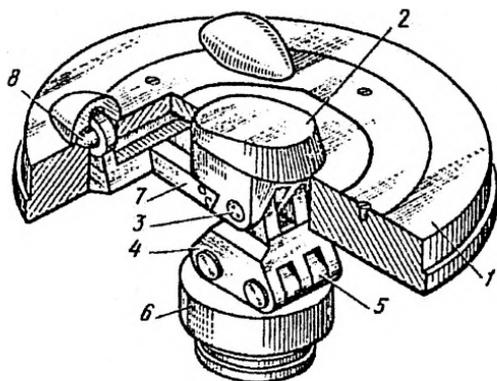


Рис. 7. Конструкция штампа с поворотным пуансоном

Пуансон закреплен на прижиме штоком 7, который взаимосвязан с шарнирами 8, размещенными в прижиме по обе стороны от заготовки.

На рис. 8 показано устройство [8], предназначенное для штамповки детали с дном и фланцем, расположенным под углом к оси вращения. Штамповка осуществляется эластичной средой 1 с противодействием жидкостью 2 от верхнего штока 3 устройства. Пуансон 4 движется одновременно в двух направлениях через шпонку 5, формируя наклон детали 6.

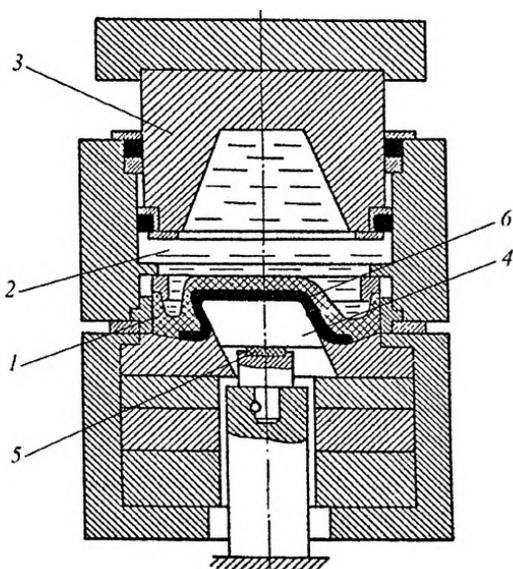


Рис. 8. Устройство для глубокой вытяжки

В работе [9] представлена технология штамповки седловин (рис. 9) из листовой стали, включающая операции гибки заготовки, вытяжки колпачка, пробивки и отбортовки отверстия в колпачке. Переходы штамповки седловины показаны на рис. 10.

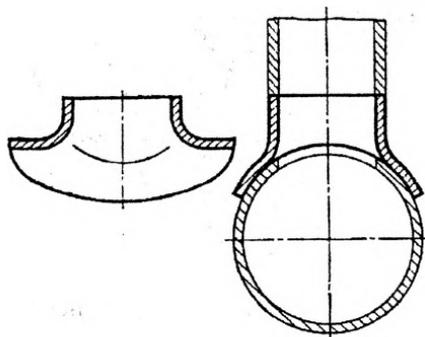


Рис. 9. Эскиз седловины

Для экспериментального исследования операций штамповки седловин изготовлен штамп со сменными рабочими деталями, предназначенный для установки на гидравлическом прессе. Конструктивная схема штампа показана на рис. 11.

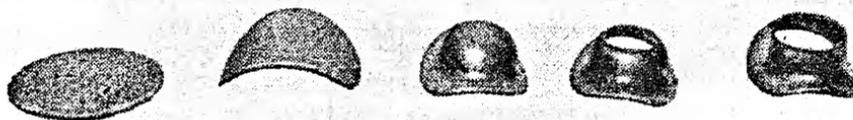


Рис. 10. Переходы штамповки седловины

Гибка заготовки (рис. 11,а), показанной пунктиром между упорами 1, осуществляется прижимом 2. Усилие гибки передается от верхней 3к промежуточной 4плите пуансонодержателем 5и двумя полукольцами 6. Длина полуколец назначается таким образом, чтобы пуансон 7 не выходил за контур сечения прижима.

Вытяжка колпачка (рис. 11,б) осуществляется пуансоном при снятых полукольцах. Глубина вытяжки регулируется величиной хода пресса.

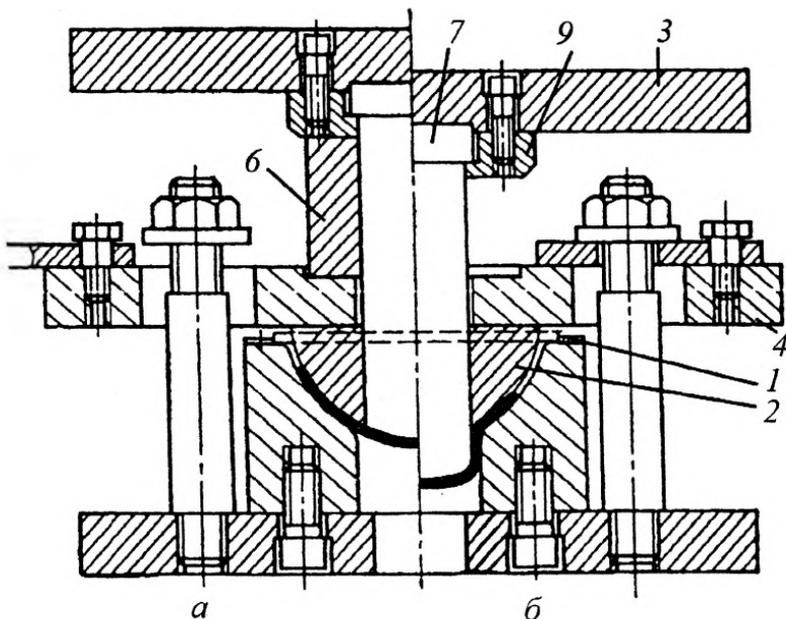


Рис. 11. Конструктивная схема штампа для седловин:  
 а — гибка; б — вытяжка

На рис. 12 показано соединение двух участков трубопровода эксцентрическим переходом.

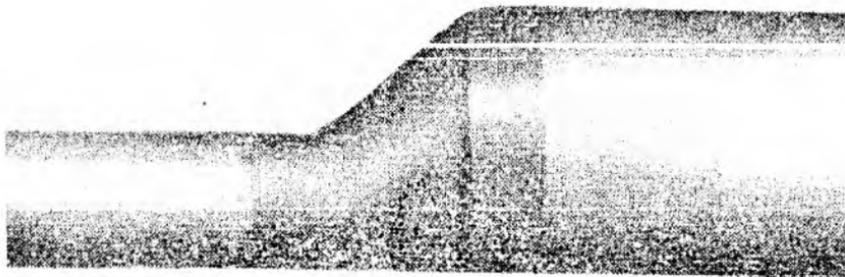


Рис. 12. Эксцентрический переход в трубопроводе

Переходники такой конструкции можно получить обжимом в эксцентрической конической матрице (рис. 13). В работе [10] рассмотрены вопросы определения деформирующего усилия при обжиме в эксцентрической матрице и возможности предельного формоизменения в зависимости от относительной толщины стенки и угла конусности матрицы.

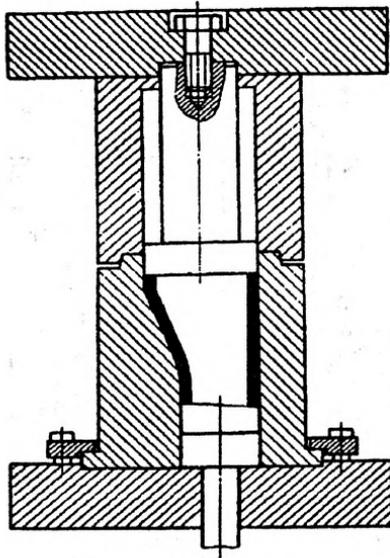


Рис. 13. Схема экспериментального штампа

Наибольший эффект имеет обжим с боковым подпором заготовки. Для получения более ровного торца эксцентрического перехода целесообразно делать косой срез заготовки. Угол среза зависит от коэффициента обжима, угла конусности матрицы и изменяется в пределах  $1-14^\circ$ . На рис. 14 показаны заготовка с косым срезом (угол среза —  $7^\circ$ ) и эксцентричный переход, обжатый из этой заготовки.

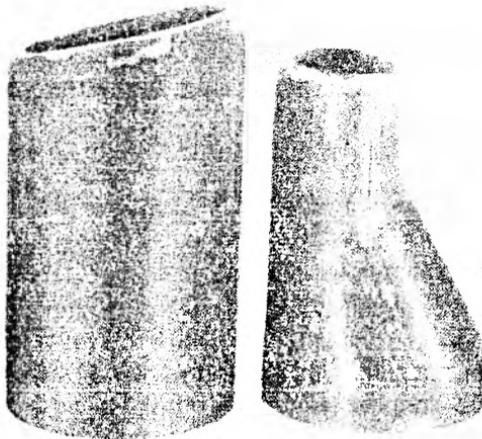


Рис. 14. Заготовка с косым срезом и переход, отштампованный из нее

## **Вывод.**

Обзор конструктивных элементов ЛА показал наличие большого числа корпусных деталей и элементов гидрогазовых систем с наличием фланца, наклонного к оси детали и имеющего кривизну поверхности. Обзор технологических решений выявил значительное число вариантов изготовления деталей данного типа методами листовой штамповки. Однако детальный анализ работ по этой тематике показал, что в большинстве исследований не установлены технологические возможности каждого из процессов, в частности, не выявлен предельный диапазон угла наклона фланца, его кривизны, температурно-скоростные режимы процесса, влияние смазки, что приводит к выводу об ограниченности применения того или иного способа. Исходя из этого, можно сделать вывод об актуальности исследования в данном направлении.

## **Библиографический список**

Калиновский И.П., Чудин В.Н., Мозгов В.А. Штамповка переходников с наклонными фланцами из сплава АМгб // Кузнечно-штамповочное производство. 1983. №12. С. 17—19.

А. с. 854510 (СССР).

Ковалев А.Д., Каширин М.Ф. Штамповка фланцев. Штамповка в мелкосерийном производстве. М.: МДНТП им. Ф.Э. Дзержинского, 1979, с. 189-192.

Попов О.В. Изготовление цельноштампованных тонкостенных деталей переменного сечения. М.: Машиностроение, 1974. 120 с.

Калиновский И.П., Чудин В.Н., Мозгов В.А. К расчету технологических параметров обжима труб с нагревом // Кузнечно-штамповочное производство. 1980. №1. С. 20—21.

Авторское свидетельство 914140, Способ изготовления деталей из трубчатой заготовки.

Баранов Н.Ф., Киров Ф.В. Формообразование пространственных деталей с наклонным дном эластичной матрицей // Кузнечно-штамповочное производство. 1981. №2. С. 26—27.

Авторское свидетельство SU 1049142 А, Устройство для глубокой вытяжки.

Соловейчик В.А., Кочнов В.А. Разработка технологии штамповки седловин// Кузнечно-штамповочное производство. 1972. № 7. С. 31—33.

Овчинников А.Г., Гедеонов В.В. Обжим полых цилиндрических заготовок в эксцентрической конической матрице// Кузнечно-штамповочное производство. 1972. № 2. С. 13—15.

### **Учёт влияния человеческого фактора при проектировании кабины экипажа**

В такой технологически сложной системе, как воздушный транспорт, человеческая ошибка является самой распространенной причиной происшествий и инцидентов. Согласно мировой статистике, 65% из числа всех происшествий имели место из-за ошибки летного экипажа. На этапе захода на посадку и совершении посадки ошибка летного экипажа как причинный фактор составляет 80%.

Хотя уровень безопасности современной авиации очень высок, рост воздушных перевозок и пассажировместимости воздушного судна делают цену каждой ошибки недопустимо высокой. А увеличение сложности и насыщенности современной авиационной транспортной системы автоматикой значительно повышают вероятность ошибки человека, если не будет найдено эффективных средств ее предупреждения и локализации.

Само определение «ошибка» по Джеймсу Ризону – это общее обозначение всех событий, когда плановая последовательность умственных или физических действий не привела к желаемому результату и когда это не явилось следствием случайности. Ошибки могут возникать в любой ситуации и при любом уровне подготовки летного экипажа и напрямую зависят от деятельности человека. Человеческий фактор [1] в авиации определяется как набор присущих людям физиологических и психологических возможностей и ограничений, которые, в случае непринятия их во внимание при выполнении управляющих воздействий в среде «человек – воздушное судно – окружающая среда», могут стать причиной неправильных действий. Летный экипаж, технический состав, персонал ОВД, любой человек, вовлеченный в процесс обеспечения полетов, способен совершить ошибку, представляющую потенциальную опасность. Таким образом, необходимо стремиться оптимизировать человеческие качества. Данное действие осуществляется путем применения и систематизации знаний, полученных ранее при изучении человеческой деятельности. В связи с этим необходима программа по управлению ошибками – это система действий, направленных на сохранение контроля над ситуацией, которая предусматривает комплекс методов распознавания ошибок, обеспечения необходимого уровня бдительности и применение специальных процедур исправления ошибок. Для осуществления контроля над происходящей ситуацией, необходимо принимать во внимание разработанную Джеймсом Ризоном концепцию [2] «уровней

защиты», основанную на представлении, что в системе при ее функционировании существует множество уровней, на которых возможны ошибки, и должна быть организована многоуровневая защита для их предупреждения и блокировки. Модель этой концепции, которая называется моделью «Швейцарского сыра» представлена на рисунке 1.

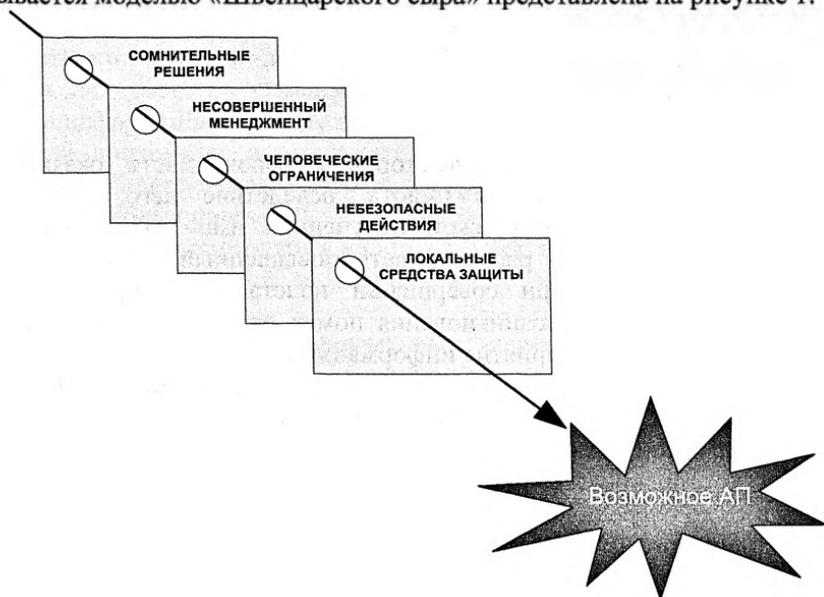


Рис. 1 - Модель «швейцарского сыра» прохождения ошибок для формирования многоуровневой защиты

При возникновении той или иной ошибки, возникает «окно», и чем больше таких «окон», тем больше вероятность, возникновения авиационного происшествия.

Ошибка, проходя через уровень системы защиты, попадает на защиту другого уровня, затем следующего и так до кабины экипажа, где она распознается и исправляется. Но в тех случаях, когда ошибка пробивает все уровни защиты (например, пилот игнорирует сигналы опасности, считая их ложными) наступает катастрофическая ситуация.

Многие ошибки зависят от навыков и знаний экипажа. Нехватка информации и отсутствие подготовки могут привести к неверным действиям, которые в свою очередь, создав последовательную цепочку, приведут к авиационному происшествию. Но так же следует учитывать тот факт, что на любом этапе полета даже самый высококвалифицированный пилот может допустить ошибку, связанную не только с уровнем полученных знаний, но и с его

психофизиологическим состоянием. Таким образом, любое расстройство или усталость влияют на работоспособность членов экипажа.

Психофизиологическое состояние включает в себя следующие факторы [3]:

- Физические
- Химические
- Биологические
- Психофизические

Каждый из перечисленных факторов в совокупности оказывает неблагоприятное действие на пилота, вследствие чего возможна неверная интерпретация экипажем полученной ими информации. В качестве примера можно рассматривать повышенный уровень шума (физический фактор). При совершении полета в кабине экипажа существует вероятность возникновения помех от посторонних лиц. В связи с этим качество восприятия информации и анализа происходящего с воздушным судном и за его бортом резко снижается. Пилот в данной ситуации отвлечен и не способен реагировать на поведение системы с необходимой скоростью. В связи с этим пилот на долю секунды перестает контролировать происходящее и может совершить ошибку, которая в свою очередь повлечет за собой следующую. Данная цепочка ошибок приводит к необратимости процесса, и тогда возникает ситуация, которую невозможно исправить. Таким образом, при подготовке и обучении летного экипажа следует принимать во внимание психофизиологическое состояние пилота.

Данный фактор необходимо учитывать и при проектировании, как самого воздушного судна, так и его компонентов, так как именно при конструировании летательного аппарата закладывается удобство в эксплуатации.

На качество выполняемых пилотом действий влияет и рабочее место экипажа – кабина, которая и является основным проявлением человеческого фактора. Именно в ней пилотам приходится принимать решения и совершать определенные действия, с целью предотвращения авиационного происшествия, приводящего к гибели людей и повреждению воздушного судна. Любая неверная реакция пилота на своем рабочем месте может привести к катастрофе. На любом этапе полета при неожиданном отказе какой-либо системы существует вероятность ошибки. В качестве примера можно рассматривать отказ одного из двигателей. С целью удержать воздушное судно в воздухе пилоту необходимо добавить тягу на другие двигатели, но в связи с волнением, летчик может вместо увеличения тяги убрать ее или выключить двигатель. Данное действие может привести к неизбежному

крушению. В связи с этим в нормах летной годности прописаны требования по установке автоматической системы управления взлетной тягой (АСУВТ) [4]. Данная система автоматически увеличивает тягу или мощность работающего двигателя в случае отказа одного. АСУВТ используется на взлете и включает в себя все устройства, как механические, так и электрические, которые реагируют на отказ, передают сигналы, воздействуют на органы управления подачей топлива или рычаги управления мощностью и передают в кабину экипажа информацию о работе системы.

Аварии происходят в результате комбинации ошибок и событий, связанных с безопасностью полетов (например, отказов оборудования и наличия неблагоприятных погодных условий). Расследования показывают, что конструкция кабины влияет на выполнение членами экипажа своих функций и возникновение и последствия ошибок, допущенных ими.

Необходимо направить современные нормативные требования на улучшение безопасности воздушного транспорта, определяя необходимость конструирования кабины и ее оборудования в соответствии с заданными критериями и характеристиками. Оценка систем оборудования кабины с точки зрения возможности ошибок экипажа, связанных с их устройством и функциональными возможностями, проводится в соответствии с нормативными требованиями к каждому элементу системы и всей системы в целом.

С целью уменьшения возникновения ошибок необходимо создавать кабины с учетом человеческого фактора [5]. Ее конструкция должна позволять экипажу обнаруживать и исправлять ошибки, гарантировать, что влияние ошибок на функции или возможности воздушного судна будут очевидными для экипажа, который сделает все от него зависящее для продолжения безопасного полета и посадки, препятствовать возникновению ошибок экипажа путем использования предохранительных колпачков выключателей, блокировочных устройств, подтверждающих сообщений или аналогичных средств, или предотвращать последствия ошибок. Помимо этого при проектировании кабины экипажа необходимо учитывать, что при взаимодействии пилота с каким-либо органом управления должна быть обеспечена однозначная обратная связь. При осуществлении полета на любом его режиме у экипажа должна быть возможность действовать в полном соответствии с поставленной задачей.

Учитывать влияние человеческого фактора так же необходимо и при разработке составляющих кабины: органов управления и их маркировке, дисплеям и предоставляемой ими информации.

Органы управления [6] – устройства, которыми манипулирует экипаж для управления самолетом. Конструировать их необходимо с учетом удобства и доступности летному экипажу. Функция системы управления должна быть легко понимаемой, чтобы не требовалось предварительного ознакомления с ней. Помимо этого должно быть обеспечено восприятие (осознание) экипажем (адекватная обратная связь) органов управления и информация о них должна быть представлена четко и однозначно. Обратная связь органов управления необходима, чтобы пилот представлял результаты своих действий. Каждый орган управления должен обеспечивать обратную связь членов экипажа при выборе меню, вводе данных, управляющих или других входных воздействий. Отношения и взаимодействие между органом управления и связанным с ним дисплеем или индикаторами должны быть всегда легко воспринимаемыми, понятными и логичными. Когда орган управления используют для перемещения исполнительного механизма в пределах заданного диапазона, необходимо, чтобы оборудование обеспечивало в течение времени, нужного для выполнения соответствующей операции, четкую обратную связь с положением исполнительного механизма по длине его хода.

Органы управления, связанные с дисплеем [7, 8], необходимо располагать так, чтобы не мешать экипажу в выполнении его задач. Те органы, функции которых специфичны для определенной части поверхности дисплея, должны быть установлены вблизи дисплея или механизма реализации управляемой ими функции.

Информации на дисплеях должна качественно отображаться и быть предоставлена в виде текстового сообщения, цифровых значений или графической интерпретации состояния или скорости. Необходимо, чтобы информация о состоянии идентифицировала конкретное значение параметра в данный момент, а информация о скорости указывала на скорость изменения этого параметра. Вывод данных в цифровом виде или встраивание текущих значений в дисплей с качественным отображением не должны исключать применение показаний шкал разного типа, которые индицируют текущие значения параметров.

Что касается маркировки органов управления, то в ней должны быть указаны заданные функции органов управления. Если орган управления выполняет более одной функции, в маркировке должны быть указаны все заданные функции, за исключением случая, когда функция управления очевидна. Надписи должны хорошо читаться членами экипажа, сидящими в обычном положении на своих креслах при всех условиях освещения и окружающей среды.

Проектирование КБО, реализующего взаимосвязь летного экипажа и бортового оборудования при выполнении полета, должно

осуществляться с учетом понимания психофизических особенностей этой взаимосвязи. В связи с этим, кабины необходимо оснащать оборудованием, которое должно быть хорошо видно как по отдельности, так и в комбинации с другим аналогичным оборудованием и устроено так, чтобы квалифицированные члены летного экипажа, обученные обращению с ним, могли безопасно выполнять свои задачи, связанные с конкретными функциями. Следовательно, при проектировании комплекса бортового оборудования необходимо учитывать человеческий фактор, как основной критерий, в связи с тем, что именно экипаж управляет воздушным судном в критических ситуациях и, при неоднозначности применяемого оборудования, возможность совершения ошибочного действия значительно возрастает.

#### **Библиографический список**

Циркуляр ИКАО 217-AN/132 Человеческий фактор. Сборник материалов № 2. «Подготовка летного экипажа: Оптимизация работы экипажа в кабине (CRM) и Летная подготовка в условиях, приближенных к реальным (LOFT)», Монреаль. Международная организация гражданской авиации, 1989 г.

CAP 737 Crew Resource Management (CRM) Training Guidance For Flight Crew, CRM Instructors (CRMIs) and CRM Instructor-Examiners (CRMIEs); Civil Aviation Authority 2003 ISBN 0 86039 913 3 Issue 1, 31 March 2003.

ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы, 1974 г.

Авиационные правила часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории «Авиаиздат» 2004 г.

“Human Factors for Flight Deck Certification Personnel,” Technical Report DOT/FAA/RD-93/5, July 1993

Отчет группы сотрудников FAA: Интерфейсы между летными экипажами и современными системами оборудования кабины, 1996 г.

Международные стандарты ISO 9241-4, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 4, 1998

SAE ARP-4102/7 Electronic Displays, July 1988.

ICAO Руководство по обучению в области человеческого фактора Doc 9683-AN/950. Издание первое, 1998.

### **Фреттинг-процесс в болтовых соединениях**

Проблема предотвращения разрушения элементов конструкции планера самолета в условиях фреттинга всегда была актуальной и важной с точки зрения обеспечения требуемого ресурса. Этому вопросу посвящено много исследований, однако до сих пор не разработано расчетных методов прогнозирования разрушения элементов срезных болтовых соединений в условиях фреттинга.

Экспериментальные исследования болтовых соединений [1] и проушин [2, 3], а также натуральных элементов авиационных конструкций [4] свидетельствуют о том, что их долговечность помимо усталостных явлений определяется износом элементов по поверхностям сопряжения. Установлены основные факторы, существенно влияющие на процесс фреттинга [5]:

- величина и распределение параметров контактного давления;
- частота и амплитуда циклического перемещения контактирующих элементов соединения;
- физико-механические свойства материалов элементов соединения.

Анализ показывает, что действие контактного давления, обусловленного радиальным натягом, на долговечность болтовых соединений проявляется двояко. С одной стороны оно увеличивает долговечность соединения вследствие снижения силовых взаимодействий между контактными поверхностями, а с другой – уменьшает вследствие фреттинг-износа этих поверхностей.

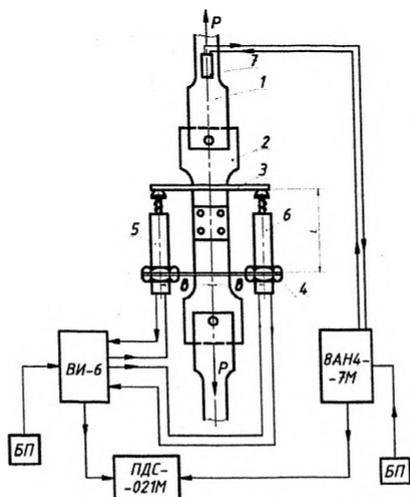
Важным параметром процесса фреттинг-изнашивания является величина коэффициента трения, которая влияет на процесс разрушения поверхностных слоев материала. Причем, в интервале от  $10^2$  до  $10^5$  циклов нагружения наблюдается рост коэффициента трения и в дальнейшем его значение практически остается постоянным, например, для титанового сплава OT4-1  $f = 0,8$  [6]. Низким значениям коэффициента трения скольжения соответствует повышенная износоустойчивость сопрягаемых поверхностей [7]. Повреждение сопрягаемых поверхностей от фреттинг-изнашивания объясняется исключительно механическим действием.

Фреттинг-коррозия имеет отношение к коррозионному износу, при котором преобладает химическая или электрохимическая реакция с окружающей средой, однако представляет собой малоинтенсивную форму износа [5]. Поэтому следует рассматривать кинетику и механизм контактного взаимодействия стержня болта и стенки отверстия

соединения с радиальным натягом как при статическом так и при циклическом нагружении.

Для оценки общей деформации, включающей в себя растяжение и смятие листов от стержня болта, изгиб, сдвиг, смятие болтов, в процессе которой проявляются факторы процессы фреттинг-изнашивания, выбран четырехточечный односрезовый образец с пластинами из сплава Д16АТ ( $\sigma_B = 455$  МПа;  $\sigma_{0,2} = 280$  МПа;  $\delta = 11\%$ ) с установленными болтами диаметром 6 мм из сплава ВТ16 при натяге  $\Delta_H = 1,2\%$ .

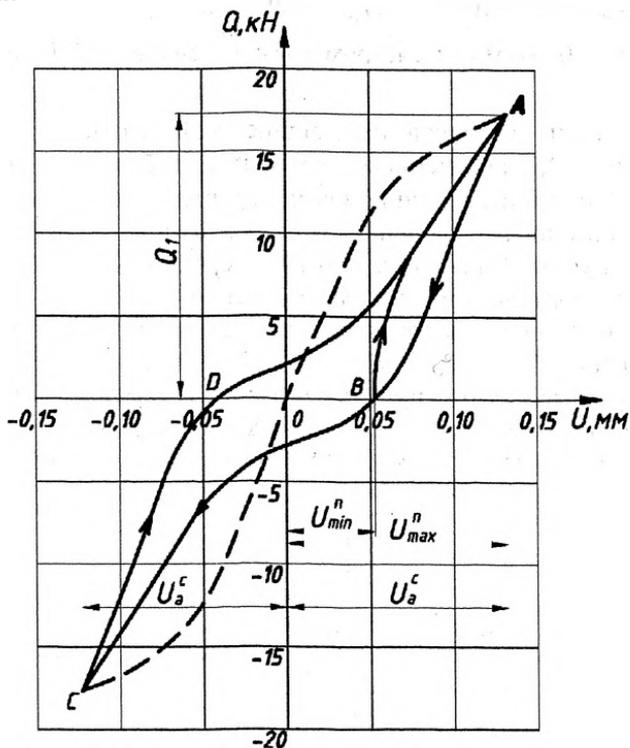
Схема испытания образцов на машине УМЭ-10тм, приведена на рис. 1. На образце 2, закрепленном в захватах 1, на базе  $L = 100$  мм при помощи винтов с заостренными концами укрепляли два кронштейна 3 и 4. Между кронштейнами на одинаковом расстоянии от оси образца и параллельно ей устанавливали два датчика перемещения 5 и 6, которые через виброизмерительную аппаратуру ВИ-6 по схеме с учетом усреднения сигналов датчиков были подключены к одному каналу двухкоординатного потенциометра ПДС-021, записывающего зависимость сдвига шва от прикладываемой к образцу нагрузки. На захват машины наклеивали тензодатчик 7, подключенный через усилитель постоянного тока 8АНЧ-7М к другому каналу потенциометра.



БП – блок питания

Рис. 1 Схема испытания образцов соединений

Получены экспериментальные зависимости перемещения соединяемых деталей при симметричном и пульсирующем циклах внешней нагрузки, рис. 2. Диаграммы соответствуют пятому циклу статического нагружения нагрузкой  $Q_1$ , а пунктирная линия соответствует статическому деформированию соединения при сжатии и растяжении.



$ABCD A$  – симметричный цикл нагружения;  
 $ABA$  – пульсирующий цикл нагружения

Рис. 2. Зависимость перемещения в болтовом соединении с радиальным натягом от внешней нагрузки.

В процессе первого цикла нагружения перемещение деталей увеличивается от нуля до максимального значения в точке  $A$  и минимальному – в точке  $B$  при пульсирующем режиме нагружения. При симметричном режиме нагружения перемещения деталей характеризуются амплитудой  $U_a^c$ .

Как видно, амплитудные значения перемещений для этих режимов нагружения различаются между собой. Поскольку размах перемещений

соединяемых деталей существенно влияет на процесс их фреттинг-износа [5], следует ожидать более значительный фреттинг-износ с учетом характера распределения контактного давления по контуру отверстия при симметричном режиме нагружения по сравнению с пульсирующем.

Деформирование под действием нагрузки  $P = 100$  кН проушины в виде пластины из сплава Д16Т размером  $420 \times 420 \times 7,75$  мм и стального штифта диаметром 50 мм, установленного с натягом  $\Delta_H = 0,34\%$  и без натяга приведено в работе [8], где тензорезисторами измерялись деформации  $\epsilon_r$  и  $\epsilon_\theta$  в радиальном и окружном направлениях соответственно. Их изменение по контуру отверстия в виде сплошных и пунктирных линий показаны на рис. 3. Горизонтальными штриховыми линиями показаны деформации  $\epsilon_{rH}$  и  $\epsilon_{\theta H}$ .

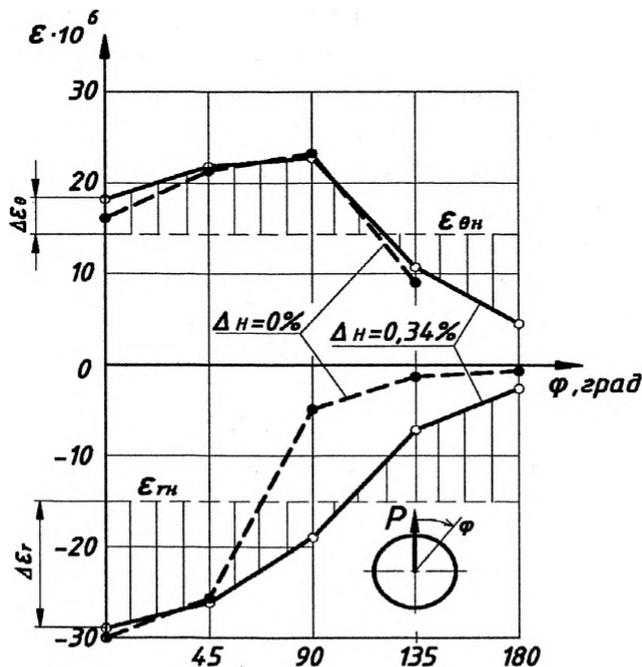


Рис. 3 Изменение радиальных и окружных деформаций по контуру отверстия

При  $\varphi = 0^\circ$  радиальные деформации возрастают, на величину  $\Delta\epsilon_r$ , а при  $\varphi = 180^\circ$  снижаются практически до нуля. При отсутствии натяга

снижение  $\varepsilon_r$  более значительно в интервале  $\varphi > 45^\circ$ . Окружные деформации практически совпадают для рассматриваемых значений  $\Delta_H$ . По величине радиальных деформаций косвенно можно судить об угле контакта штифта с контуром отверстия, который при  $\Delta_H = 0$  прекращается при  $\varphi_0 \approx 90^\circ$ .

Методом конечных элементов проведены расчеты относительных кольцевых перемещений в квадратной пластине с размерами 256x256 мм из оптически активного материала ОАСО ( $E = 3 \cdot 10^3$  МПа,  $\mu = 0,37$ ) с запрессованным штифтом диаметром 40 мм с натягом  $\Delta_H = 0,5\%$ . С учетом влияния сил трения по поверхности контакта штифта и пластины при коэффициенте трения  $f = 0,27$  построены графики относительных перемещений при уровнях напряжений  $\sigma/E \cdot 10^3 = 0,5; 0,75$  и 1, рис. 4. Перемещение возникает на контуре при угле  $\varphi = 135^\circ$  независимо от величины внешней нагрузки, а протяженность зоны перемещения возрастает с увеличением нагрузки. Наибольшее значение  $U_\theta$  достигает при  $\varphi \approx 95^\circ$ , что хорошо согласуется с экспериментальными данными на рис. 3.

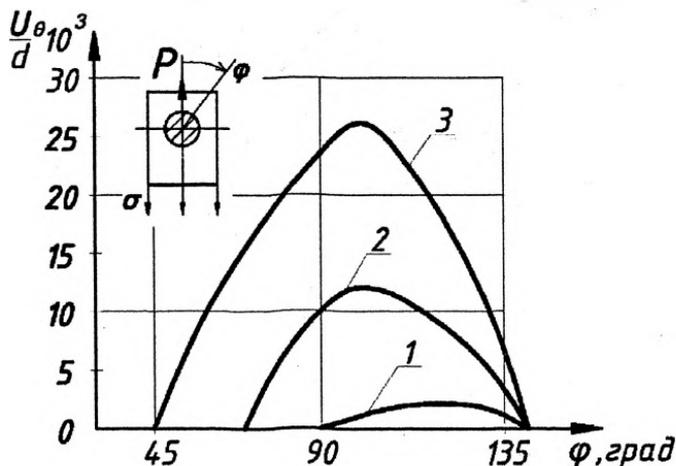


Рис. 4 Относительные перемещения сопрягаемых поверхностей по контуру отверстия:

$$1 - \sigma/E \cdot 10^3 = 0,5; 2 - \sigma/E \cdot 10^3 = 0,75; 3 - \sigma/E \cdot 10^3 = 1$$

Экспериментальные данные изменения радиальных напряжений на контуре отверстия в пластине из сплава Д16Т от нагрузки равной 100кН

от стержня диаметром 50 мм, установленного с натягом  $\Delta_H = 0,34\%$  и без натяга, показаны на рис. 5 [8]. Радиальные напряжения от натяга составили 107 кН. Дуга контакта стержня с отверстием при  $\Delta_H = 0$  начинается при  $\varphi \approx 85^\circ$ , что согласуется с решением контактной задачи [8].

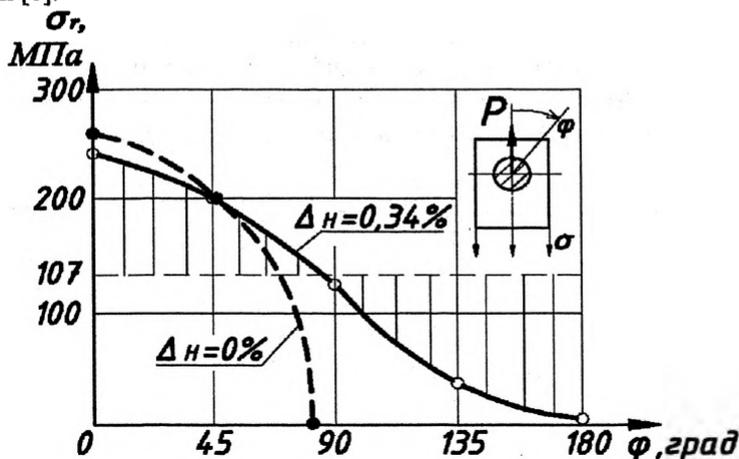


Рис. 5 Изменение радиальных напряжений от статической нагрузки  $P = 100$  кН по контуру отверстия

Радиальные напряжения в точке  $\varphi = 0^\circ$  от нагрузки увеличиваются на  $\Delta\sigma_r = 136$  МПа, а в точке  $\varphi = 180^\circ$  – уменьшаются на  $\Delta\sigma_r = 105$  МПа. Такое изменение напряжений обусловлено влиянием сил трения по контактируемым поверхностям, а давление на дуге контакта имеет нелинейный характер и хорошо согласуется с расчетом по формуле (1).

$$\sigma_r = \sigma_{rn} + \frac{3 + \mu_2}{2\pi} \frac{P \cos \varphi}{d \cdot t} \quad (1)$$

Для решения технических задач, эту кривую можно линеаризовать прямой.

Характер распределения перемещений на рис. 4 и радиальных напряжений по контуру отверстия на рис. 5 позволяет спрогнозировать зону проскальзывания сопрягаемых поверхностей при  $\varphi = 135 \div 90^\circ$  и оценить динамику фреттинг-изнашивания.

Поведение стыка под нагрузкой также исследовано методом фотоупругости на моделях высокосдвиговых и низкосдвиговых соединений в виде пластины из оптически активного материала ОАСО (

$E_2 = 3 \cdot 10^3$  МПа,  $\mu = 0,37$ ) шириной  $B = 128$  мм и толщиной  $t = 4,2$  мм с отверстием диаметром  $d = 20$  мм, в котором штифт из сплава ВТ16 ( $E_1 = 1,12 \cdot 10^5$  МПа,  $\mu = 0,3$ ) устанавливался с фактическим натягом  $\Delta_H = 0,44\%$ .

На каждой ступени процесса нагружения в интервале от 0,4 кН до 2 кН фотографировали картины полос интерференции и измеряли порядки полос. После каждой ступени нагружения модель разгружали и также фотографировали картины полос. Изменение в высокосдвиговом соединении максимальных касательных напряжений  $\tau_{max}/\bar{\tau}$  (где  $\bar{\tau}$  – наибольшие касательные напряжения от действия натяга) на поверхности контакта пластины и штифта от величины растягивающей нагрузки показано на рис. 6.

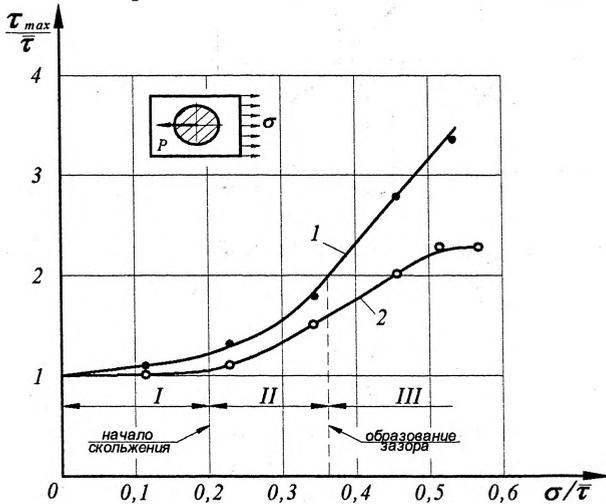


Рис. 6 Влияние нагрузки на касательные напряжения в точках концентрации на контуре:

1 – при статической нагрузке; 2 – после разгрузки

В зависимости от уровня нагрузки можно выделить три участка:

- *участок I* – характеризует упругое деформирование элементов соединения  $\tau_y < f_y \sigma_r$ ,  $f_y$  – коэффициент трения при упругом деформировании, где обеспечивается их локальная неподвижность и отсутствие фреттинг-изнашивания;

- *участок II* – при  $\sigma/\bar{\tau} > 0,2$  соответствует локальному проскальзыванию  $\tau_{ск} = f_{ск} \sigma_r$ ; где  $f_{ск}$  – коэффициент трения при

скольжении, когда соотношение между коэффициентами  $f_y$  и  $f_{ск}$  не зависит от давления и колеблется в пределах  $f_y/f_{ск} = 0,65 \div 0,75$ ;

- *участок III* – характеризует появление и рост дуги зазора по контуру отверстия.

Резкое изменение касательных напряжений на втором участке связано с проскальзыванием и действием сил сдвига по поверхности контакта штифта и пластины, а величину проскальзывания характеризовали остаточные картины полос интерференции, полученные после разгрузки модели. Пока остаточные картины полос одинаковы с картиной полос от натяга, полученной до нагружения модели, проскальзывание отсутствует. Далее остаточные касательные напряжения при разгрузке увеличиваются с ростом нагрузки. После образования зазора на участке III проскальзывание завершается стабилизацией величины площади контакта между штифтом и отверстием пластины. По результатам эксперимента, в низкосдвиговых соединениях проскальзывание начиналось при нагрузках  $\sigma/\bar{\tau} > 0,4$ .

#### Библиографический список

Арсон А.Д., Вигдорчик С.А., Гребенников А.Г. и др. Фреттинг-коррозия и выносливость срезных болтовых соединений/ *Авиационная промышленность*, 1979, №3, с.53-56.

Сильверстов И.Н., Сухарев И.П. Расчет шарнирных элементов на усталость с учетом фреттинг-фактора/ *Вестник машиностроения*, 1997, №5, с.16-20.

Сухарев И.П., Сильверстов И.Н. Усталость проушин и соединений/ *Вестник машиностроения*, 1999, №11, с.9-11.

Познышев С.Д. О сопротивлении усталости болтовых соединений с натягом. *Труды ЦАГИ*, 1989, вып. 2428, с. 26-37.

Уотерхауз Р.Б. Фреттинг-коррозия. Л.: Машиностроение, 1976, с.272.

Петухов А.Н., Порошин С.Н. Влияние фреттинг-коррозии на повреждаемость контактной зоны и выносливость титановой пластины с отверстием в условиях работы срезного болтового соединения/ *Авиационная промышленность*, 1978, Приложение 1, с.45-50.

Дроздов Ю.Н., Павлов В.Г., Пучков В.Н. Трение и износ в экстремальных условиях. *Машиностроение*, 1986, с.224.

Сухарев И.П. Прочность шарнирных узлов машин. М.: Машиностроение, 1977, с. 168.

### Разработка спасательной системы для воздушных судов авиации общего назначения

Объектом исследования является воздушное судно авиации общего назначения (на примере Як-52).

Предметом исследования является спасательная система самолета (на примере Як-52), включающая в себя: легкое кресло с отстреливающимся заголовником, в который уложен парашют, телескопический стреляющий механизм, приводящийся в действие пилотом.

В настоящее время авиация общего назначения в России эксплуатируется очень активно, к примеру, существует множество авiakлубов ДОСААФ (Добровольное общество содействия армии, авиации и флоту) для обучения пилотов или тренировки спортсменов для участия в авиа-шоу. Так же авиация общего назначения применяется в исследовании местности (например, для добычи газа и нефти), активно используется в обработке сельскохозяйственных угодий, либо частных нужд и т.д. Однако, действующая спасательная система, на данных типах самолётах, не всегда эффективна.

Проанализировав данные о числе катастроф, (на примере самолета Як 52, приведенных в таблице 1), приходим к выводу, что их количество относительно высоко, в связи с чем, необходимо повысить уровень безопасности пилота.

#### Статистика авиакатастроф за период 2003-2011 гг. в странах СНГ

Год	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Число авиакатастроф	7	5	9	10	10	11	9	12	13
Общее число самолетов	1208	1201	1190	1181	1169	1158	1145	1139	1124

Таблица 1

Задачами данной работы являются: проектирование спасательной системы, в которую входят разработка принципа действия всей спасательной системы, системы управления катапультным механизмом в отдельности, разработка элементов эскизного проекта спасательной системы для ВС малых размеров авиации общего назначения.

Для решения выше перечисленных задач, за основу принята схема, когда кресло пилота жестко крепится в кабине самолета, в заголовник кресла укладывается парашют типа С-4У (однако в зависимости от требуемых условий эксплуатации, парашют можно заменить на более оптимальный), пиропатроны, прикрепленные к заголовнику, а также телескопический стреляющий механизм.

Конструкция такой системы включает в себя:

- кресло;
- стартовой рычаг, приводящая телескопический механизм в действие;
- телескопический стреляющий механизм (ТСМ);
- система разделения летчика с креслом;
- механизм поясного крепления пилота с подвесной системой;
- механизм ввода парашюта в воздушный поток;
- заголовник с уложенным в него парашютом;
- металлическая пластина (на заголовнике)

### Принцип работы спасательной системы

В случае аварийной ситуации, пилот освобождается от ремней крепления к креслу, затем тянет пусковой рычаг вверх – на этом действия пилота завершены. Происходит возгорание пиропатронов и отстреливание заголовника с уложенным в нем парашютом типа С-4У.

Мгновенно срабатывает электрический поджег, работающий от генератора самолета, происходит возгорание ТРТ (твердое реактивное топливо), давление от сгоревшего топлива давит на верхнюю заглушку телескопического механизма, вытягивая пилота за подвесную систему парашюта. Так как все происходит параллельно движению самолета, то даже при пикировании под углом  $45^\circ$ , катапультируясь с небольшим отклонением от вектора скорости самолета, пилот не задевает киль.

Габариты основных частей кресла (спасательной системы):

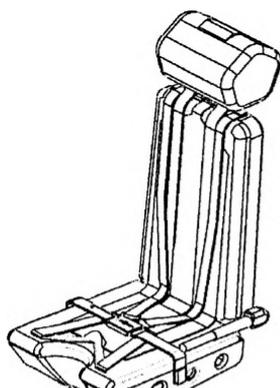


Рис. 1-  
Спасательная  
система для авиации  
общего назначения

общая длина	550 мм
общая ширина	450 мм
общая высота	1000 мм
длина заголовника	200 мм
ширина заголовника	250 мм
высота заголовника	200 мм

### Основные характеристики

Сила отстреливания заголовника	$F_1=675 \text{ Н}$
Сила отстреливания телескопического механизма	$F_2=6000 \text{ Н}$
Высота отстреливания заголовника	$H=3 \text{ м}$
Максимальная высота телескопического механизма	$H_{\text{max}}=3 \text{ м}$
Вес спасательной системы	$m=23,3 \text{ кг}$

Данная спасательная система полностью автоматизирована, за счет чего значительно уменьшится затрата времени на покидание самолета в случае аварийной ситуации. Существует необходимость в применении данной спасательной системы, это позволит повысить шансы пилотов на спасение.

### **Библиографический список**

Житомирский Г.И. Конструкция самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов.– 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005.

Новожилов Г.В., Неймарк М.С., Цесарский Л.Г. Безопасность полета самолета. Концепция и технология. – М.: Машиностроение, 2003.

Сосунов М. В. Системы пассивной защиты как средства спасения экипажей летательных аппаратов при аварийной посадке.// «Проблемы безопасности полетов». Научно-технический журнал. – М.: ВИНТИ, 2007, № 6.– С. 16 – 26.

Шульженко М.Н. Конструкция самолетов. Изд. 3 – е.– М.: Машиностроение, 1971.

## **Вопросы моделирования и проектирования двигателей летательных аппаратов**

Мадеев С.В.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Применение программного продукта MAXWELL для анализа процессов в источниках плазмы**

В настоящее время разрабатываются электроракетные двигатели, способные работать по 60000 – 70000 часов. При таких временах работы на функциональность двигателя начнут влиять процессы, не принимавшиеся во внимание раньше, а именно: загрязнение элементов и конструкции ИД. Это может привести к электрической коротке межэлектродного зазора, потере энергии ВЧ поля, вводимой в плазму, тем самым ухудшив эксплуатационные характеристики двигателя. Основной вклад в загрязнение вносит процесс распыления ионно-оптической системы, а конкретнее ускоряющего электрода. Поэтому, в качестве материала ускоряющего электрода ИОС выбирают углерод.

Для оценки влияния загрязнения на эксплуатационные характеристики двигателя необходимо провести длительные ресурсные испытания, что приведёт к большим затратам. Или же пойти более простым способом и смитировать процесс загрязнения в модельном эксперименте с участием плазменных источников.

Для имитации потока частиц углерода используется магнетронно-распылительная система, а потока ионов из газоразрядной камеры – ионный источник Кауфмана Марк. Однако, каждый из приборов обладает собственными характеристиками, и добиться слаженной работы можно только изначально промоделировав их магнитные и электрические поля, как по отдельности, так и совместно.

Подобное моделирование необходимо выполнять в трёхмерном режиме, что может сделать узкий круг программных продуктов. Одной из таких программ является Maxwell 14.01. Верификация полученных данных проводилась на теслометре, и отклонение составило не больше 10%.

Результаты моделирования.

Создание трёхмерных моделей производилось с помощью программного продукта SolidWorks, далее геометрия переносилась в расчётную программу Maxwell .

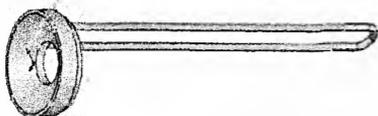


Рис.1. Анод Марка.

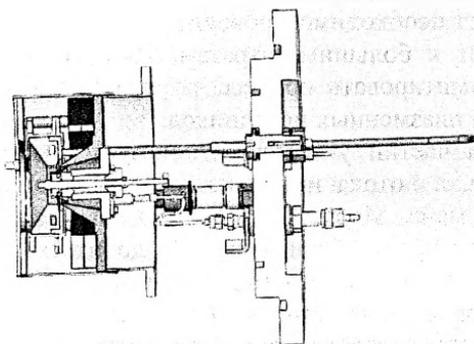


Рис.2. Полная 3D модель ионного источника Кауфмана типа Марк.

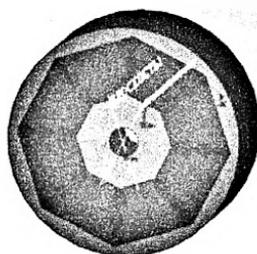


Рис.3. Конструкция магнитной системы магнетрона.

Расчёт полей происходит методом конечно элементного анализа. Расчёт магнитных систем дал следующие результаты:

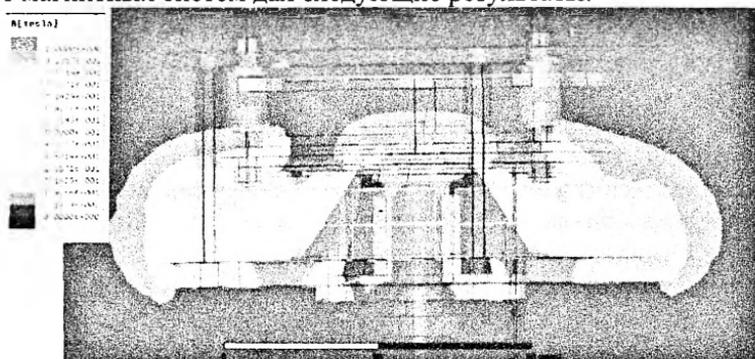


Рис.4. Магнитная система источника Кауфмана типа Марк.

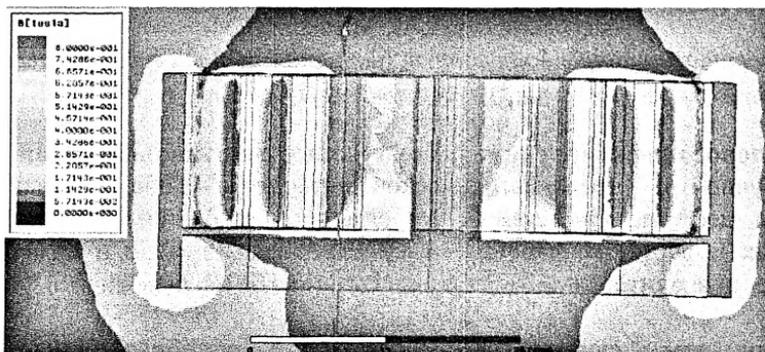


Рис.5. Магнитная система магнетрона.

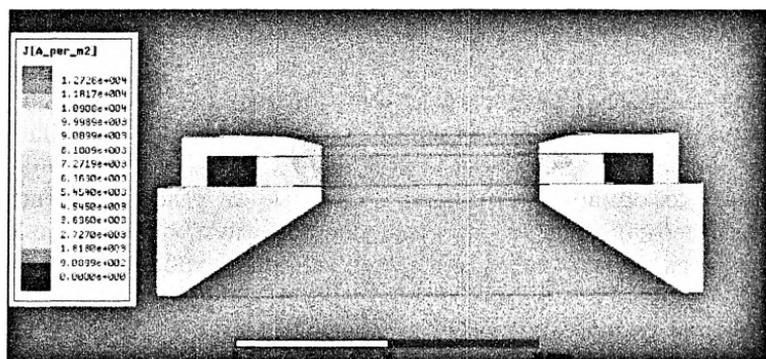


Рис.6. Распределение электрического поля в медном аноде ионного источника.

Наиболее важным результатом расчёта на данном этапе было получение достоверных данных о распределении магнитных полей в источниках для проведения дальнейшего расчёта граничных условий плазменного объёма. В связи, с этим были смоделированы распределения магнитных полей для каждого из приборов, необходимых для имитации загрязнения ионного двигателя на длительных временах работы.

#### **Вывод.**

Расчёты позволили провести моделирование параметров магнитных и электрических полей конкретных источников, используемых в модельных экспериментах, скорректировать геометрию взаимного расположения источников и оптимизировать их конструкцию.

### Силовое проектирование рабочих колес реактивных турбин

В научной и учебно-методической литературе слабо освещаются вопросы деформаций деталей турбомашин. Особенно это касается изгибных деформаций рабочих колес реактивных турбин и их валов, которые в значительной мере влияют на КПД и надежность узлов турбин.

Между тем, существуют значительные изгибные смещения бандажного кольца рабочего колеса реактивной турбины, возникающих под действием теплового потока, перепада давлений и центробежных сил[1].

Проектирование узла турбины с реактивной ступенью должно быть связано с решением задачи, если не исключения полностью, то минимизации изгибных деформаций рабочего колеса и вала как основных деталей ротора.

Изгибные деформации вызывают линейные и угловые смещения лопаток в газовом потоке, что приводит, как минимум, к снижению КПД ступени и, как максимум, к разрушению узла турбины в связи с ударными контактами лопаток (бандажных полок) с деталями корпуса.

В настоящей работе предлагаются решения двух проектных задач: задачи о минимизации изгибных деформаций рабочего колеса и задачи о его прочности.

#### Условные обозначения и индексы

$x, y, z$  – прямоугольная система координат, м;

$x, \theta, R$  – цилиндрическая система координат, м, град, м;

$a$  – радиус наружного контура пластины, м;

$b$  – радиус жесткого контура, м;

$l$  – длина, м;

$R$  – радиус, м;

$d$  – диаметр, м;

$R_{cp} = a(1 + l_n/2a)$  – средний радиус лопаток, м;

$\Delta$  – зазор, м;

$\varepsilon$  – смещение опоры ротора, м;

$e$  – эксцентриситет массы рабочего колеса, м;

$D_0 = 2(a + l_n)$  – наружный диаметр рабочего колеса, м;

$\alpha$  – коэффициент линейного термического расширения,  $1/^\circ\text{C}$ ;

$E$  – модуль упругости I рода, Па;

$\mu$  – коэффициент Пуассона;

$T$  – температура,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta T = T_1 - T_2$  – перепад температур,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta P$  – перепад давлений, МПа;

$q = \frac{2\pi R_{cp}}{z} \Delta P$  - распределенная нагрузка, действующая на лопатку в

плоскости оси ротора;

$\omega$  – угловая скорость вала, рад/с;

$z$  – число лопаток;

$g=9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения;

$\sigma_B$  – предел временного сопротивления материала, Па;

$n$  – запас прочности;

$\xi$  – безразмерное смещение;

$u$  – линейное смещение, м;

$\varphi$  – угловое смещение вала при изгибе, рад;

$\beta$  – угловое смещение периферийного сечения лопатки при изгибе,

рад;

$\lambda$  – смещение центра масс рабочего колеса относительно оси прецессии вала (ось  $x$ ), м;

$k$  – коэффициент концентрации напряжений;

$k_1, k_2, k_3$  – расчетные коэффициенты;

$I$  – момент инерции сечения лопатки относительно оси  $\theta$ , м<sup>4</sup>.

$K$  – поправочный коэффициент.

$R$  — радиус геометрических центров жестких элементов пластического механизма, м.

### Индексы

$l$  – лопатка;

$n$  – полотно рабочего колеса;

$x$  – осевой;

$R$  – радиальный;

$\Delta P$  – перепад давлений;

$Q$  – распределенное поперечное усилие;

$M$  – распределенный изгибающий момент;

Задача о минимизации изгибных деформаций рабочего колеса реактивной турбины.

Первую задачу можно решить путем использования теплового эффекта, возникающего при наличии температурного градиента по толщине полотна рабочего колеса. Суть эффекта в следующем. Полотно, под действием перепада температур, как относительно плоская пластина, изгибается в сторону большей температуры (навстречу тепловому потоку).

Используя этот эффект, узел турбины необходимо сконструировать таким образом, чтобы нагрузка от газовых сил действовала на рабочее колесо также навстречу тепловому потоку. В этом случае изгиб

рабочего колеса от градиента температур по толщине будет направлен в сторону противоположную изгибу от газовых сил.

Таким образом, необходимо определить при каком соотношении перепадов давлений  $\Delta P$  и температур  $\Delta T$  будут отсутствовать изгибные деформации рабочего колеса.

С этой целью требуется найти выражения для механических (от газовых сил) и тепловых (от градиента температур по толщине полотна рабочего колеса) смещений периферийных сечений лопаток и приравнять их.

Смещения лопаток разделяются на линейные и угловые.

Опустив здесь выкладки, которые можно посмотреть в работе [2], приведем сразу полученный результат.

Рабочее колесо рассматривается как круглая пластина постоянной толщины  $h$  с размещенными по ее наружному контуру радиусом  $a$  лопатками общим числом  $z$ . Пластина закреплена на жестком центре, ограниченном окружностью радиусом  $b$ , и своим геометрическим центром помещена в начало цилиндрической системы координат, в которой ось  $x$  совмещена с осью вращения рабочего колеса рис. 1.

Пластина и лопатки выполнены из абсолютно упругих материалов с модулями  $E$  и  $E_s$  соответственно. Нагрузка от газовых сил постоянна по всей поверхности пластины и равна перепаду давления газа на входе и на выходе из рабочего колеса  $\Delta P$ . Температурное поле в пластине определяется линейной функцией

$$T(x) = \Delta T \left( \frac{T_{cp}}{\Delta T} - \frac{x}{h} \right)$$

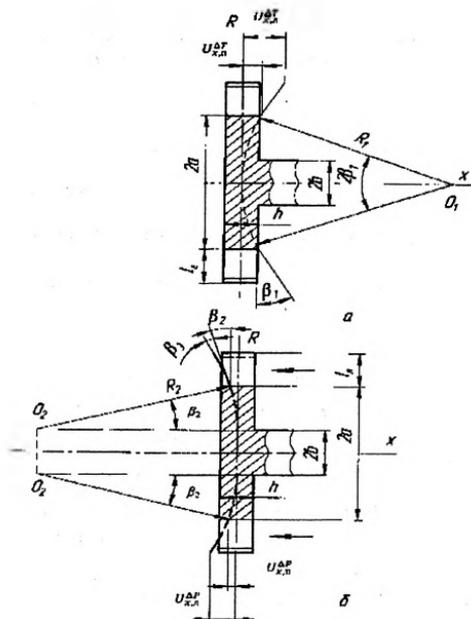


Рис. 1. Схемы деформирования рабочего колеса реактивной турбины: а – под действием равномерного перепада температур  $\Delta T$ , б – под действием равномерного перепада давлений  $\Delta P$ .

Критерий согласования изгибных линейных смещений от перепада температур и перепада давлений:

$$\eta'' = \frac{1 + \frac{2l_n}{a}}{\left[ k_1 + 2\pi \frac{l_n}{a} \left(1 + \frac{l_n}{2a}\right) (k_2 + k_3 \frac{l_n}{4\pi a}) \right] \left[ 1 + \frac{2l_n}{a(1 - \frac{b}{a})} \right] + \frac{\pi d_n^4 h^3 E}{4z a^3 I_n E_n} \left(1 + 0,73 \frac{l_n}{a}\right)},$$

$$K = \frac{2a^2 \Delta P}{\alpha \Delta T E h^2}$$

Критерий согласования изгибных угловых смещений от перепада температур и перепада давлений:

$$\eta^{\beta} = \left\{ \left[ k_1 + 2\pi \frac{l_2}{a} \left( 1 + \frac{l_1}{2a} \right) \left( k_2 + k_3 \frac{l_2}{4\pi a} \right) \right] \left( 1 - \frac{b}{a} \right)^{-1} + \frac{\pi l_2^3 h^3 E}{6za2I_n E_n} \left( 1 + 0,75 \frac{l_2}{a} \right) \right\}^{-1}$$

$$K = \frac{2a^2 \Delta P}{\alpha \Delta T E h^2}$$

Отсюда вытекают критерии оценки деформаций рабочего колеса:

При равенстве  $K = \eta^u$  ( $\eta^{\beta}$ ) изгибные смещения лопаток отсутствуют;

если  $K > \eta^u$  ( $\eta^{\beta}$ ) преобладают изгибные смещения от газовых сил;

если  $K < \eta^u$  ( $\eta^{\beta}$ )

– преобладают изгибные смещения от перепада температур.

### Задача о прочности рабочего колеса реактивной турбины

В связи с полученными данными по механическим деформациям рабочего колеса необходимо оценить напряженное состояние в наиболее нагруженных сечениях последнего. Может оказаться, что максимальные напряжения в полотне рабочего колеса под действием поперечной нагрузки окажутся больше предела упругости материала. И тогда расчет механических перемещений (линейных и угловых) следует основывать на методах расчета упругопластических деформаций, а не на чисто упругих, на чем основано решение первой задачи. Возможна также оценка несущей способности РК по его предельному состоянию.

Максимальные изгибные напряжения в полотне рабочего колеса определяются по трем расчетным схемам для трех видов нагрузки. Полотно рабочего колеса рассматривается в качестве круглой пластины постоянной толщины с радиусом наружного контура  $a$ . В центральной части пластина жестко закреплена по контуру  $b$ . При этом рассматриваются три вида нагрузки:

- от перепада давлений  $\Delta P$  (рис. 2,а);
- от поперечного давления распределенного по наружному контуру полотна  $Q$  (рис. 2,б);
- от изгибающего момента распределенного по наружному контуру полотна  $M$  (рис. 2,в);

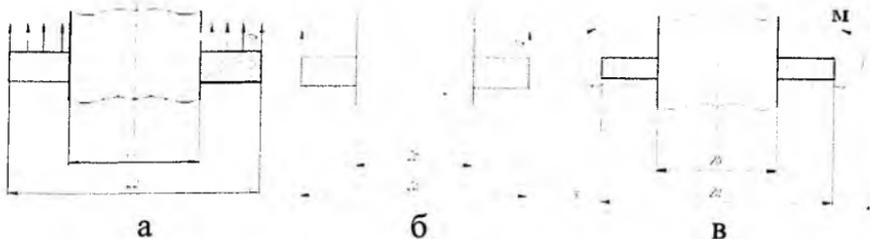


Рис. 2. Схемы нагружения круглой пластины с жесткой заделкой по центральному контуру: а - под действием равномерного давления; б - под действием равномернораспределенной по наружному контуру поперечной нагрузки; в - под действием равномерно распределенного по наружному контуру равномерно распределенного изгибающего момента  
Указанные нагрузки определяются равенствами :

$$\Delta P = P1 - P2 \quad (1)$$

$$Q = \frac{q * z * l \pi}{2 * \pi * a} \quad (2)$$

$$M = \frac{q * z * l \pi^2}{4 * \pi * a} \quad (3)$$

Соответствующие этим нагрузкам максимальные напряжения в пластинах определяются равенствами [3]:

$$\sigma^{\Delta P} = K_{\sigma}^{\Delta P} \frac{\Delta P * a^2}{h^2} \quad (4)$$

$$\sigma^Q = K_{\sigma}^Q \frac{2\pi * a * Q}{h^2} \quad (5)$$

$$\sigma^M = K_{\sigma}^M \frac{M}{h^2} \quad (6)$$

Коэффициенты в равенствах (4)-(6) определяются из графиков построенных в работе [3]. В области упругих деформаций действует принцип суперпозиции, поэтому суммарное напряжение в полотно рабочего колеса определяется равенством:

$$\sigma_{\max}^{\Sigma} = \sigma^M + \sigma^{\Delta P} + \sigma^Q \quad (7)$$

После подстановки в равенство (7) выражений (6),(5),(4) с учетом равенств (3),(2),(1) получаем расчетную зависимость.

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{\Delta P * a^2 * [K_{\sigma}^{\Delta P} + 2 * \xi * (1 + \frac{\xi}{2}) * (K_{\sigma}^Q + K_{\sigma}^M * \frac{\xi}{4\pi})]}{h^2}, \text{ в которой } \xi = \frac{l \pi}{a} \quad (8)$$

$$\Delta P = [10..20];$$

$$a = 0.125;$$

$$h = [0.02..0.04];$$

$$l_l = 0.045;$$

$$K_{\sigma}^{\Delta P} = 1.162;$$

$$K_{\sigma}^{\varphi} = 0.1875;$$

$$K_{\sigma}^M = 0.193;$$

### Пример расчета

Расчет проведен по следующим исходным данным:

Результаты расчетов приведены в виде поверхности, представленной на рис.3

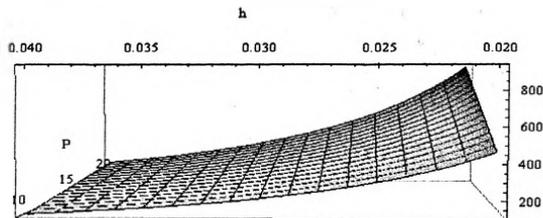


Рис. 3. зависимость максимальных напряжений в полотне рабочего колеса турбины от ее толщины и перепада давлений.

В настоящей работе рассмотрено также предельное состояние полотна диска, которое возникает при образовании осесимметричного механизма пластического разрушения. Механизм показан на рис.4.

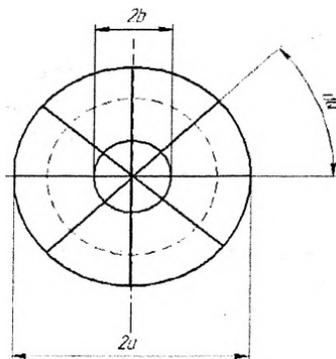


Рис. 4. Механизм пластического разрушения диска.

Из уравнения равновесия моментов абсолютно жесткого элемента рис. 5 с угловым размером  $\Delta Q$  следует равенство  $dP(9)$

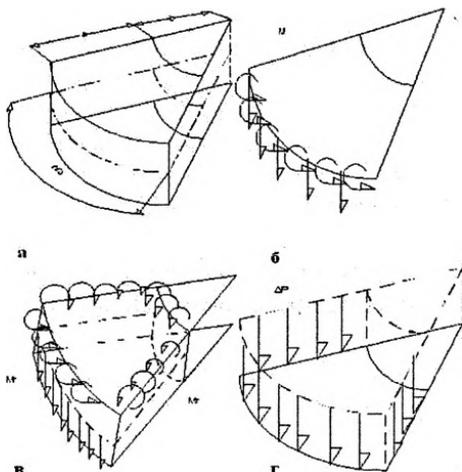


Рис. 5. Расчетная схема механизма пластического разрушения диска:  
 а — геометрия абсолютно жесткого сектора механизма  
 пластического разрушения;  
 б и в — схема нагружения сектора механизма;  
 г — схема сопротивления сектора механизма.

$$\Delta P(h) = \left(\frac{h}{2}\right)^2 * \frac{(2 * \sigma r(a-b) + \sigma \theta * b)}{Rc * L1 * (a * b + \frac{L1}{2}) + (a-b)^2 * \frac{(a+b) * \xi}{2}} \quad (9)$$

В котором ,  $\xi = \frac{\rho - b}{a - b}$  где  $\rho = b + c$  - расстояние до центра трапеции:

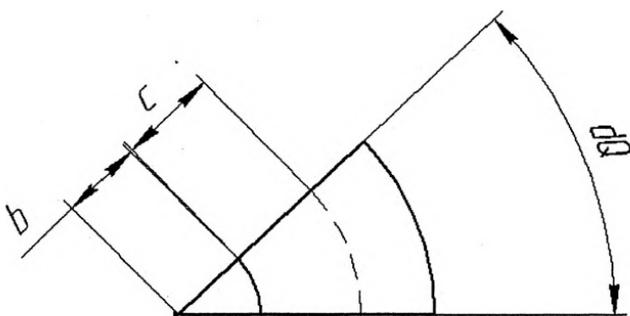


Рис. 6. К отысканию геометрического центра площади сектора механизма.

где

$$c = \frac{a \cdot (2 \cdot a + 3 \cdot b)}{3 \cdot a + 6 \cdot b}$$

### Пример расчета

Расчет проведен по следующим исходным данным:

$$a = 0.125$$

$$b = \frac{a}{3}$$

$$L1 = 0.045$$

$$\sigma r = 800$$

$$\sigma \theta = 800$$

$$\rho = b + \frac{a \cdot (2 \cdot a + 3 \cdot b)}{3 \cdot a + 6 \cdot b}$$

$$Rc = a + \frac{L1}{2}$$

$$\xi = \frac{\rho - b}{a - b}$$

$$h = [0.02..0.04]$$

Результаты расчетов приведены в виде кривой, представленной на рис. 7.

$$\Delta P(h) = \left(\frac{h}{2}\right)^2 * \frac{(2 \cdot \sigma r (a - b) + \sigma \theta * b)}{Rc * L1 * (a * b + \frac{L1}{2}) + (a - b)^2 * \frac{(a + b) * \xi}{2}}$$

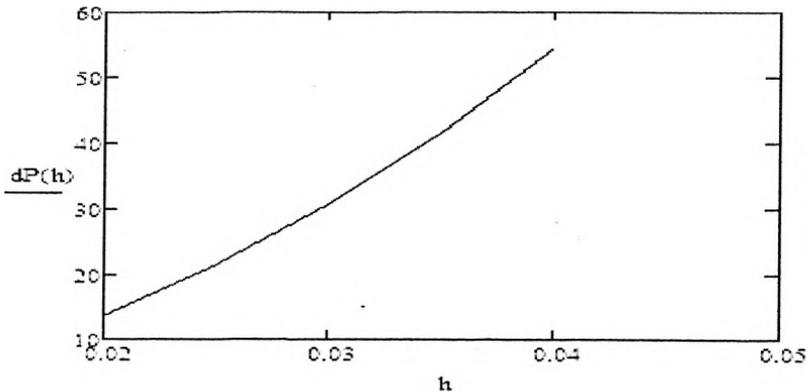


Рис. 7. Зависимость предельного перепада давления от толщины полотна рабочего колеса турбины.

## **Заключение**

В заключение работы можно сделать следующие выводы.

Полученный в статье комплекс  $K$  рассматривается в качестве критерия согласования линейных и угловых смещений лопаток периферийного сечения (или бандажной полки) рабочего колеса реактивной турбины от перепадов давления и температур.

Значения комплекса  $K$  для линейных и угловых смещений –  $\xi^u$  и  $\xi^b$  – получены аналитически для простой модели рабочего колеса. Для колес более сложной формы с неравномерными полями давлений и температур величины  $\eta^u$  и  $\eta^b$  могут быть определены численными методами конечных элементов (МКЭ) с учетом всех трех факторов, вызывающих деформации колеса: перепады давлений и температур и центробежные силы.

Значения комплекса  $K$  позволяют определить способ корректировки параметров рабочего тела и рабочего колеса, что будет способствовать достижению расчетной величины КПД и высокой надежности ТНА совместно с другими мероприятиями по совершенствованию узла турбины.

Предложены методы оценки прочности рабочего колеса реактивной турбины при условии упругой изгибной деформации, и при условии его предельного состояния.

## **Библиографический список**

Сарафаслянян Х.Б. Скибина С.А., Соловьев В.В. Исследование статических и динамических характеристик рабочего колеса турбины //Труды НПО Энергомаш. М., 2000. №18. – с. 115-124.

2. Авдеев А.В., Хомяков А.М. Силовое проектирование рабочих колес реактивных турбин// Тепловые эффекты в технике №2, 2012 г.. – с. 9.

3. Биргер И.А. Шорр Б.Ф., Шнейдерович Р.М. Расчет на прочность деталей машин. М.: Машиностроение. 1966. – 616с.

Андреев С.П., Корсун О.Н., Приходько С.Ю.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

## **Моделирование работы газотурбинных двигателей в целях сертификации воздушного судна**

Из-за сложности освоения новой газотурбинной техники качественное обновление двигателей происходило этапами не ранее чем через 10 лет. За это время количественные накопления научных и технологических достижений, появление новых материалов, непрерывное ужесточение требований со стороны новых самолетных разработок создавали техническую возможность и необходимость

разработки новых двигателей с качественно более высоким уровнем совершенства конструкции и характеристик — так называемых двигателей нового поколения.

Каждое новое поколение двигателей характеризуется комплексом новых признаков, таких как назначение (военное, гражданское), тип и схема двигателя и его основных элементов, увеличенные параметры термодинамического цикла, сниженные значения удельного веса и расхода топлива, уменьшенное число ступеней, применение новых материалов и т. п.

Создание ГТД сложный и трудоемкий процесс, требующий больших материальных затрат. Это связано с тем, что данный процесс требует большого количества итераций, на основе которых изготавливаются основные элементы двигателя. Существенно сократить затраты при создании ГТД позволяют методы математического моделирования, основанные на современной теории авиационных газотурбинных двигателей[1].

Одним из интенсивно развивающихся направлений в отечественном двигателестроении является широкое внедрение на этапах НИОКР расчетных методов исследования, базирующихся на использовании возрастающей производительности вычислительных систем и современных прикладных программ, которые позволяют моделировать сложные физические процессы, происходящие в ГТД и его основных узлах. Применение имитационного моделирования особенно актуально на ранних стадиях проектирования для сокращения количества натурных и полунатурных экспериментов, минимизации материальных и временных затрат. Кроме того, сочетание современных расчетных методов и численных методов оптимизации дают возможность проведения целенаправленного поиска технических проектных решений, обеспечивающих предельные значения показателей эффективности разрабатываемых авиационных ГТД и его отдельных узлов.

Для моделирования двигателя с его индивидуальными особенностями и характеристиками разрабатывается индивидуальная модель двигателя. Исходя из этого, необходимо, чтобы математическая модель имела те же параметры, что и ГТД при его испытаниях. Если совпадение параметров ГТД и имитационной модели (ИМ) происходит в одной «точке», то такую модель называют «точечной». Если параметры ГТД и ИМ совпадают в нескольких «точках» (например, на дроссельной характеристике), то такую модель называют «статической» моделью двигателя. Набор точек, в которых ИМ описывает ГТД (поле точек, их диапазон) характеризует качество модели. Если параметры ГТД и ИМ совпадают не только в точках дроссельной характеристики (на линии

установившихся режимов), но и в переходных процессах, то такую модель называют «динамической». Набор моделируемых режимов также характеризует качество модели.

От «точечной» до «динамической» модели сложность моделирования повышается многократно. Если «точечную» модель можно получить «вручную» (при помощи «простых» вычислительных средств), то переход к «статической» и «динамическим» моделям возможен только на базе современной вычислительной техники и программных комплексов. Положительный эффект от применения математического моделирования с усложнением модели также возрастает многократно. Если при помощи «точечной» ИМ оцениваются параметры эффективности узлов, эффективность всего двигателя и т.п., то при помощи «динамической» ИМ возможно моделировать переходные процессы протекающие в ГТД при различных внешних воздействиях, регулировках, прогнозировать различные критические ситуации, оптимизировать работу автоматики, оценивать изменение характеристик отдельных узлов и двигателя в целом в процессе эксплуатации.

На сегодняшний день многими авиадвигателестроительными фирмами проводятся исследования, направленные на создание методики «сквозного» математического моделирования, позволяющие полностью описать все процессы и физические явления, протекающие в газоздушном тракте ГТД и позволяющая существенно повысить качество проектирования и проводимых испытаний. Перед моделированием какого-либо технического объекта необходимо произвести идентификацию его модели. Процесс идентификации заключается в приведении параметров математической модели в соответствие с параметрами объекта на испытаниях. Поэтому разработка способа идентификации, позволяющего существенно повысить точность и надежность прогнозных оценок показателей ГТД, является актуальной и важной.

Ключевым моментов в «завязке» двигателя [2] является выбор определяющих параметров для формирования системы уравнений. Решением этой системы определяются характеристики элементов и геометрические размеры двигателя. Диалоговая система «Двигатель» (ДСД) позволяет произвести сопоставление ряда возможных альтернативных вариантов ГТД, отличающихся изменениями отдельных параметров или законов регулирования[2]. Так, для оперативного анализа результатов расчета дроссельных характеристик запускается процедура автоматизированного визуального и графического исследования результатов расчета дроссельных характеристик. В программе предусмотрена передача рассчитанных данных в Excel, что существенно расширяет возможности по анализу характеристик модели

двигателя. Эта функция позволяет рассчитывать и сравнивать протекание дроссельных характеристик с характеристиками, поставляемыми разработчиком.

ДСД имеет иерархическую структуру и, в соответствии со своим назначением, включает в свой состав следующие элементы: блок управления системой; подсистемы, выполняющие решение определенных задач проектирования (завязка двигателя, расчет дроссельных характеристик и т.д.); блоки вывода информации для оперативного анализа и сопоставления альтернативных вариантов; архивы для длительного хранения информации и средства автоматической информационной связи между структурными элементами системы, обеспечивающие также работу ДСД в режиме взаимодействия с другими программами; сервисное обеспечение диалога, включающее диалоговый язык общения с ЭВМ; аппарат контроля исходных данных и контроля действий проектировщика.

Каждая подсистема, в свою очередь, также имеет иерархическую структуру и состоит из блока управления подсистемой и модулей, реализующих отдельные виды работ: ввод данных; расчет по математической модели; просмотр и графическая визуализация результатов; замена отдельных исходных данных.

Диалоговая система «Двигатель» обеспечивает проектировочный расчет основных параметров и характеристик следующих типичных схем ГТД:

- одноконтурных ТРД и ТРДФ;
- двухконтурных ТРДД и ТРДДФ со смешением потоков;
- двухконтурных ТРДД и ТРДДФ с отдельными контурами.

Все рассматриваемые типы двигателей могут различаться числом валов, а двухконтурные двигатели – наличием или отсутствием подпорных ступеней и редуктора в приводе вентилятора.

Особенностью ДСД является наличие в ее составе специализированных баз данных (архивов) с одной системой управления, содержащих информацию о двигателях (параметры расчетного режима, характеристики). Количество архивов и их размер не ограничены и зависят от наличия свободного места в памяти компьютера. Архивы идентифицируются по именам. В процессе работы можно копировать информацию из одного архива в другой. Эта возможность используется для завязки нового двигателя с учетом известных значений его отдельных параметров (завязка по прототипу).

Кроме хранения данных архив выполняет роль буфера при передаче информации между подсистемами ДСД. Как правило, один из архивов содержит прототипы различных схем ГТД и конкретные двигатели (такие, как F101, Olimp, CFM56 и т.д.). Для этого из базы данных ДСД

выбирается двигатель с подходящими параметрами, копируется под новым именем, затем в режиме диалога с помощью замены исходных данных меняются условия завязки на заданные и проводится расчет.

Так как результаты расчетного режима сохраняются в базе данных и служат начальными приближениями для повторных расчетов, отпадает необходимость в проведении предварительного расчета геометрических параметров двигателя (расчет начальных приближений): вместо него, при необходимости, можно посчитать расчетный режим с промежуточными значениями параметров, последовательно, в режиме диалога, приближая их к заданным.

Могут быть заданы как параметры, определяющие размерность двигателя (значения площадей  $F_{\text{СкрI}}$ ,  $F_{\text{СкрII}}$ , суммарный расход воздуха  $G_{\text{вз}}$  при заданном  $D_{\text{вх}}$  и др.), параметры движителя, так и другие определяющие параметры для формирования системы уравнений.

Программа позволяет сохранять и использовать предыдущие результаты моделирования для завязки по прототипу, что существенно облегчает отражение в модели двигателя изменений, появляющихся в процессе его проектирования.

Также диалоговая система «Двигатель» может применяться для задач аэродинамического расчёта обтекания мотогондолы. На этапе проектирования компоновки силовой установки самолета возникает ряд проблем, непосредственно связанных с используемым двигателем, особенно если он сам находится в стадии разработки. К числу таких проблем, применительно к дозвуковым магистральным и транспортным самолетам, относятся: возрастающее взаимовлияние двигателя и планера с ростом степени двухконтурности ТРДД (ожидаемые значения 8.5 – 10.5), без учета которого становится все труднее достоверно оценивать аэродинамические характеристики силовой установки; ограниченность информации о предполагаемом к использованию двигателе, связанная как с объективными причинами (недостаточная проработка двигателя), так и с организационными обстоятельствами (конфиденциальность данных и математической модели); постоянно меняющаяся геометрия мотогондолы и ее проточной части.

Такая модель двигателя должна удовлетворять ряду требований, включающих: изменение полных параметров в соплах в зависимости от изменения получаемых в программе расчета обтекания коэффициентов расхода; простой и гибкий пользовательский интерфейс, позволяющий исследователю с первоначальными знаниями о газотурбинном двигателе проводить «завязку» двигателя и выполнять простейшие расчеты дроссельных и высотно-скоростных характеристик. Входными параметрами в такую модель должны быть открытые данные, поставляемые разработчиком двигателя.

При определении абсолютной величины как идеальной, так и эффективной тяги изменение свойств газа учитывается, а величина расхода определяется в программе расчета двигателя. Это позволяет наилучшим образом согласовывать с разработчиком двигателя представление о получаемом режиме работы двигателя в условиях компоновки.

Таким образом, процесс моделирования представляет сложный процесс, позволяющий снизить затраты на этапе проектирования конкретного образца. В то же время к процессу моделирования предъявляются как общие требования, так и требования со стороны пользователя, осуществляющего научно-исследовательскую и сертификационную работу.

#### **Библиографический список**

1. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М., Котовский В.Н., Полев А.С. Теория авиационных двигателей, в 2-х т. – М., ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2006 г.
2. Андреев С.П., Берсенева Н.В., Макаров В.Е. Диалоговая система автоматизированного проектирования типичных схем ГТД. - М.: ЦИАМ, 2010 г., 51 с.

# ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Галай И.А., Веремеенко К.К.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

## **Разработка методики калибровки бесплатформенной инерциальной навигационной системы с использованием фильтра калмана**

Задача исследования бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) заключается в нахождении коэффициентов модели ошибок ее датчиков поступательного и углового движения. Существует два подхода к проведению испытаний. Различаются они по типу информации, используемой в алгоритмах идентификации. Если в первом случае информация напрямую снимается с блока чувствительных элементов, то во втором случае используется выходная информация БИНС о широте, долготе и высоте местоположения, составляющих путевой скорости и скорости изменения высоты, а также информация об углах ориентации. Недостатком первого метода является то, что не проверяется точность позиционной, скоростной и угловой информации с непосредственного выхода БИНС. В процессе вычисления могут накопиться ошибки, которые можно включить в вектор состояния и идентифицировать, тем самым повысив точность системы. Вторым минусом данного подхода является то, что сигналы с гироскопов и акселерометров содержат несглаженные шумы, нежели сигналы непосредственного выхода системы, что в худшую сторону повлияет на процесс оценки погрешностей.

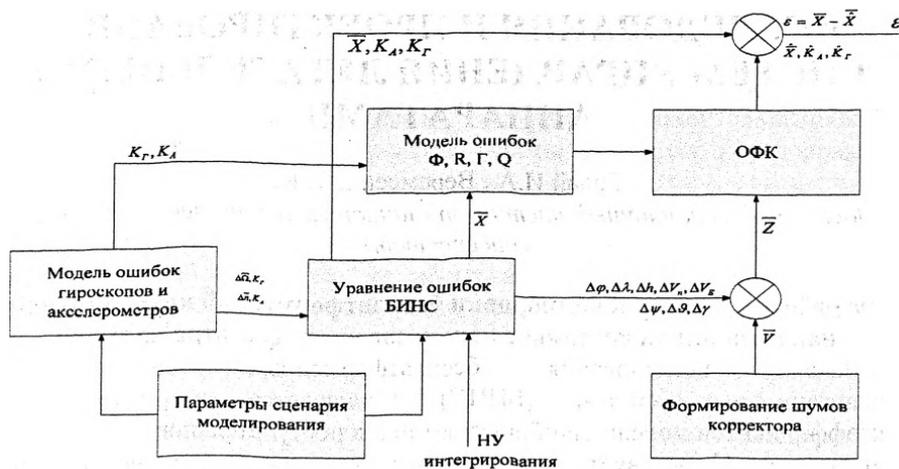


Рис. 1. Структурная схема калибровки БИНС по сигналам с ее непосредственного выхода.

где,  $\bar{X}$  - вектор состояния;  $\bar{u}$  - вектор управления;  $\bar{w}$  - вектор шумов системы;  $\bar{v}$  - вектор шумов измерений;  $F$  - матрица динамики системы;  $B$  - матрица управления;  $G$  - матрица шумов системы;  $H$  - матрица измерений;  $Z$  - разность показаний ИНС и эталонного оборудования.

Второй подход заключается в снятии сигналов непосредственно с выходов системы. Имея данные об ошибке определения навигационных параметров и параметров ориентации, задавшись моделью ошибок БИНС и моделью ошибок гироскопов и акселерометров, рассчитываются калибровочные коэффициенты для датчиков первичной информации, входящих в состав системы. Идея использования математической модели ошибок БИНС при калибровке заключается в нахождении способа, с помощью которого по измеренным выходным сигналам системы можно определить калибровочные коэффициенты инерциальных измерителей. Реализация такого способа стала возможной с появлением поворотных столов, которые определяют ориентацию БИНС с достаточно высокой точностью [2]. Предложим вариант калибровки инерциальной навигационной системы. Структурная схема процесса калибровки отражена на рисунке 1.

Запишем уравнения системы в пространстве состояний, чтобы иметь возможность применить ОФК. Полная модель содержит уравнение состояния системы и уравнение измерений.

$$\begin{cases} \dot{\bar{x}} = F\bar{x} + B\bar{u} + G\bar{w}; \\ \bar{z} = H\bar{x} + \bar{v}; \end{cases} \quad (1)$$

Зададимся моделью ошибок БИНС, подробно описанной в труде [1]. В скалярно-матричном уравнении ошибок БИНС полные погрешности гироскопов и акселерометров заменяются их математическими моделями:

$$\begin{aligned} \Delta\Omega_1 &= m_{0x} + m_{1x} \cdot (n_y - n_z) + m_{3x} \cdot \Omega_x + \delta\Omega_1; \\ \Delta\Omega_2 &= m_{0y} + m_{1y} \cdot (n_x - n_z) + m_{3y} \cdot \Omega_y + \delta\Omega_2; \\ \Delta\Omega_3 &= m_{0z} + m_{1z} \cdot (n_x - n_y) + m_{3z} \cdot \Omega_z + \delta\Omega_3; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Delta n_1 &= a_{1x} + a_{2x} n_x + \delta n_1; \\ \Delta n_2 &= a_{1y} + a_{2y} n_y + \delta n_2; \\ \Delta n_3 &= a_{1z} + a_{2z} n_z + \delta n_3; \end{aligned} \quad (3)$$

здесь  $m_{0x}$ ,  $m_{0y}$ ,  $m_{0z}$  - постоянный дрейф соответствующего гироскопа;  $m_{1x}$ ,  $m_{1y}$ ,  $m_{1z}$  - дрейф гироскопа, зависящий от первой степени перегрузки (в разных типах гироскопа причины такой зависимости могут быть разными);  $m_{3x}$ ,  $m_{3y}$ ,  $m_{3z}$  - дрейф гироскопа, вызванный нестабильностью масштабного коэффициента;  $a_{1x}$ ,  $a_{1y}$ ,  $a_{1z}$  - постоянная составляющая ошибки акселерометра;  $a_{2x}$ ,  $a_{2y}$ ,  $a_{2z}$  - параметры, характеризующие ошибку акселерометра из-за неточности масштабного коэффициента;  $n_x, n_y, n_z$  - проекции вектора кажущегося ускорения на оси соответствующих гироскопов;  $\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z$  - проекции абсолютной угловой скорости вращения на оси чувствительности гироскопов. На основании приведенных соотношений определяются матрицы динамики системы и матрица шумов системы. Вектор состояния системы, в соответствии с принятыми математическими моделями, имеет размерность 24:

$$\bar{X} = [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \alpha, \beta, \gamma, a_{1x}, a_{1y}, a_{1z}, a_{2x}, a_{2y}, a_{2z}, m_{0x}, m_{0y}, m_{0z}, m_{1x}, m_{1y}, m_{1z}, m_{3x}, m_{3y}, m_{3z}]^T$$

Матрица измерений  $H$  будет иметь вид:

$$H = [H_{11} \quad 0_{9 \times 15}];$$

где матрица  $H_{11}$  равна:

$$H_{11} = \begin{bmatrix} \frac{1}{(R+h)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{(R+h)\cos\varphi} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\dot{H}}{(R+h)} + \Omega_x \tan\varphi & 1 & -\Omega_x & 0 & \Omega_y & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{\dot{H}}{(R+h)} & 1 & -\Omega_x & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{(R+h)} & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{1}{(R+h)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \frac{1}{(R+h)} \cdot \tan\varphi & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

где  $\varphi$  - широта местоположения поворотного станда.

Матрицу шумов корректора запишем в следующей форме:

$$\bar{V} = [\delta\varphi_{эм} \quad \delta\lambda_{эм} \quad \delta h_{эм} \quad \delta V_{n_эм} \quad \delta V_{e_эм} \quad \delta \dot{h}_{эм} \quad \delta\alpha_{эм} \quad \delta\beta_{эм} \quad \delta\gamma_{эм}]^T; \quad (7)$$

где  $\delta\varphi_{эм}$  - ошибка определения эталонного значения широты, получаемой в результате измерения местоположения станда с предустановленным прибором высокоточным устройством;  $\delta\lambda_{эм}$  - ошибка определения эталонного значения долготы, получаемой в результате измерения местоположения станда с предустановленным прибором высокоточным устройством;  $\delta h_{эм}$  - ошибка определения эталонного значения высоты, получаемой в результате измерения местоположения станда с предустановленным прибором высокоточным устройством;  $\delta V_{n_эм}$  - ошибка определения Северной составляющей путевой скорости измерителями поворотного станда;  $\delta V_{e_эм}$  - ошибка определения Восточной составляющей путевой скорости измерителями поворотного станда;  $\delta \dot{h}_{эм}$  - ошибка определения изменения высоты измерителями станда;  $\delta\alpha_{эм}$ ,  $\delta\beta_{эм}$ ,

$\delta\gamma_{\text{эт}}$  - ошибки поворотного стенда в определении ориентации. После проведения преобразований и перехода к дискретной системе воспользуемся уравнениями дискретного фильтра Калмана в форме Джозефа:

$$\begin{cases} \hat{x}_k = \Phi \hat{x}_{k-1} + K_k (Z_k - H\Phi \hat{x}_{k-1}) \\ S_k = \Phi \cdot P_{k-1} \cdot \Phi^T + \Gamma \cdot Q_1 \cdot \Gamma^T \\ K_k = S_k H^T (H S_k H^T + R_1)^{-1} \\ P_k = [E - K_k H] S_k [E - K_k H]^T + K_k R_1 K_k^T \end{cases}$$

Решением данной системы уравнений будет некоторая оценка вектора состояния системы. В ходе испытаний, с целью обеспечения наблюдаемости большинства составляющих вектора состояния, БИНС необходимо устанавливать в различные положения. После каждой перестановки системы производится начальная выставка. Результатом испытаний являются калибровочные коэффициенты модели ошибок гироскопов и акселерометров. В рамках настоящей работы создан программный комплекс для проведения имитационных исследований процесса калибровки БИНС. Для решения задачи выбрана среда разработки MatLab. Проанализированы выходные графики программного комплекса для СКО ошибок и ошибок оценок постоянных составляющих погрешности. В качестве исследуемой системы выбрана БИНС на лазерных гироскопах и маятниковых акселерометрах высокой степени точности.

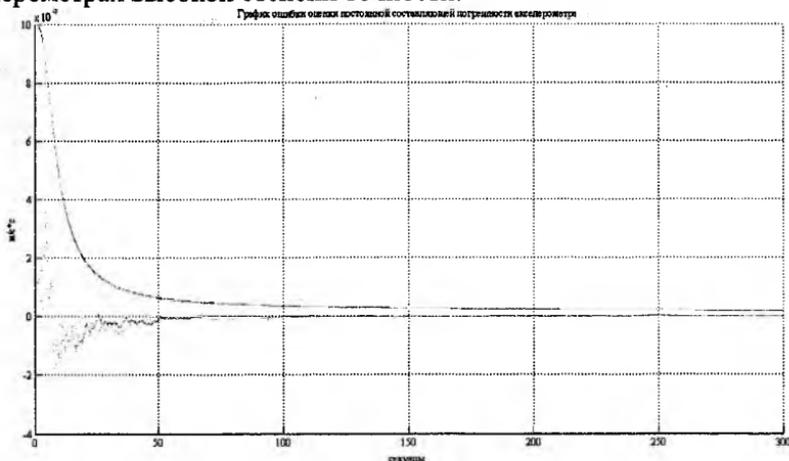


Рис. 2. СКО ошибки и ошибки оценки постоянных погрешностей акселерометров.

В начальном положении системы на поворотном основании проекция вектора ускорения свободного падения полностью проецируется на измерительную ось одного из акселерометров. На рисунке 2 видно, что ошибка оценки для двух акселерометров за 100 секунд устанавливается на уровне  $0.0001 \text{ м/с}^2$ .

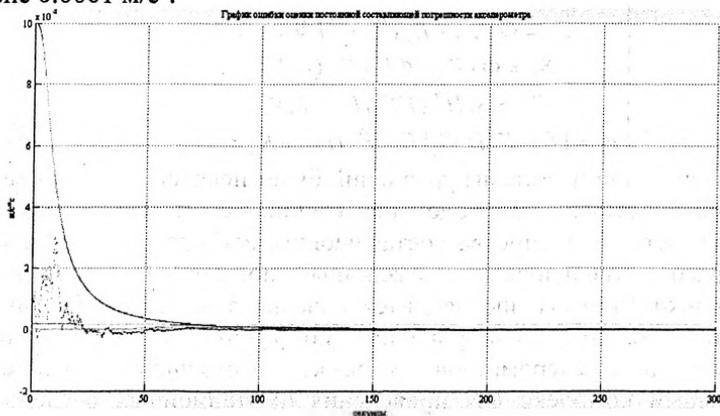


Рис. 3. СКО ошибки и ошибки оценки постоянных погрешностей акселерометров.

На втором положении поворотного основания, как видно из рисунка 3, происходит оценка второго акселерометра с точностью порядка  $0.001 \text{ м/с}^2$ . Отметим, что СКО ошибки оценки постоянной составляющей ошибки акселерометра, которому соответствует зеленый цвет на графике, несколько выше, чем у других приборов. Рассмотрим графики для третьего положения стенда после произведения переориентации БИНС и ее последующей начальной выставки.

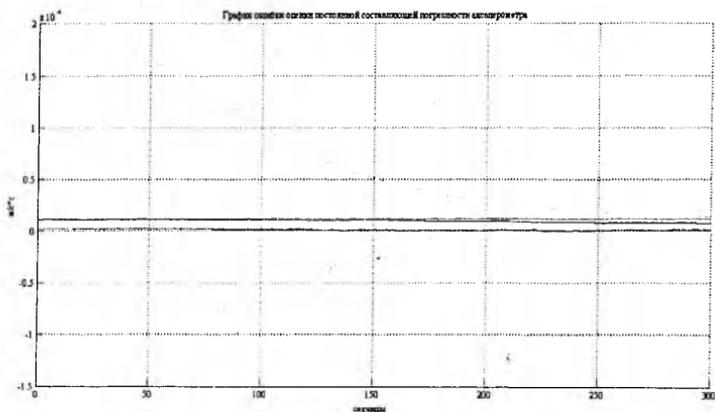


Рис. 4. СКО ошибки и ошибки оценки постоянных погрешностей акселерометров.

Проведенный ковариационный анализ показывает, что СКО оценки постоянной составляющей погрешности акселерометра, которому соответствует зеленый цвет на графике, несколько улучшилась по сравнению с предыдущим шагом, достигнув значения аналогичного параметра у других акселерометров блока. К третьему положению системы найдены оценки постоянных составляющих погрешностей акселерометра с точностью  $0.00001 \text{ м/с}^2$ , удовлетворяющие требованиям калибровки маятниковых акселерометров высокой степени точности. Аналогичный анализ результатов был проведен для оценок всех составляющих вектора состояния (4). Имитационное моделирование подтвердило, что разработанный алгоритм позволяет провести калибровку БИНС с достаточной точностью в рамках заявленных моделей для перспективных разработок систем ориентации и навигации.

#### **Библиографический список.**

Веремеенко К.К., Желтов С.Ю. и др. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов. // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009 г.

Галай И.А., Зимин Р.Ю. Анализ характеристик двухосного поворотного стенда компании ActiDyn. // сборник тезисов докладов “Инновации в авиации и космонавтике – 2011”, 2011 г.

Галай И.А. Программно-математическое обеспечение лаборатории испытаний интегрированных навигационных систем. // Тезисы докладов Международного научно-технического семинара “Современные технологии в задачах управления, автоматике и обработки информации”, г. Алушта, 2011 г.

А.Е. Федоров, Д.А. Рекунов, С.Е. Переляев, Ю.Н. Челноков. Калибровка блока инерциальных чувствительных элементов и моделирование автономного режима функционирования инерциальной системы на базе монолитного трехкомпонентного лазерного гироскопа. // Новости навигации, №3, 2010 г.

Тарановский Д.О. Метод калибровки блока маятниковых поплавковых акселерометров корабельной инерциальной навигационной системы. // С.-Пб.: Автореферат, 2009.

Николаев С.Г. Калибровка бесплатформенных инерциальных навигационных систем. // Приборостроение, 2009 г.

### **Высокоточная комплексная навигационная система роботизированного транспортного средства**

По оценкам экспертов, в течение первых трёх десятилетий XXI века в мире будет произведено больше автомобилей, чем за сто лет с начала их массового выпуска [1,2,3,4]. Уже сегодня стремительный рост числа автотранспорта и снижение пропускной способности магистралей в прямом смысле останавливает города. Общегосударственная транспортная политика многих развитых стран в настоящее время базируется на разработке и продвижении интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Они рассматриваются как действенное средство решения насущных проблем транспортной отрасли, таких как неприемлемый уровень людских потерь в результате транспортных происшествий, задержки оборота пассажиров и грузов, недостаточно высокая производительность транспортной системы, рост потребления энергоресурсов, негативное влияние на окружающую среду и др.

#### **Цель и задачи работы.**

Для построения современного управляюще-навигационного комплекса (УНК) для роботизированного транспортного средства необходимо решить следующие задачи:

- Составить общую концепцию комплекса, рассмотрев накопленный опыт в проектировании и построении управляющих комплексов для интеллектуальных транспортных средств. Концепция заключается в системной интеграции навигационных и коммуникационных технологий и создании полностью роботизированного интеллектуального транспортного средства, которое будет являться платформой для отработки новых решений и технологий в области ИТС.
- На основе составленной концепции сформировать состав и структуру управляющего комплекса, определить методы и технологии его построения.
- Составить алгоритмы функционирования комплекса, включая алгоритмы ориентации, навигации и комплексной обработки информации.
- Разработать программный комплекс имитационного моделирования алгоритмов работы системы управления ИТС.
- Провести анализ результатов имитационного моделирования.

## **Состав и структура УНК РТС.**

**Машинное зрение.** По аналогии со зрительной системой человека, активная система машинного зрения обычно состоит из двух или более камер, которые могут регулировать направление взгляда в соответствие с наиболее важными областями панорамы. Такая система может быть полезна во многих дорожных ситуациях: например, при приближении к перекрестку активные головки камеры могут расширить поле зрения почти до 180 градусов.

**Лидары.** Лидар — технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеивания в прозрачных и полупрозрачных средах. Лидар представляет собой, как минимум, активный дальномер оптического диапазона. Сканирующие лидары в системах машинного зрения формируют двумерную или трёхмерную картину окружающего пространства. «Атмосферные» лидары способны не только определять расстояния до непрозрачных отражающих целей, но и анализировать свойства прозрачной среды, рассеивающей свет.

**Комплексная инерциально-спутниковая навигационная система** – высокоточная бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) на лазерных гироскопах, работающая в комплексе с приемником сигналов глобальных спутниковых навигационных систем (ГНСС). Объединение спутниковой и инерциальной навигационных систем позволяет ограничить рост погрешностей ИНС и снизить шумовую составляющую ГНСС [5,6].

**RFID.** Для передачи информации о дорожной инфраструктуре можно использовать RFID — метод автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках [7]. Любая RFID-система состоит из считывающего устройства (считыватель, ридер или интеррогатор) и транспондера (он же RFID-метка, иногда также применяется термин RFID-тег).

**Одометры.** Одометр — прибор для измерения количества оборотов колеса. При помощи его может быть измерен пройденный транспортным средством путь и скорость.

**Магнитный компас.** Магнитный компас используется в качестве магнитного датчика курса.

**Структура управляющего комплекса.** Структура управляющего комплекса показана на рисунке 1. Функционально структуру управляющего комплекса можно разделить на три части. Первая - подсистема получения навигационной информации (блоки, изображенные синим цветом). Она включает в себя как различные

датчики, установленные на ТС, такие как комплексная инерциально-спутниковая навигационная система, так и внешние источники информации, такие, например, как шина CAN. Вторая подсистема – подсистема оценки обстановки (фиолетовые блоки). Основная роль этой подсистемы – прогнозирование и определение статических (например, припаркованный автомобиль) и динамических препятствий (например, переходящий дорогу пешеход) по первичной информации с навигационной подсистемы, а также по информации, полученной от третьей подсистемы – подсистемы принятия решений (показана желтыми блоками). Основная роль этой подсистемы – на основе данных, полученных от подсистемы оценки обстановки, рассчитать и построить маршрут (путем задания контрольных точек) и сформировать управляющие воздействия, которые через интерфейс ТС поступают на приводы, установленные на органах управления ТС.

### Программно-математическое обеспечение алгоритма КОИ.

Ядром системы является БИНС, работающая в корректируемом режиме. В системе также присутствуют 2 корректора: приемник сигналов ГНСС и одометрическая система. Приоритетом при выборе корректора обладает ГНСС. Комплексование БИНС и ГНСС проводится по слабосвязанной схеме, которая наиболее проста в реализации и не требует специальной аппаратной части. В слабосвязанной системе навигационные параметры вырабатываются независимо в БИНС и ГНСС. Разность независимо вычисленных навигационных параметров будет использоваться для оценивания ошибок БИНС с целью их компенсации. В качестве оценителя используется интегрирующий фильтр Калмана.

$$Z^T = [z_1, z_2, z_3]$$

$$z_1 = \begin{bmatrix} \varphi_{\text{ИНС}} - \varphi_{\text{ГНСС}} \\ \lambda_{\text{ИНС}} - \lambda_{\text{ГНСС}} \\ V_{E \text{ ИНС}} - V_{E \text{ ГНСС}} \\ V_{N \text{ ИНС}} - V_{N \text{ ГНСС}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta\varphi_{\text{ИНС}} - \delta\varphi_{\text{ГНСС}} \\ \delta\lambda_{\text{ИНС}} - \delta\lambda_{\text{ГНСС}} \\ \delta V_{E \text{ ИНС}} - \delta V_{E \text{ ГНСС}} \\ \delta V_{N \text{ ИНС}} - \delta V_{N \text{ ГНСС}} \end{bmatrix}$$

$$z_2 = \begin{bmatrix} \lambda_0 - \lambda_{\text{ГНСС}} \\ \varphi_0 - \varphi_{\text{ГНСС}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta\lambda_0 - \delta\lambda_{\text{ГНСС}} \\ \delta\varphi_0 - \delta\varphi_{\text{ГНСС}} \end{bmatrix}$$

$$z_3 = \begin{bmatrix} \varphi_{\text{ИНС}} - \varphi_0 \\ \lambda_{\text{ИНС}} - \lambda_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta\varphi_{\text{ИНС}} - \delta\varphi_0 \\ \delta\lambda_{\text{ИНС}} - \delta\lambda_0 \end{bmatrix}$$

$\varphi_{\text{ИНС}}$ ,  $\lambda_{\text{ИНС}}$ ,  $\varphi_{\text{ГНСС}}$ ,  $\lambda_{\text{ГНСС}}$ ,  $\varphi_0$ ,  $\lambda_0$  - широта и долгота местоположения по показаниям БИНС, ГНСС, одометрического счисления;

$\delta\varphi_{\text{ИНС}}$ ,  $\delta\lambda_{\text{ИНС}}$ ,  $\delta\varphi_{\text{ГНСС}}$ ,  $\delta\lambda_{\text{ГНСС}}$ ,  $\delta\varphi_0$ ,  $\delta\lambda_0$  - ошибки определения соответствующих величин;

$V_{E \text{ ИНС}}$ ,  $V_{N \text{ ИНС}}$ ,  $V_{E \text{ ГНСС}}$ ,  $V_{N \text{ ГНСС}}$  - величины восточной и северной составляющих путевой скорости, измеренные ИНС и ГНСС;

$\delta V_{\text{ЕИНС}}, \delta V_{\text{НИНС}}, \delta V_{\text{ЕГСНС}}, \delta V_{\text{НГСНС}}$  - ошибки измерения соответствующих проекций скорости.

Оптимальный фильтр Калмана возможно применять при описании системы в пространстве состояний [8,9], причем полная модель должна быть представлена уравнениями состояния (непосредственно уравнения ошибок БИНС) и уравнениями измерений:

$$\begin{cases} \dot{\bar{x}} = F\bar{x} + G\bar{w} \\ \bar{z} = H\bar{x} + \bar{v} \end{cases}$$

где  $F$  – матрица динамики;  $\bar{X}$  – вектор состояния;  $G$  – матрица шумов системы;  $Z$  – вектор измерений, представляющий из себя разность показаний ИНС и ГНСС;  $H$  – матрица измерений;  $\bar{V}$  – вектор шумов измерений;  $\bar{W}$  – вектор шумов системы.

Вектор состояния системы:

$$\bar{X}^T = [x_1, x_2, x_3, x_4, \alpha, \beta, \gamma, \Delta\Omega_x, \Delta\Omega_y, \Delta\Omega_z, \Delta n_x, \Delta n_y, \Delta n_z, \Delta S, \Delta K_S, \Delta\Psi^M]$$

где:

$$x_1 = \frac{\delta\varphi}{R} \quad x_3 = \delta V_{\text{ЕИНС}} + \frac{(V_z / R_2) + \Omega_x \sin \varphi}{\cos \varphi} x_1 + \Omega_z x_2 - \Omega_y x_4$$

$$x_2 = \frac{\delta\lambda}{R \cdot \cos \varphi} \quad x_4 = \delta V_{\text{НИНС}} + \Omega_x x_3 + \frac{V_z x_2}{R_1}$$

$\alpha, \beta, \gamma$  – погрешности ориентации измерительного трёхгранника относительного вычисленного;

$\Delta\Omega_x, \Delta\Omega_y, \Delta\Omega_z$  – погрешности гироскопов, приведённые к осям вращающейся системы координат, в которой ведётся решение уравнений ошибок;

$n_x, n_y, n_z$  – погрешности акселерометров, приведённые к осям вращающейся системы координат, в которой ведётся решение уравнений ошибок;

$\Delta S$  – постоянная составляющая ошибки измерения одометрического счисления (ОС);

$\Delta K_S$  – ошибка масштабного коэффициента ОС;

$\Delta\Psi^M$  – постоянная составляющая ошибки измерения магнитного курса.

$$W = [\delta\Omega_1^{\delta.ш.} \quad \delta\Omega_2^{\delta.ш.} \quad \delta\Omega_3^{\delta.ш.} \quad \delta n_1^{\delta.ш.} \quad \delta n_2^{\delta.ш.} \quad \delta n_3^{\delta.ш.}]^T$$

$\delta n^{б.ш.}, \delta \Omega^{б.ш.}$  - случайные составляющие погрешности измерений гироскопов и акселерометров ("белый шум").

$$V = [\delta\phi_{СНС}^{бш} \quad \delta\lambda_{СНС}^{бш} \quad \delta V_{EСНС}^{бш} \quad \delta V_{NСНС}^{бш} \quad \delta\delta_{СНС}^{бш} \quad \delta\lambda_{СНС}^{бш} \quad \delta S^{бш} \quad \delta\psi_M^{бш}]^T$$

$\delta\phi_{СНС}^{бш} \quad \delta\lambda_{СНС}^{бш} \quad \delta V_{EСНС}^{бш} \quad \delta V_{NСНС}^{бш}$  - погрешности измерений ГНСС в виде белого шума,  
 $\delta S^{бш}$  - шумовая составляющая погрешности измерения одометрического счисления,  
 $\delta\psi_M^{бш}$  - шумовая составляющая погрешности измерения магнитного курса.

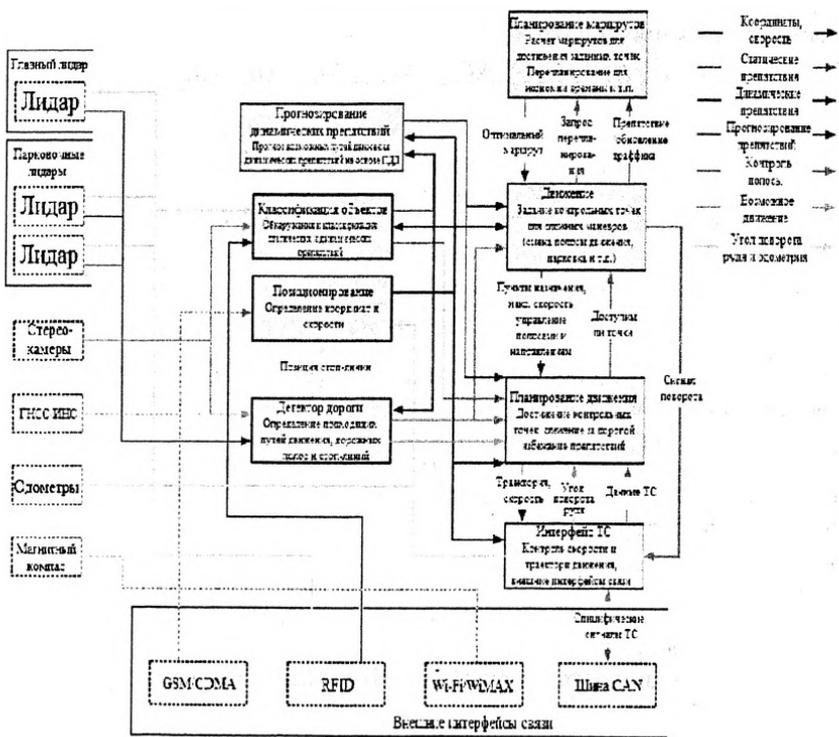


Рис. 1. Структура управляющего комплекса

## **Имитационное моделирование.**

### **Описание задач и методов имитационного моделирования.**

Имитационное моделирование проводится для оценки точности и устойчивости оценивания в зависимости от начальных условий, точности используемых навигационных приборов и различных возможных режимов работы навигационного комплекса.

В работе рассмотрено четыре различных сценария моделирования:

Сценарий «Общий». Данный сценарий моделирует работу комплексной навигационной системы с приоритетным режимом коррекции от ГНСС. При потере сигнала ГНСС комплекс переходит на коррекцию от одометра.

Сценарий «Город». Этот сценарий аналогичен сценарию «Общий», с тем дополнением, что в решении ГНСС приёмника присутствует постоянная погрешность равная 10 метрам (эффект многолучевости в условиях городской застройки).

Сценарий «Расширенный». Особенность данного сценария – режим совместной корректируемой работы ИНС/ГНСС/ОС. При потере сигнала спутников комплекс переходит на работу в режиме ИНС/ОС. Также присутствует среднее значение гауссовского белого шума, равное 10.

Сценарий «МЭМС». Данный сценарий моделирует возможную замену высокоточных, но более дорогостоящих лазерных гироскопов на микромеханические. С точки зрения математического аппарата это выражается в установке более высоких значений постоянной и шумовой составляющих ошибок измерений акселерометров и гироскопов.

### **Разработка программы имитационного моделирования.**

Для проведения имитационного моделирования в соответствии с описанными сценариями, было разработано программное обеспечение, реализующее модели ошибок подсистем комплекса и алгоритм дискретного фильтра Калмана.

Для моделирования различных режимов работы программа позволяет задать через запятую несколько временных интервалов движения с заданным курсом, и несколько значений курса, которые будут соответственно использоваться в начале каждого нового участка. Реализованный функционал также позволяет производить смену режима коррекции путем задания через запятую временных моментов смены режима.

### **Анализ результатов имитационного моделирования.**

Имитационное моделирование проводилось по описанным четырем сценариям, со следующими моментами смены режима коррекции: 800 с, 1200 с, 1900 с, 2200 с, 3000 с, 4000 с, 4800 с, 5100 с. Смена курса не производилась. При рассмотрении широтных показателей видно, что

включенная одометрическая коррекция существенно снижает ошибку оценки при чередовании режимов ИНС/ГНСС и ИНС/ОС, а также значительно увеличивает скорость и точность оценивания при работе в режиме ИНС/ГНСС/ОС, о чем говорят установившееся значение - около 13 метров через 20 с. Также следует отметить, что несмотря на значительно более низкие точностные характеристики гироскопов и акселерометров в сценарии «МЭМС» и присутствие значительной шумовой составляющей, ошибка оценки колеблется от 13 метров, как и для режима ИНС/ГНСС/ОС, до 5 метров. Точность оценки северной составляющей скорости также повышается при наличии одометрической коррекции. В случае сценария «Расширенный» ошибка оценивается за 20 секунд. Также заметно существенное улучшение скорости и качества оценки при переключении в режим ИНС/ОС при моделировании по сценарию «Город». В оценке погрешности определения проекций путевой скорости для сценария «МЭМС» видно присутствие значительной шумовой составляющей. Ошибка по углу  $\alpha$  оценивается примерно за 10 секунд для всех сценариев, кроме сценария «МЭМС», что обусловлено значительно более низкими точностными характеристиками акселерометров. Постоянная составляющая дрейфа гироскопа не оценивается ввиду совместной наблюдаемости угла  $\alpha$  и  $\Delta p$ . Уровень установившегося значения ошибки оценки обусловлен тем, что углы и показания акселерометров наблюдаются совместно. Для сценария «МЭМС» время оценки составляет около 600 секунд, но ошибка оценки значительно выше – около 0,5 градусов в час. Это объясняется большими дрейфами гироскопов. Оценка ошибки постоянной составляющей погрешности акселерометра происходит для первых трех сценариев примерно за 1500 секунд до значения  $0,00081 \text{ м/с}^2$ . Для сценария «МЭМС» оценивание происходит за 600 секунд, но значение ошибки значительно выше:  $0,02 - 0,01 \text{ м/с}^2$ . Установившиеся значения обусловлены совместной наблюдаемостью  $\alpha$  и  $\Delta p$ . По результатам проведенного моделирования можно сделать вывод, что включение в качестве корректора одометра повышает качество измерений навигационного комплекса и позволяет компенсировать наличие зашумленности в сигнале ГНСС или потерю его приема.

#### **Библиографический список.**

Козлов Л. Н., Урличич Ю. М., Циклис Б. Е. О концептуальных подходах формирования и развития интеллектуальных транспортных систем в России // Транспорт Российской Федерации. 2009. №3–4(22–23). С. 30. (Журнал)

Гиббз У. Триумф роботов // В мире науки 2006. №4. С. 40. (Журнал)

Российская Интеллектуальная Транспортная Система // Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в

2006-2012 годах» (Электронный ресурс). [http://www.fcp-pbdd.ru/tech\\_obdd/experience/detail.php?BLOCK=88&ID=14947](http://www.fcp-pbdd.ru/tech_obdd/experience/detail.php?BLOCK=88&ID=14947).

Итоговые материалы III Российского Конгресса по ИТС // Международная академия транспорта. (Электронный ресурс) [http://www.itamain.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=436:-iii-&catid=47:2010-03-08-15-29-44&Itemid=71](http://www.itamain.com/index.php?option=com_content&view=article&id=436:-iii-&catid=47:2010-03-08-15-29-44&Itemid=71).

Борискин А.Д., Вейцель А.В., Вейцель В.А., Жодзишский М.И., Милютин Д.С. Аппаратура высокоточного позиционирования по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем: «Приемники-потребители навигационной информации» // Москва, издательство МАИ. 2010.

Никишкин В. Б., Шорин В. С., Лисицкий Д. Л. Построение алгоритмов функционирования системы ориентации и навигации транспортных роботов // Труды конференции «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения». Москва. 2010.

Шарфельд Т. Системы RFID низкой стоимости // Москва. 2006.

Помыкаев И. И., Селезнев В. П., Дмитроченко Л. А. Навигационные приборы и системы // М.: Машиностроение. 1983.

Mohinder S. Grewal, Lawrence R. Weill, Angus P. Andrews Global positioning systems, inertial navigation, and integration. Second edition // Wiley-Interscience. 2007.

Титов Ю.П., Павленко А.И.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Применение алгоритмов комплексированной рельефно-многоспектральной обработки изображений для уточнения местоположения ЛА.**

В настоящее время актуальным научным направлением создания высокоточных навигационных систем летательных аппаратов (ЛА) является подход, связанный с разработкой корреляционно-экстремальных навигационных систем (КЭНС), работающих по геофизическим полям (ГФП) [1].

По траектории движения ЛА с горизонтальной траекторией полета определяется положение ряда зон коррекции (ЗК), в которых должна функционировать КЭНС. На основе результатов ее работы уточняется фактическое положение ЛА при входе в ЗК, и соответствующие поправки вводятся в работу инерциально-навигационной системы.

Работа КЭНС основана на сравнении эталонных изображений (ЭИ) ГФП, подготовленных априори (до полета ЛА) с помощью специальных

автоматизированных систем подготовки полетных заданий, и текущих изображений (ТИ) этих же полей, формируемых на основе реальных измерений, проводимых бортовой системой ЛА в ЗК.

В данной статье рассматривался подход, основанный на сжатии изображений с помощью вейвлет-преобразований и дальнейшем сравнении уже сжатых изображений. Основным требованием, выдвигаемым при этом к сжатию, является сохранение основных, характерных особенностей изображения, позволяющих в дальнейшем проводить сравнение изображений.

Все сжатые сигналы ЭИ могут быть сведены в динамическую библиотеку, эффективный поиск в которой нужного сигнала может быть осуществлен с использованием различных структур хранения информации: различных списков, В-деревьев и хеширования.

### Сравнительный анализ вейвлет-преобразований Добеши и Хаара.

Проведено исследование по оценке использования различных вейвлет-преобразований для сжатия изображений.

В качестве основных претендентов рассматривались преобразования Добеши и Хаара.

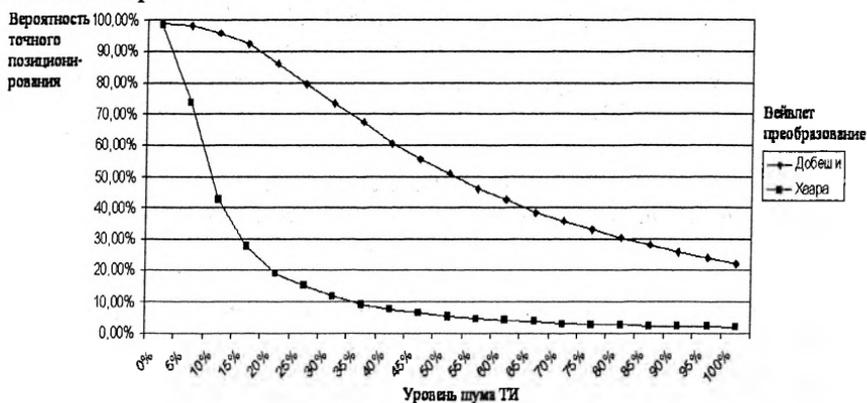


Рис.1.Эффективность применения различных вейвлет-преобразований.

Проведенный анализ показывает, что вейвлет Хаара обеспечивает достаточную точность позиционирования только в случае отсутствия шума. В связи с этим, в качестве основного вейвлет-преобразования для сжатия фотоизображений местности будем использовать преобразование Добеши.

### Оценка влияния кратности применения вейвлет-преобразования к исходному сигналу на точность позиционирования.

Будем в дальнейшем для компактности изложения материала использовать термин глубина вейвлет-преобразования, под которым

будем понимать кратность применения вейвлет преобразования по отношению к исходному сигналу. При каждом последующем применении вейвлет-преобразования к текущему сигналу полученный сжатый сигнал будет иметь в два раза меньше точек, чем исходный сигнал. Так, если использовать глубину вейвлет-преобразования равную 5, то при изображении размером 50х50 сжатый сигнал будет иметь 79 значений. А при глубине равной 9 – только 5 значений. Максимально можно получить сжатый сигнал из 2-х элементов.

Рассмотрим, как влияет глубина вейвлет-преобразования на точность позиционирования:

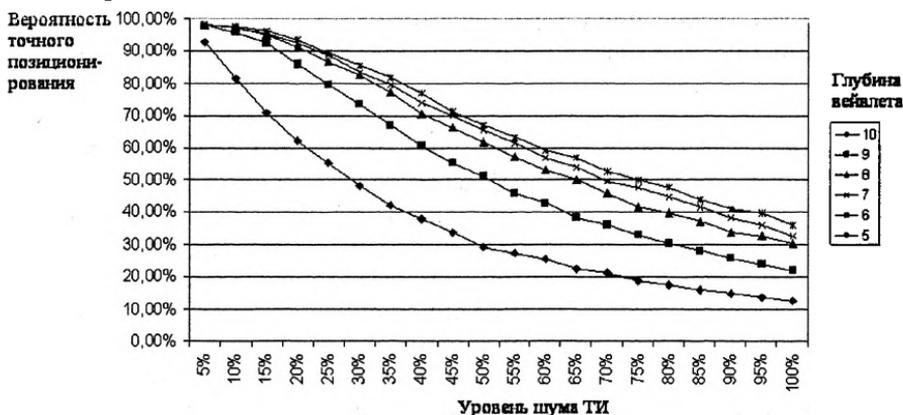


Рис. 2. Зависимость вероятности точного позиционирования от уровня шума и глубины вейвлет-преобразования.

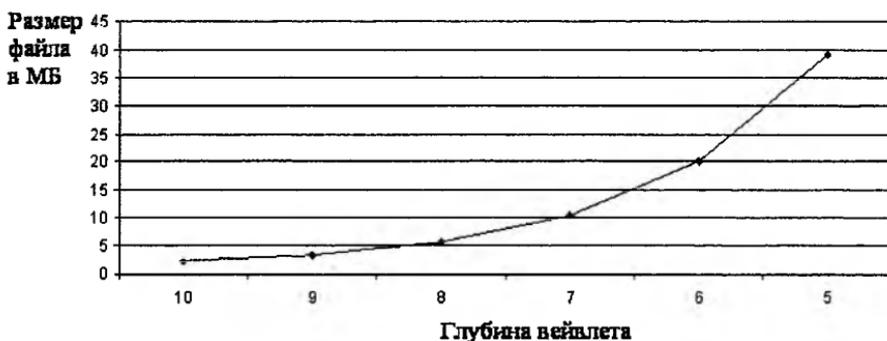


Рис. 3. Зависимость размера файла для хранения информации о ЭИ от глубины вейвлет-преобразования.

Полученные результаты показывают, что чем меньше глубина вейвлет-преобразования, тем точнее осуществляется привязка ТИ к ЭИ. В то же время, малая глубина приводит к необходимости хранить в бортовой памяти значительные объемы информации, что удлиняет время привязки изображений (ТИ к ЭИ). В связи с этим, для практического применения целесообразно выбирать такую глубину вейвлет-преобразования, при которой обеспечивается требуемая точность привязки при выполнении ограничений на размер доступной памяти и времени принятия решения. Конкретная величина глубины привязки может быть выбрана только на основании тактико-технических требований к характеристикам ЛА.

### **Повышение быстродействия алгоритмов за счет использования В-деревьев.**

Все сжатые сигналы ЭИ могут быть сведены в динамическую библиотеку, эффективный поиск в которой нужного сигнала может быть осуществлен с использованием В-деревьев.

Под В-деревом [3,4] — понимается специальным образом структурированный массив данных (графически отображаемый в виде дерева), ускоряющий поиск требуемой информации.

Основной недостаток В-деревьев состоит в отсутствии для них средств выборки данных по вторичному ключу.

Таким образом, основная задача поиска сжатого изображения ТИ в библиотеке сжатых изображений ЭИ сводится к созданию уникальных ключей для каждого сжатого изображения.

Рассмотрим в качестве ключа математическое ожидание значений сжатого изображения ТИ, т.к. этот ключ показал наибольшую точность привязки ТИ к ЭИ при условии применения упорядоченного массива.

В силу того факта, что сжатые изображения ТИ значительно различаются между собой, можно предположить, что и математическое ожидание значений ТИ будет уникальным.

Поскольку из-за наличия шумов уникальный ключ, определенный для конкретной ТИ, может отсутствовать в библиотеке ТИ, то для увеличения точности позиционирования будем найденный ключ привязывать к ближайшей странице, а далее на этой странице будем осуществлять точную привязку с помощью метода наименьших квадратов(МНК).

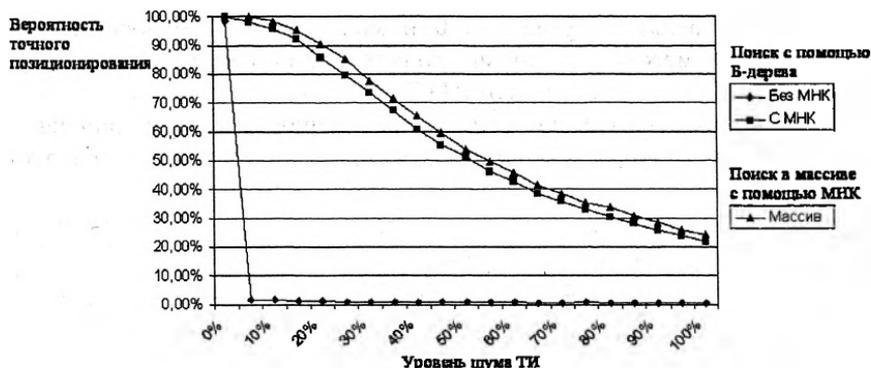


Рис 4. Зависимость вероятности точного позиционирования от уровня шума и различных структур хранения вейвлетов.

Анализ полученных результатов показывает, что применение дерева с поиском на страницах методом МНК целесообразно. Точность позиционирования немного меньше точности позиционирования с помощью массива.

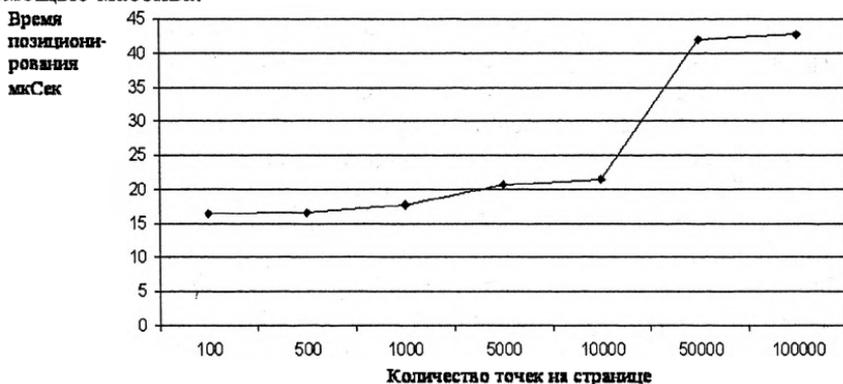


Рис 5. Зависимость времени позиционирования от количества точек на странице В-дерева.

Из графика времени видно, что В-дерево резко сократило время позиционирования. При количестве элементов 50000 и 100000 дерево состоит из одной страницы и поиск в дереве становится эквивалентным поиску в массиве.

#### Применение стереорельефа для привязки ЛА.

Рассмотрим возможность применения стереорельефа (СР) для привязки ЛА. Для этого сгенерируем поле рельефа на ЭИ, полученное по оптическому каналу. Для генерации рельефа зададим 2 параметра:

высоту левого верхнего угла над 0 и максимальный относительный перепад высот между соседними точками. Прибегнем к процедуре вейвлет-анализа для полученного ЭИ СР.

Абсолютный уровень высот не влияет на точность позиционирования ЛА. Будем рассматривать зависимости от относительных перепадов высот рельефа.

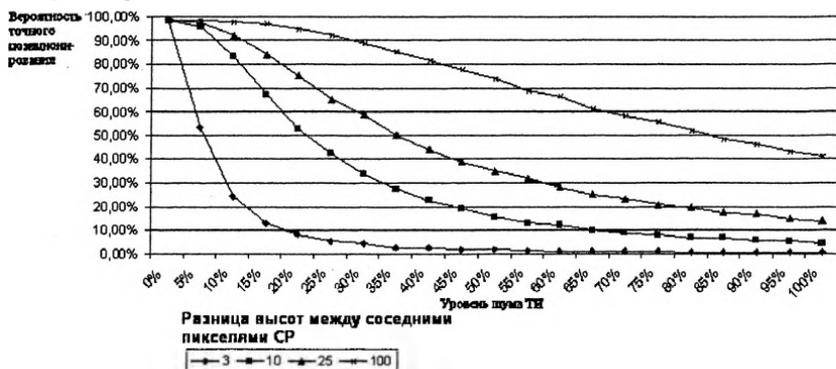


Рис 6. Зависимость вероятности точного позиционирования от уровня шума и от относительных перепадов высот рельефа.

Из графиков видно, что чем больше перепад высот между соседними точками рельефа, тем точнее будет позиционирование ЛА. Поэтому целесообразно применять позиционирования по СР для грубого позиционирования, когда относительный перепад высот велик. Для более точной привязки ЛА к местности рекомендуется использовать привязку по оптическому каналу, если он обладает достаточной информативностью.

#### Библиографический список

Красовский А.А., Белоглазов И.Н., Чигин Г.П. Теория корреляционно-экстремальных систем. М.: Наука, 1979 г.

Белоглазов И.Н. и др. (под редакцией Белоглазова И.Н.). "Автоматизированные системы наземных комплексов сбора и обработки данных воздушной разведки". Учебное пособие, / М.: ВВИА им. профессора Н.Е. Жуковского, 2003 г.

Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. Глава 18. В-деревья // Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2006. — С. 515—536.

Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. 2-е издание. СПб.: Невский диалект, 2005.

Белоглазов И.Н., Джанджгава Г.И., Чигин Г.П. (под редакцией А.А. Красовского). «Основы навигации по геофизическим полям». — М.: Наука, 1985г.

Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. СПб, ВУС, 1999 г.

Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. Москва, "РХД", 2001 г.

Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование. Успехи физических наук. Обзоры актуальных проблем. Том 171. №5. Май 2001 г.

[www.basegroup.ru](http://www.basegroup.ru)

Хорев Т.С., Плеханов В.Е.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Система контроля кинематических параметров движения спортивной лодки**

Системы контроля кинематических параметров за последнее время совершили очень большой рывок и применяются во многих сферах деятельности человека. В спорте системы контроля кинематических параметров применяются для получения количественных характеристик, позволяющих оценить работу спортсмена и достаточно точно отслеживать за изменением его показателей от тренировки к тренировке, именно, таким образом используются биомеханические системы и в гребле.

Существующие и применяемые на сегодняшний день приборы для контроля параметров движения лодки [4,5] (байдарки и каноэ) и техничности гребли позволяют определять лишь ограниченный набор параметров, неполностью характеризующих кинематику движения лодки и техничность гребли спортсмена. Точнее они не позволяют получать информацию об угловых движениях лодки, также у них имеются и другие существенные недостатки.

Прибор состоит из следующих функциональных узлов: инерциальный измерительный модуль со спутниковым навигационным приемником; дисплей гребца с радиоканалом передачи данных; дисплей тренера (либо планшетный компьютер) с радиоканалом приема данных; бортовая флэш-карта памяти; флэш-карта памяти дисплея тренера; ПО для постобработки и представления данных.

Главной отличительной особенностью разработанной системы является использование в нем микромеханического инерциального измерительного модуля (ИИМ), содержащего 3 микромеханических акселерометра, 3 микромеханических гироскопа, векторный магнитометр и вычислитель. Инерциальный модуль содержит также спутниковый навигационный приемник (GPS).

Применение ИИМ в сочетании с GPS позволяет аналитически построить горизонтальную систему координат, определить в ней углы

ориентации лодки, вертикальные и горизонтальные (вдоль продольной и поперек продольной оси лодки) линейные ускорения без погрешностей, порождаемых ее угловыми движениями, а также продольные, боковые и вертикальные изменения скорости и перемещения на каждом гребке, характеризующие качество техники гребли и затраты энергии спортсмена на “паразитные” движения лодки.

ПО вычислителя ИИМ реализует функции курсовертикали (измерителя углов крена, дифферента и курса (рыскания) лодки), идентифицирует наличие гребка, производит счет гребков, определяет текущий темп гребли, выдает текущее время на дистанции, текущую скорость лодки и дистанцию. ПО постобработки данных обеспечивает графическое и цифровое представление всех измеренных и вычисленных данных в координатных осях – по времени или дистанции.

Для контроля кинематических параметров движения лодки и определения количественных параметров, способствующих определению эффективности гребли, необходимо аппаратное обеспечение, обладающее следующими основными характеристиками:

1) получение и отображение данных в режиме реального времени и в режиме постобработки в любой точке (на любом участке) дистанции движения лодки:

- текущее время;
- линейная скорость (в том числе в цикле гребка);
- вектор линейных ускорений;
- вектор угловых скоростей;
- траектория движения;
- пройденный путь (дистанция);
- углы ориентации (рыскание, крен, дифферент);
- вертикальное перемещение лодки в цикле гребка;
- количество гребков, сделанных спортсменом с момента старта;
- темп гребков;
- коэффициент техничности;

2) дистанционная передача измеряемых на лодке данных на стационарный ПК;

3) погрешность измерения углов ориентации лодки (спектральная плотность шума ( $1\sigma$ )) не более  $0.01^\circ/\sqrt{\text{Гц}}$ ;

4) погрешность измерения линейной скорости (спектральная плотность шума ( $1\sigma$ )) не более  $0.1(\text{м/с})/\sqrt{\text{Гц}}$ ;

5) погрешность измерения пройденного пути (спектральная плотность шума ( $1\sigma$ )) не более  $0,5\text{м}/\sqrt{\text{Гц}}$ .

В соответствии с этим требованиями было выбрано следующее аппаратное обеспечение:

- инерциальный блок ADIS16350AMLZ компании Analog Devices [9]

- магнитометр HMC 1053 компании Honeywell [8]
- микросхема спутникового приемника Trimble Copernicus [7]
- процессор Blackfin ADSP-BF561
- радиомодем XBEEPRO2 [6]

На основе этого обеспечения был собран прототип системы, состоящий из следующих элементов:

- 1 – модуль ориентации и навигации с приемником GPS;
- 2 – антенна GPS;
- 3 – радиомодем лодки;
- 4 – радиомодем тренера;
- 5 – планшетный ПК – в качестве дисплея тренера.

Прототип системы изображен на рисунке 1.

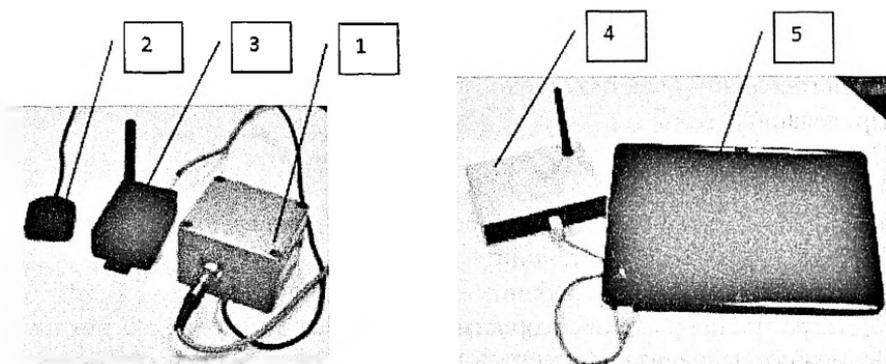


Рис. 1. Прототип системы контроля кинематических параметров движения спортивной лодки.

Так же для определения необходимых параметров было разработано специальное алгоритмическое обеспечение, реализованное в среде Delphi.

Алгоритмы осуществляют, перевод координат GPS в метры, обнаружения гребков по продольным ускорениям, расчет коэффициента техничности и темпа гребли, расчет мгновенной скорости, позволяющий посмотреть изменение скорости внутри гребка и.д.р.

Алгоритмы были реализована в программе «Analysis\_of\_training» и частично в программе GYRO\_VIEW.

Разработанное ПО предназначено для обработки и анализа первичных данных от модуля ориентации и навигации в целях выявления всех параметров движения системы «гребец-лодка». Программа предназначена для тренеров, специалистов в области биомеханики и спортсменов. Все результаты по запросу пользователя отображаются в

виде графиков с возможностью увеличения интересующего участка для детального анализа интересующего параметра. Так же в ПО реализована возможность сравнительного анализа параметров движения системы «гребец-лодка» для различных записей одного и того же гребца или разных гребцов, что, на наш взгляд, существенно облегчает постановку тренировочного процесса. В результате применения рассматриваемого ниже ПО пользователь (тренер, спортсмен, методист) получает количественные оценки всех кинематических параметров движения лодки, на основе которых могут быть сделаны выводы по эффективности выполнения спортсменом плана тренировки и соответствующим образом скорректировано задание по управлению лодкой на последующие тренировки.

Программное обеспечение реализует следующие возможности:

1) Определение основных параметров движения системы «гребец, лодка и весло» таких, как:

- Темп гребли (количество гребков за минуту);
- Прделанный путь;
- Скорость лодки;
- Траектория движения;
- Коэффициент техничности ( скорость лодки / темп гребли );
- Средние значения по дистанции;
- Гистограмма мощности гребли;
- Гистограмма приращения скорости за гребок.

2) Возможность анализа параметров движения системы в синхронном и асинхронном режиме отображения.

3) Возможность Zoom для детального анализа параметров.

4) Вывод усредненных параметров движения на выбранном интервале

5) Осуществлен вывод выбранного графика в Word для составления отчета по работе спортсмена

На рисунке 2 изображен дисплей разработанной программы.

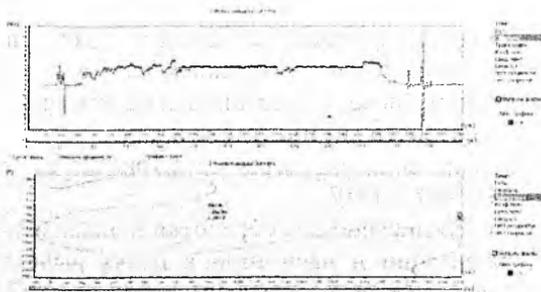


Рис. 2. Интерфейс прототипа программы тренера.

Также для проведения записей в системе использовалась программа GYRO\_VIEW [1,2], разработанная ранее в лаборатории НИО 305, и затем модифицированная, для отслеживания параметров гребли. Программа была разработана в среде CVI и обеспечивала запись данных.

На рисунке 3 изображены добавленные разделы, в котором реализован алгоритм Paddle\_detection, позволяющий определять количество гребков и темп гребли. Также на графике в online режиме отображается идентификатор опорной и безопорной частей гребка.

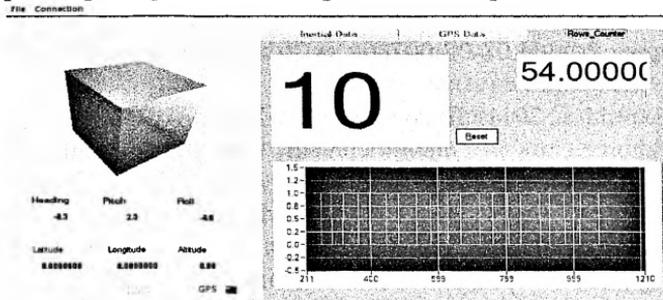


Рис. 3. Раздел гребли программы GYRO\_VIEW

Программа GYRO\_VIEW использовалась в процессе испытаний для записи и сохранения данных. Алгоритм добавленного модуля описан в разделе 4 алгоритм процедуры Paddle\_detection.

Прототип системы проходил испытания на гребцах сборной России по гребле. Крепление прототипа осуществлялось следующим образом, на хвосте лодки крепилась антенна GPS, затем антенна радиопередатчика, далее ближе к центру масс лодки крепился инерциальный модуль (Рисунок 6.1).

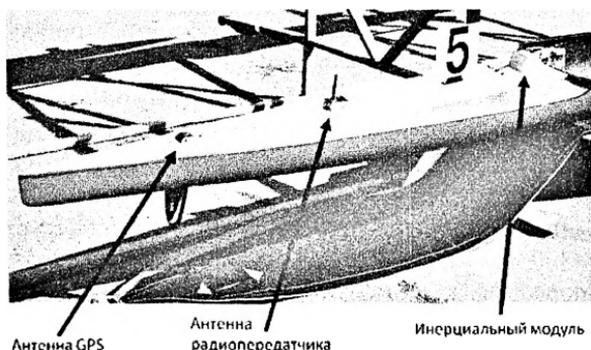


Рис. 4. Крепление прототипа системы.

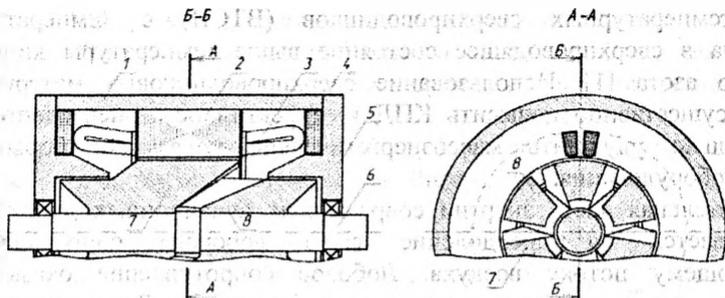


Рис. 1. Конструкция шестиполюсного синхронного генератора с когтеобразными полюсами (1 – внешний магнитопровод, 2 – магнитопровод статора, 3 – обмотка статора, 4 – обмотка возбуждения, 5 – подшипниковый щит, 6 – вал из немагнитной стали, 7 – северная система полюсов, 8 – южная система полюсов)

Результаты экспериментальных исследований маломасштабного образца генератора. Для оценки возможности работы генератора при температуре кипения жидкого азота (77 К), а также для определения того, как проявляется насыщение магнитной цепи генератора при его работе и требуется ли регулировка возбуждения генератора в области допустимых нагрузок, в «Центре сверхпроводниковых электрических машин и устройств» МАИ с участием авторов был проведен эксперимент с машиной подобной конструкции с медными обмотками. Была создана установка для испытаний генератора при комнатной температуре и в среде жидкого азота (рис. 2). Эксперимент состоял из двух частей. Первая часть включала в себя снятие характеристик холостого хода (ХХ), короткого замыкания (КЗ) и внешних характеристик генератора при комнатной температуре, а вторая часть включала в себя снятие тех же характеристик при условии работы генератора в среде жидкого азота.

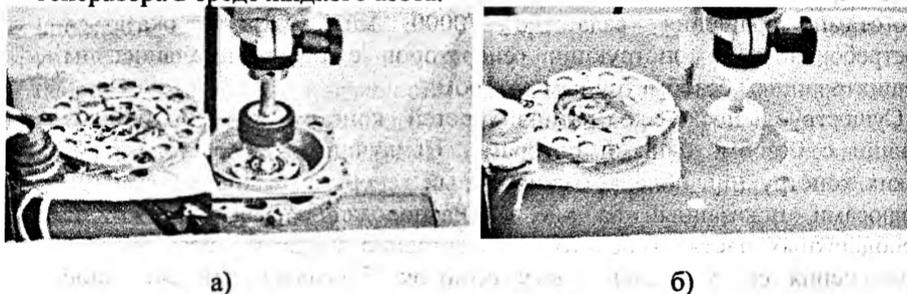
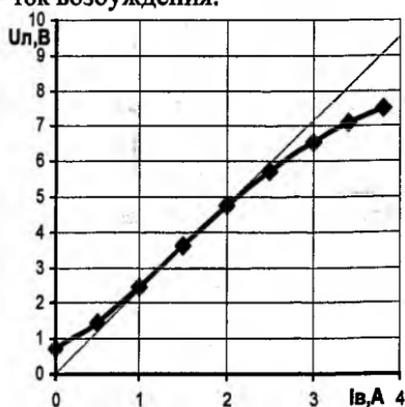
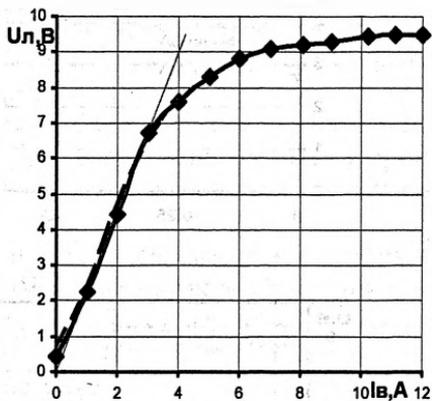


Рис. 2. Общий вид испытательной установки (а – испытания при комнатной температуре, б – испытания в среде жидкого азота)

Снятие характеристики ХХ генератора производилось при постоянной частоте вращения вала  $3000 \text{ мин}^{-1}$ . Результаты опыта представлены на рис. 3, где  $U_a$  – линейное напряжение обмотки якоря,  $I_e$  – ток возбуждения.



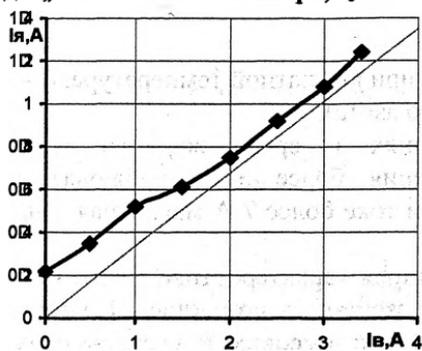
а)



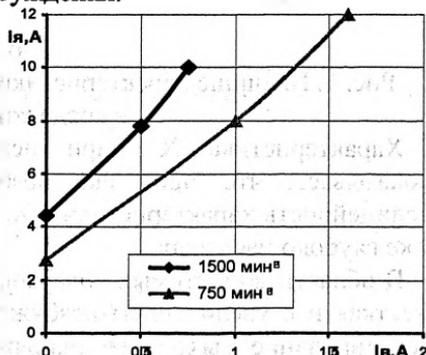
б)

Рис. 3. Характеристики ХХ (а – при комнатной температуре, б – в среде жидкого азота).

Снятие характеристики КЗ производилось при частоте вращения вала  $3000 \text{ мин}^{-1}$  при комнатной температуре и при частотах  $1500 \text{ мин}^{-1}$  и  $750 \text{ мин}^{-1}$  в среде жидкого азота. Результаты опыта представлены на рис. 4, где  $I_a$  – ток в обмотке якоря,  $I_e$  – ток возбуждения.



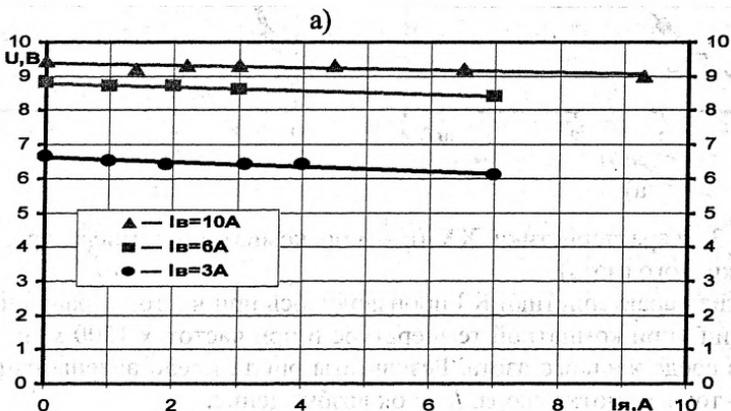
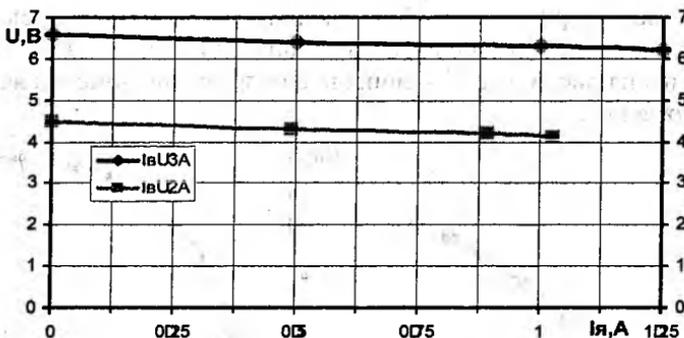
а)



б)

Рис. 4. Характеристики КЗ (а – при комнатной температуре, б – в среде жидкого азота).

Снятие внешних характеристик производилось при активной нагрузке и частоте вращения вала  $3000 \text{ мин}^{-1}$ . Результаты эксперимента представлены на рис. 5.



б)

Рис. 5. Внешние характеристики (а – при комнатной температуре, б – в среде жидкого азота).

Характеристика XX при испытаниях в среде жидкого азота показывает, что при токе возбуждения более 3 А наблюдается нелинейность характеристики XX, а при токе более 7 А магнитная цепь уже глубоко насыщена.

В области допустимых нагрузок внешняя характеристика достаточно жесткая и с увеличением возбуждения жесткость возрастает. Поэтому регулирование выходного напряжения при высоких и сверхвысоких токах возбуждения практически не требуется.

Сравнение внешних характеристик генератора при комнатной температуре и температуре кипения жидкого азота показывает повышение удельной мощности в несколько раз при одних и тех же потерях в обмотке якоря. Это преимущество достигается как за счет увеличения выходного напряжения, так и за счет увеличения допустимой величины тока в цепи якоря.

**Методика расчета параметров маломасштабного образца генератора.** Магнитная цепь генератора имеет ряд особенностей по сравнению с магнитной цепью традиционных СГ, поэтому расчет магнитной цепи такого генератора усложняется. В частности, линии основного потока возбуждения являются трёхмерными и имеют составляющие не только в поперечной плоскости, как в обычных синхронных машинах, но и вдоль оси [2].

Для расчета параметров маломасштабной модели криогенного генератора была разработана методика расчета на основе теории магнитных цепей. С целью учета эффекта насыщения полюсов ротора использовался метод итераций.

В разработанной методике учитывались три магнитных потока генератора в режиме холостого хода: основной поток возбуждения  $\Phi_1$ , поток межполюсного рассеяния  $\Phi_2$  и поток рассеяния обмотки возбуждения (ОВ)  $\Phi_3$ . Пути замыкания этих потоков в магнитной системе генератора представлены на рис. 6 и 7.

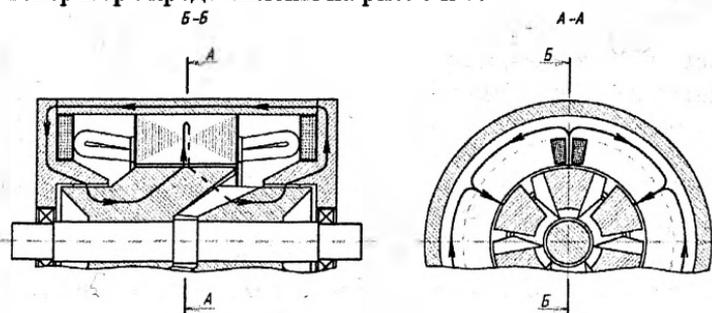


Рис. 6. Основной магнитный поток возбуждения  $\Phi_1$

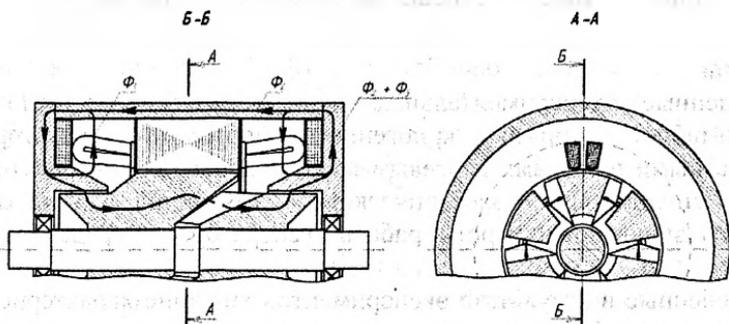


Рис. 7. Магнитный поток межполюсного рассеяния  $\Phi_2$  и рассеяния ОВ  $\Phi_3$

Соответствующая схема замещения на одну пару полюсов магнитной цепи генератора с когтеобразными полюсами приведена на рис. 8, где:  $F$  – МДС обмотки возбуждения,  $R_x$  и  $R_x'$  – составляющие магнитного сопротивления (МС) корпуса,  $R_{щ}$  – МС подшипникового щита,  $R_{d'}$  – МС дополнительного воздушного зазора,  $R_n$  и  $R_n'$  – составляющие МС полюса,  $R_d$  – МС основного зазора,  $R_z$  – МС зубцовой зоны,  $R_a$  – МС ядра,  $R_{np}$  – МС межполюсного зазора. Проведенные предварительные оценки параметров макетного образца генератора по предложенной методике показали соответствие с экспериментом с точностью до 20%.

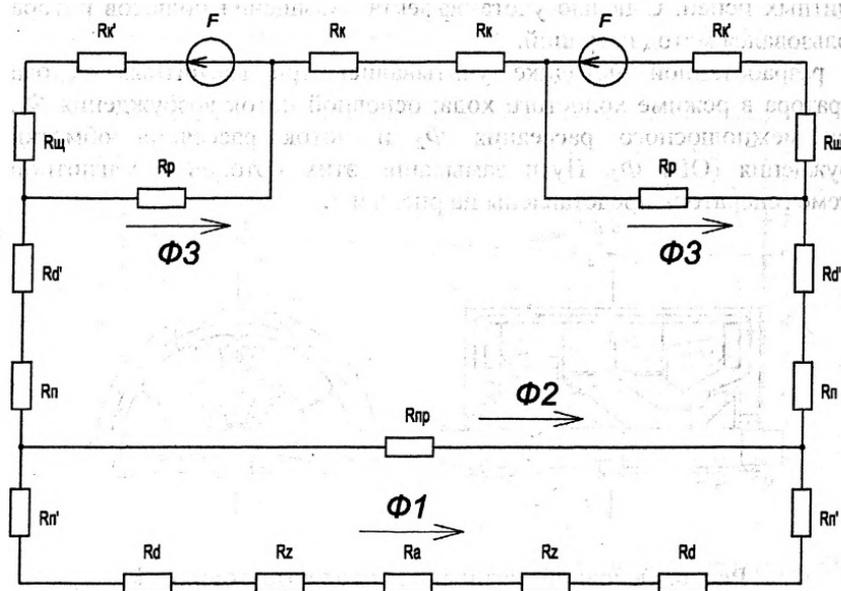


Рис. 8. Схема замещения магнитной цепи генератора.

### Выводы

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования маломасштабного образца криогенного бортового генератора с когтеобразными полюсами и осевым возбуждением для перспективной схемы «полностью электрического самолета» показывают принципиальную возможность работы генератора в среде жидкого азота.

Определенные в результате экспериментов внешние характеристики, характеристики холостого хода и короткого замыкания генератора в диапазоне допустимых токовых нагрузок при охлаждении в среде

жидкого азота показывают увеличение мощности генератора более чем в 3 раза.

### **Библиографический список**

Инновационные технологии в энергетике: использование высокотемпературной сверхпроводимости в электроэнергетике / под ред. Э.П. Волкова, В.В. Костюка; Российская академия наук. – М.: Наука, 2010.

Бут Д.А. Основы электромеханики: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1996.

Пушилилин С.В., Чемоданов В.Б.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Интеллектуальная система наведения летательного аппарата, основанная на распознавании видеоизображений наземных объектов**

В настоящее время все большее распространение получают программно-аппаратные детектирующие комплексы, основанные на распознавании объектов видеоизображения. К очевидным плюсам подобных систем относятся низкая стоимость аппаратного обеспечения – зачастую достаточно лишь видеокамеры и микропроцессора, отсутствие специализированных когерентных излучателей, которые сами по себе ограничивают возможности использования интерферометрических схем. «Совместимость» с восприятием окружающего мира человеком и, как одно из следствий, высокая наглядность также является далеко не последним фактором, определяющим выбор в пользу комплексов оптического распознавания и измерения координат объекта в поле зрения.

В настоящей работе разрабатывается интеллектуальная система автоматического наведения летательного аппарата, получающая информацию о положении ЛА относительно наземных объектов из видеоизображения. Идентификация объектов происходит по их характерным признакам, заложенным в систему. В рамках работы в качестве объекта распознавания выбрана взлётно-посадочная полоса аэродрома.

Целью решаемой задачи является получение данных о пространственном расположении взлётной полосы относительно летательного аппарата, а именно дальности и трёх углов её ориентации. Предлагаемая система изначально может работать в автономном режиме как самодостаточный элемент, независимый от других средств измерения и определяющий все параметры, исходя из получаемого с

камеры видеоряда. Эта особенность делает описываемую систему в известной мере универсальной с учетом малой себестоимости, потреблением энергии, весом, простотой установки и эксплуатации.

Для решения задачи определения пространственного расположения объекта по единственному изображению (любому из получаемого видеосигнала) используется факт того, что взлетная полоса принимается плоской (в первом приближении) и имеет прямоугольную форму. На основе этого можно привязать к ее плоскости двумерную систему координат, а затем и восстановить к ней перпендикуляр, который будет являться третьей осью трехмерной системы координат, связанной со взлетно-посадочной полосой.

На основе полученной таким способом системы координат определяются три координатных угла в системе, связанной с видеокамерой. При задании извне какого-либо линейного размера, например, ширины полосы или текущей высоты аппарата, также возможно вычислить расстояние до цели.

Основной сложностью реализации описываемого комплекса является идентификация реальной полосы (основных линий, её составляющих) на исходном изображении. В силу того, что от точности определения линий, составляющих посадочную полосу, напрямую зависит точность получаемых измерений, существующие методы распознавания по отдельности не могут обеспечить необходимого качества. Поэтому, предлагается использование методов комплексного анализа, в составе которых используется несколько взаимодополняющих способов определения искомого объекта, а также применение элементов искусственного интеллекта.

Этапы распознавания изображения:

- Очистка изображения от помех, сглаживание изображения. Первичная обработка изображения с целью устранить помехи от камеры и подготовить его к дальнейшей обработке.
- Выделение контуров. Необходимо для поиска примитивов на изображении и анализа форм объектов.
- Поиск графических примитивов. Поиск простейших геометрических фигур на изображении, заданных параметрическими выражениями.
- Отбор примитивов, удовлетворяющих заданным признакам, то есть кандидатов в объекты распознавания
- Идентификация объектов. Сравнение выделенных участков изображения с эталоном с целью причислить изображённый там объект к одному из классов или сделать вывод, что интересующих объектов на данном участке нет.

Для выделения контуров на изображении используется алгоритм Канни, основанный на анализе градиента яркости изображения. Результат применения алгоритма для изображения ВПП показан на Рис. 1.

Для поиска графических примитивов используются преобразование Хафа для поиска прямых и алгоритм Рамера-Дугласа-Пекера для поиска четырёхугольников. Демонстрация алгоритма Рамера-Дугласа-Пекера приведена на рис. 2.



Рис. 1. Результат выделения контуров.

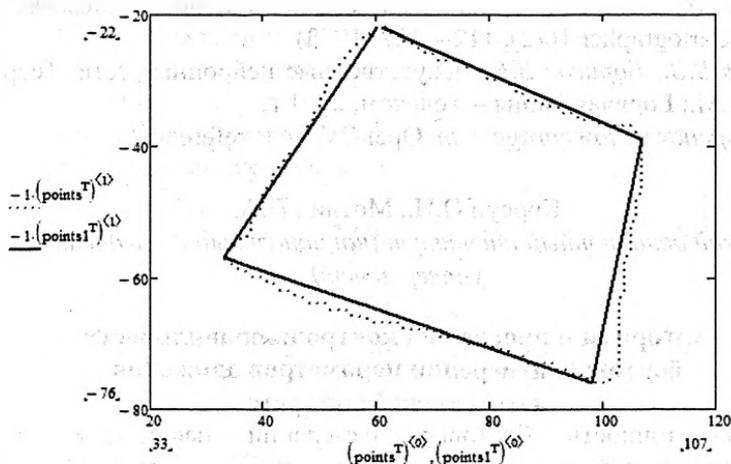


Рис. 2. Аппроксимация контура алгоритмом Рамера-Дугласа-Пекера.

Так как линия визирования камеры во время работы системы направлена под углом к горизонту, изображения наземных объектов подвергаются искажениям, что затрудняет их идентификацию. В связи с этим, целесообразно провести аффинное преобразование интересующего участка изображения. Затем полученное изображение сравнивается с эталонами объектов, хранящимися в памяти вычислительного устройства. Из всех существующих методов был выбран многослойный перцептрон – разновидность многослойной нейронной сети, так как он подходит под требования и к точности идентификации, и к быстродействию. Обучение перцептрона происходит при помощи алгоритма обратного распространения ошибки.

На основе рассмотренных алгоритмов было разработано программное обеспечение для бортового вычислительного устройства ЛА на языке C++. Работа системы была протестирована на макете взлётно-посадочной полосы в масштабе 1:100.

Разработка велась в среде MS Visual C++ Express 2010, с использованием кроссплатформенной библиотеки OpenCV 2.2 от компании Intel.

#### **Библиографический список**

Вильзитер Ю.В., Желтов С.Ю., Бондаренко А.В., Ососков М.В., Моржин А.В. Обработка и анализ изображений в задачах компьютерного зрения. Москва, Физматкнига, 2010.

Дэвид А. Форсайт, Джин Понс. Компьютерное зрение. Современный подход. М.: Вильямс, 2004г.

David Douglas & Thomas Peucker, «Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature», The Canadian Cartographer 10(2), 112—122 (1973)

Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия – Телеком, 2001 г.

*WWW.opencv.willowgarage.com. OpenCV C++ reference.*

Корсун О.Н., Мотлич П.А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Алгоритм и программа контроля правильности бортовых измерений параметров движения летательного аппарата**

Высокая точность бортовых измерений параметров полета, правильная оценка возникающих при этом погрешностей играют существенную роль в летных испытаниях, в обеспечении безопасности полетов, на других этапах жизненного цикла летательного аппарата.

Существующие средства бортовых измерений и регистрации в основном удовлетворяют заданным требованиям, что подтверждается наземными и летными испытаниями, а также практикой эксплуатации воздушных судов. С другой стороны, погрешности бортовых средств измерений, содержащиеся в перечне их технических характеристик, оцениваются автономно и во многих случаях только для установившихся значений входных сигналов, то есть, без учета динамических погрешностей.

Между тем, точность измерений таких важнейших параметров полета, как углы атаки и скольжения, перегрузки, высота и скорость полета (статическое и динамическое давление) существенно зависят от координат установки датчиков, положения центра масс самолета, длины трубопроводов давления и других технических особенностей системы воздушных сигналов, а также от режима полета и вида маневра. Современные цифровые системы регистрации, в свою очередь, вносят дополнительные погрешности, среди которых наиболее значительными обычно являются сдвиги по времени, возникающие вследствие неточной синхронизации разнородных информационных потоков, а также из-за отсутствия учета последовательности опроса датчиков в пределах информационного кадра.

Рассматриваемые погрешности являются динамическими и связаны с движением самолета. Их учет приобретает особую актуальность, например, в задачах послеполетного контроля пилотирования вблизи эксплуатационных ограничений, при расследовании летных происшествий и т.д.

Поскольку погрешности носят ярко выраженный системный характер, для их оценивания целесообразно применить системный подход. В настоящей работе для этой цели используются соотношения между параметрами полета, определяемые уравнениями пространственного движения самолета.

Из общей модели пространственного движения самолета [1] выделяются следующие уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{d\alpha}{dt} &= \omega_z - \frac{1}{\cos\beta} \left[ \left( \frac{a_x}{V} - \omega_y \sin\beta \right) \sin\alpha + \left( \frac{a_y}{V} + \omega_x \sin\beta \right) \cos\alpha \right], \\ \frac{d\beta}{dt} &= \frac{a_z}{V} \cos\beta - \left( \frac{a_x}{V} \sin\beta - \omega_y \right) \cos\alpha + \left( \frac{a_y}{V} \sin\beta + \omega_x \right) \sin\alpha, \\ \frac{dV}{dt} &= a_x \cos\alpha \cos\beta - a_y \sin\alpha \cos\beta + a_z \sin\beta, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\frac{dv}{dt} = \omega_y \sin \gamma + \omega_z \cos \gamma,$$

$$\frac{dy}{dt} = \omega_x - \operatorname{tg} v (\omega_y \cos \gamma - \omega_z \sin \gamma),$$

где  $\alpha, \beta$  – углы атаки и скольжения, рад;

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$  – угловые скорости относительно связанных осей, рад/с;

$v, \gamma, \psi$  – углы тангажа, крена, рыскания, рад;

$V$  – истинная воздушная скорость, м/с;

$a_x, a_y, a_z$  – ускорения вдоль связанных осей, определяемые

формулами:

$$a_x = g (n_x - \sin v),$$

$$a_y = g (n_y - \cos v \cos \gamma), \quad (2)$$

$$a_z = g (n_z + \cos v \sin \gamma),$$

где  $n_x, n_y, n_z$  – перегрузки вдоль связанных осей.

Главная особенность этих уравнений заключается в том, что они не зависят от аэродинамических коэффициентов самолета, поскольку входящие в правые части ускорения можно вычислить через измеряемые в полете значения перегрузок.

Уравнения (1), (2) в векторной форме имеют вид

$$y'(t) = f(y(t), a, u(t)), \quad (3)$$

где  $y(t), u(t)$  – векторы выходных и входных сигналов,

$a$  – вектор параметров.

В данном случае вектор  $y(t)$  состоит из сигналов  $\alpha(t), \beta(t), V(t), v(t), \gamma(t)$ . В вектор входных сигналов входят измеренные в полете значения угловых скоростей  $\omega_x, \omega_y, \omega_z$  и перегрузок  $n_x, n_y, n_z$ .

Начальные условия  $y(t_0)$  задаются по результатам измерений параметров  $\alpha(t), \beta(t), V(t), v(t), \gamma(t)$  в момент начала участка обработки.

Непосредственное численное интегрирование системы дифференциальных уравнений (1) с учетом (2) в общем случае не дает положительных результатов, поскольку постоянные составляющие погрешностей измерений входных сигналов  $\omega_x, \omega_y, \omega_z$  и  $n_x, n_y, n_z$

создают на выходе интегралов погрешности типа линейного тренда, что не позволяет сравнивать выходные сигналы модели и объекта. Для устранения этого эффекта введем вектор неизвестных параметров  $a$ , состоящий из постоянных составляющих погрешностей измерений сигналов  $\omega_x, \omega_y, \omega_z$  и  $n_x, n_y, n_z$ :

$$a^T = [C_{\omega_x} C_{\omega_y} C_{\omega_z} C_{n_x} C_{n_y} C_{n_z}]. \quad (4)$$

Для нахождения оценок параметров (4) применим, например, алгоритм идентификации по максимуму правдоподобия. Модель наблюдений в векторной форме имеет вид

$$z(t_i) = y(t_i) + \eta(t_i), \quad (5)$$

где  $\eta(t_i)$  - шум наблюдений, представляющий собой векторную нормальную случайную последовательность типа белого шума с нулевым математическим ожиданием и постоянной дисперсионной матрицей  $R$ . В вектор наблюдений включаются сигналы, производные которых стоят в левой части (1):

$$z^T(t) = [\alpha(t), \beta(t), V(t), v(t), \gamma(t)]. \quad (6)$$

Минимизируемый функционал принимает вид

$$J(a) = \sum_{i=1}^N ((z(t_i) - \hat{y}(t_i, a, u(t_i)))^T R^{-1} (z(t_i) - \hat{y}(t_i, a, u(t_i)))) \quad (7)$$

где  $\hat{y}(t_i, a, u(t_i))$  - выходной сигнал модели объекта;  $N$  - число измерений на участке обработки. Алгоритм численной оптимизации, используемый для нахождения оценок параметров, является модификацией классического метода Ньютона. Детальное описание используемого алгоритма идентификации дано в [2].

Рассмотренный алгоритм обеспечивает нахождение постоянных погрешностей измерений угловых скоростей и перегрузок.

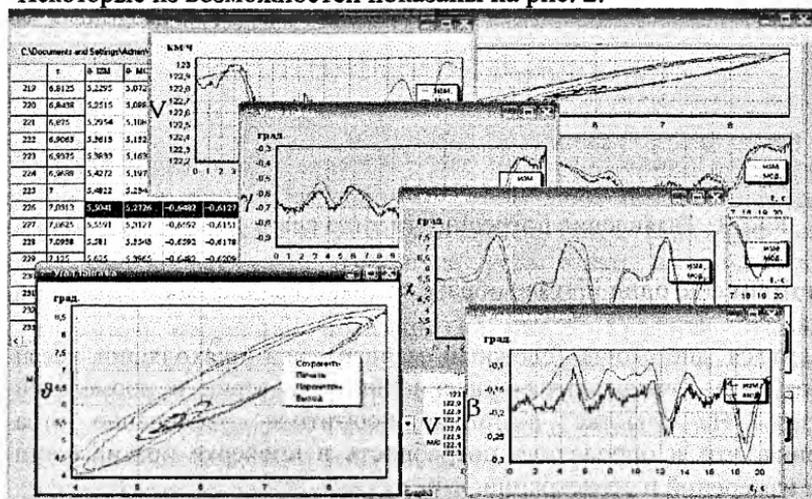
В случае правильно функционирующей бортовой системы измерений и регистрации степень соответствия измеренных в полете и вычисленных в модели сигналов является весьма высокой даже на режимах интенсивного маневрирования.

Рассматриваемый подход позволяет при послеполетной обработке оценивать разнообразные погрешности измерения ряда основных параметров движения.

Сравнение полетных данных и смоделированных параметров полета позволяет выявить систематические погрешности различных типов: аддитивные постоянные, мультипликативные, нелинейность градуировочной характеристики. Опыт применения алгоритма показывает, что весьма эффективно выявляется наличие динамических



- возможность развернуть каждый график по отдельности на весь экран;
  - масштабирование, как каждого графика в отдельности, путем выделения прямоугольной области, так и одновременное масштабирование всех графиков интерфейса;
  - совместное отображение измеренных в полете и вычисленных в модели углов тангажа, крена, атаки, скольжения, истинной воздушной скорости в зависимости от времени и в виде графика «параметр по параметру»;
  - редактирование параметров графиков (цвет и тип линии, цвет фона, параметры координатной сетки и др.);
  - вывод графиков в файл и на печать;
  - изменение цветовой гаммы интерфейса самой программы.
- Некоторые из возможностей показаны на рис. 2.



стремление зависимости параметр по параметру к прямой линии. Оставшиеся флуктуации характеризуют уровень неисключенных погрешностей эксперимента.

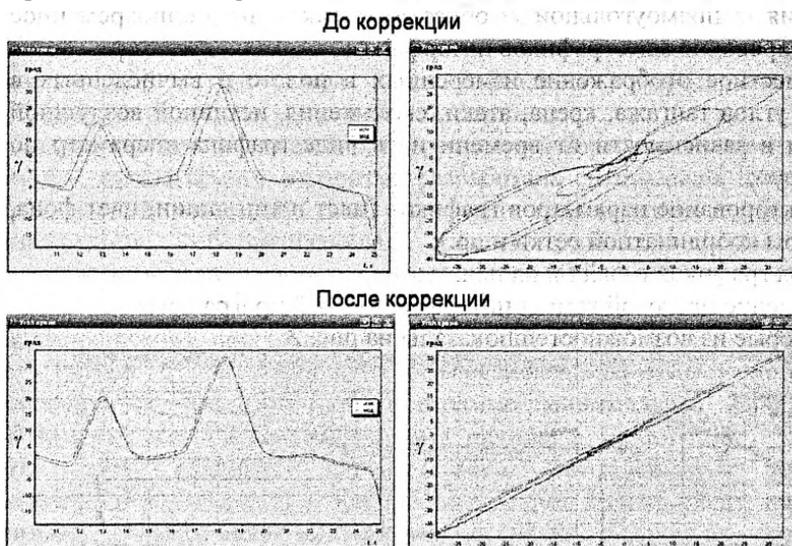


Рис. 3. Выявление погрешности типа сдвиг по времени.

Рассмотрим еще один пример обработки участка полета современного самолета.

Выполнялся достаточно сложный маневр типа нисходящий косой переворот, при значительном увеличении угла атаки и нормальной перегрузки. На участке возникло нештатное увеличение угла скольжения, что и определило потребность в проверке правильности системы измерений и регистрации.

На рис. 4 представлены результаты обработки алгоритмом моделирования при нулевых значениях постоянных погрешностей угловых скоростей и перегрузок и результаты обработки с учетом идентификации постоянных погрешностей измерений угловых скоростей и перегрузок.

В первом случае хорошо заметно, что выходные сигналы модели, вычисленные путем интегрирования уравнений движения, при увеличении времени все больше отклоняются от измеренных сигналов, что соответствует накоплению ошибок интегрирования.

Во втором случае выполнение идентификации привело к значительной коррекции погрешностей интегрирования и, соответственно, рассогласований между измерениями и сигналами

модели. Однако из графиков видно, что остаются неучтенные погрешности, особенно в каналах измерений углов атаки и скольжения.

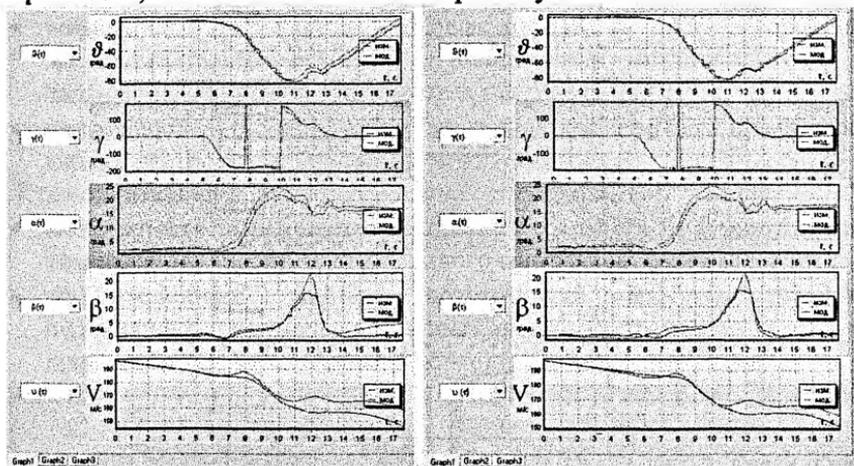


Рис.4. Результаты обработки алгоритмом моделирования.

Учитывая ранее полученный опыт по оцениванию погрешностей расчета истинных углов атаки и скольжения по местным углам, измеряемым датчиками аэродинамических углов [2], была внесена нелинейная коррекция в измерения угла атаки и скорректирован масштабный коэффициент по углу скольжения.

Результаты коррекции показаны на рис. 5. Графики показывают значительное улучшение сходимости по углам атаки и скольжения. Графики по каналам тангажа и воздушной скорости показывают, что коррекция погрешностей измерений углов атаки и скольжения улучшила сходимость и по этим сигналам.

Таким образом, в результате проведенной работы:

- отработан алгоритм контроля правильности бортовых измерений основных параметров движения летательного аппарата;
- разработана программа «Графический интерфейс для проверки согласованности бортовой регистрации»;
- проведено сравнение полетных данных и смоделированных параметров полета;
- выявлены систематические погрешности различных типов: аддитивные постоянные, мультипликативные, нелинейность градуировочной характеристики;

Следует также отметить целесообразность продолжения работы по контролю правильности бортовых измерений параметров движения летательного аппарата.

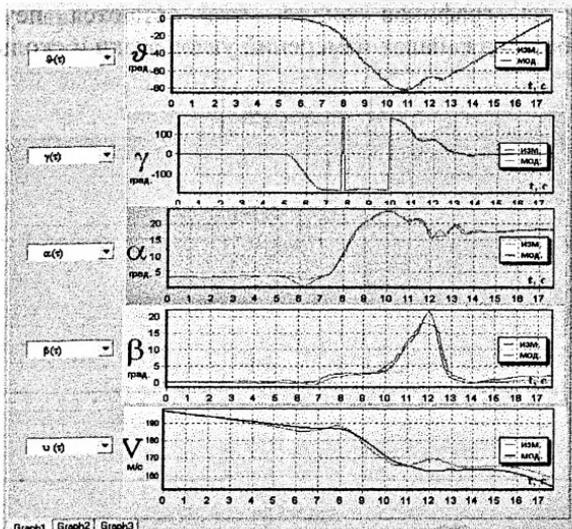


Рис. 5. Результаты коррекции.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект 12-08-00682.

#### Библиографический список

1. Аэродинамика, устойчивость и управляемость сверхзвуковых самолетов. /Под редакцией Г.С. Бюшгенса. М.: Наука, 1998, – 811 с.
2. Корсун О.Н., Поплавский Б.К. Метод оценивания систематических погрешностей бортовых измерений углов атаки и скольжения на основе данных спутниковой навигационной системы и идентификации скорости ветра. // Теория и системы управления. 2011. № 1. С. 156-168.

Мологоровский А.А., Захарян Р.Р.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

#### Автоматизированный лабораторный стенд для проведения экспериментальных исследований датчиков давления

Мы живем в эре компьютеров, портативных устройств и подчас большинство устройств в большей или меньшей степени зависят от микропроцессорных систем. Актуальность данной работы заключается в том что разработанное устройство может работать как отдельно, так и в «тандеме» с компьютером.

Стенд способен выполнять следующие функции:

- имитация плавного или скачкообразного изменения (разрежение и избыточность) давления на датчиках;
- согласованность с компьютером посредством шины USB;

- возможность управления с компьютера (ПК), а также проведения эксперимента и получения его результатов на ПК;
- возможность управления без участия ПК, а также проведения эксперимента (в режиме с некоторыми ограничениями) и дальнейшего снятия характеристик посредством ПК;
- возможность изменения настроек стенда как измерительных, так и гибких настроек под другие датчики давления.

К дополнительным функциям можно отнести:

- Возможность осуществления программной температурной компенсации характеристики какого-либо из датчиков давления;
- по введенным данным возможность подбора наиболее подходящего датчика из испытуемых (испытания и анализ проходят в автоматическом режиме).

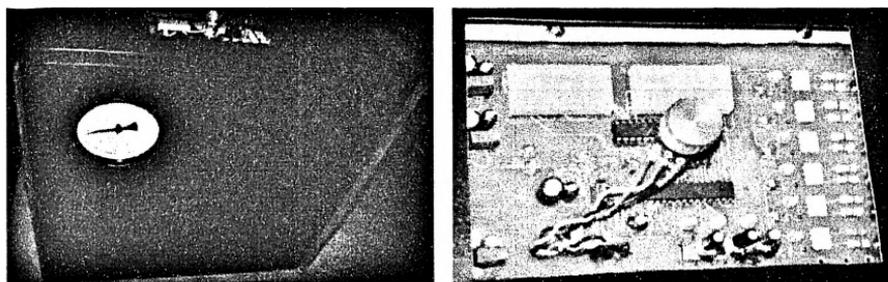


Рис. 1. Внешний вид стенда и панели управления

Структурно стенд представляет собой мотор-компрессор, соленоидные клапаны, плату управления, устройства согласования, контрольный мановакууметр и, собственно, сами испытуемые датчики давления.



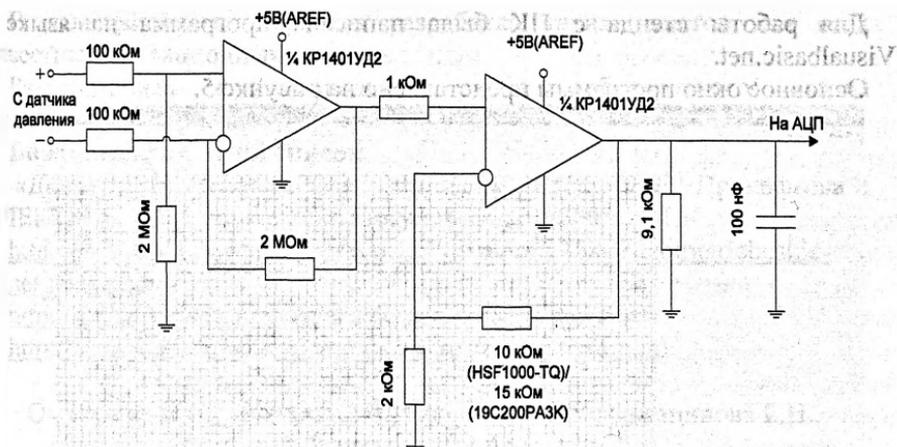


Рис. 3. Электрическая схема согласующего устройства.

Согласующее устройство реализовано на одной плате отдельно от платы управления. Плата управления представляет собой микроконтроллер Atmega, преобразователь USB-UART, цепи питания, и цепи управления нагрузкой.

Для выполнения поставленных задач была написана программа на языке С.

Нагрузка в виде мотора-компрессора и соленоидных клапанов управляется через оптодрайверы и симисторы (рис. 4).

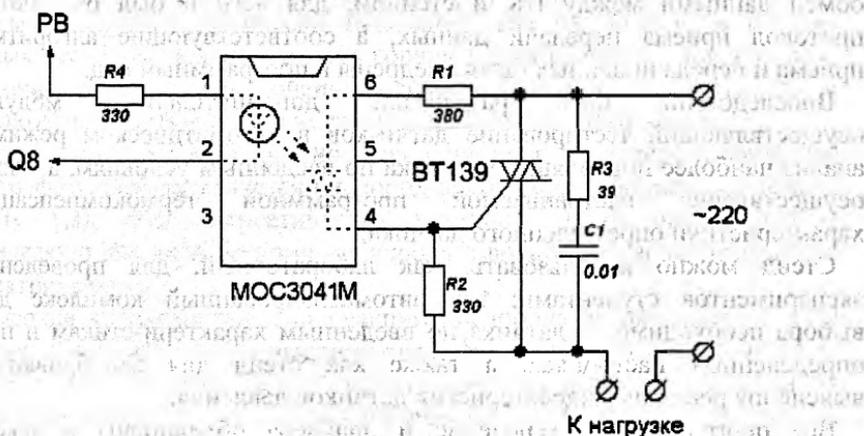


Рис. 4. Схема управления нагрузкой.

Для обеспечения безопасности стенда, как для оператора, так и для электронных приборов, подключенных к сети, предусмотрено защитное заземление и установлен термopредохранитель.

Для работы стенда с ПК была написана программа на языке Visualbasic.net.

Основное окно программы представлено на рисунке 5.

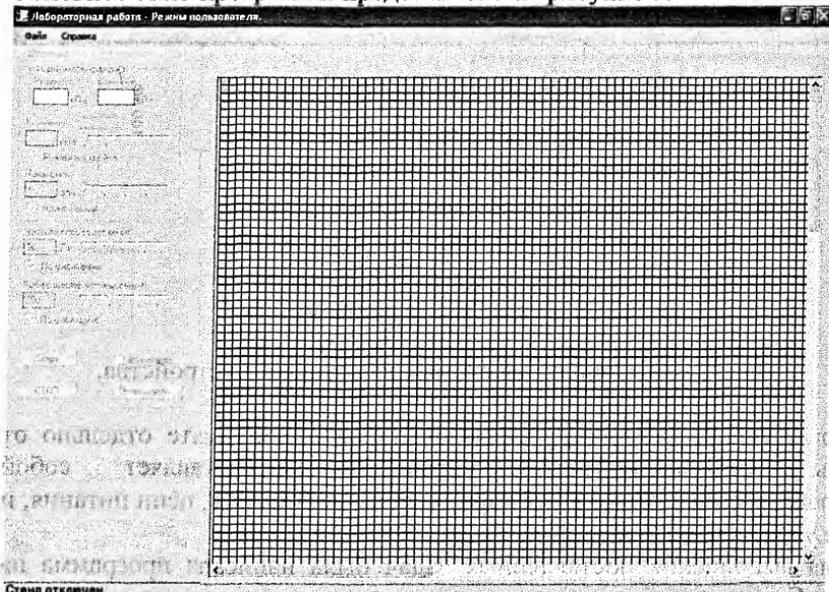


Рис. 5. Основное окно программы.

Ответственно появилась необходимость обеспечивать корректный обмен данными между ПК и стендом, для чего и был разработан протокол приема передачи данных, а соответствующие алгоритмы приема и передачи данных были внедрены в программный код.

Впоследствии был разработан дополнительный модуль, осуществляющий тестирование датчиков в автоматическом режиме, анализ наиболее подходящего датчика по введенным условиям, а также осуществление настраиваемой программной термокомпенсации характеристики определенного датчика.

Стенд можно использовать, как лабораторный, для проведения экспериментов студентами; как автоматизированный комплекс для выбора необходимого датчика по введенным характеристикам и при определенных настройках, а также как стенд для калибровки и выяснения реальных характеристик датчиков давления.

Все программное обеспечение и драйвера объединены в пакет-инсталлятор, устанавливающий все необходимое практически в автоматическом режиме.

Пока что такой пакет совместим только с Windows (XP, Vista, 7).

В дальнейшем планируется разработка таких пакетов для всех известных операционных систем.

Разработанная функциональная схема лабораторного стенда представлена на рис.2.

**Библиографический список**

«Датчики зарубежных фирм на рынке России» Е. Прокофьева ;  
ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес 2/2005 14-16

<http://electricalschool.info/spravochnik/izmeren/428-tenzometricheskie-izmeritelnye.html>

<http://www.devicesearch.ru/article/datchiki-davleniy>

[http://automotogarage.ru/compressor\\_refrigerator\\_fg.html](http://automotogarage.ru/compressor_refrigerator_fg.html)

Окорокова Н.С., Пушкин К.В., Севрук С.Д., Устюжанинова Г.Н.,  
Фармаковская А.А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Автономная система электропитания на базе кислород-водородного электрохимического генератора и гидронного химического источника тока, как управляемого генератора водорода**

Запасы углеводородного топлива планеты заканчиваются. Что придет им на замену? Откуда в будущем брать электроэнергию, на каком горючем ездить, чем греться?

Сегодня, как серьезная альтернатива углеводородной, рассматривается водородная энергетика. Преимущества её в том, что запасы водорода практически неограниченны на планете в составе водных ресурсов. А водород, как горючее, при реакции с кислородом, как окислителем, имеет очень высокую удельные энергоемкость и абсолютную экологическую чистоту продуктов реакции – вода.

Среди автономных энергетических установок на водороде наиболее энергоэффективным является кислород-водородный топливный элемент ( $O_2/H_2$  ТЭ). Это энергетическая установка (ЭУ) превращающая химическую энергию реакции кислорода с водородом непосредственно в электрическую.

Высокие удельные энергии реакции кислорода с водородом - 119,0 МДж/кг (33,1 кВт·ч/кг) и высокий термодинамический КПД (94%) до сих пор обуславливает к ним устойчивый интерес разработчиков из различных индустрий: автомобилестроение и транспорт, портативная электроника и радиотехника, авиационная и космическая техника и многие другие. Другими словами, - ЭУ на основе  $O_2/H_2$  ТЭ имеют широкий спектр применения: от бытовой техники и электроники до серьезных ЭУ на автотранспорте или космических летательных аппаратах.

Главная проблема для автономных ЭУ на основе  $O_2/H_2$  ТЭ на сегодняшний день является проблема хранения водорода.

В работе [1] мы подробно описали способы хранения водорода, и провели оценку эффективности его получения в различных автономных генераторах водорода, однако следует напомнить о них вкратце.

Существует три возможных способа хранения водорода для автономных ЭУ: газобаллонный, криогенный и так называемый «связанный» в составе химических соединений, например в воде.

При газобаллонном варианте хранения, водород хранится под высоким давлением в баллонах. Здесь мы имеем высокие давления в системе хранения водорода (от 200 до 350 МПа), и, соответственно, во всей системе автономной ЭУ. Кроме того, подобные автономные ЭУ имеют низкие удельные энергомассовые показатели, так как баллоны имеют высокую массу и габариты, а количество водорода, запасенного в них, сравнительно мало.

При хранении водорода в сжиженном состоянии (криогенное хранение) система хранения имеет высокую стоимость, обусловленную стоимостью криогенного оборудования, и жёсткие технологические эксплуатационные ограничения, что может быть неудобно при использовании. Кроме того, использование криогенного оборудования ограничивает применение ЭУ на основе  $O_2/H_2$  ТЭ, например, в бытовых условиях, делая его нерентабельным и чересчур громоздким.

Оба вышеописанных способа хранения водорода — газобаллонный и криогенный — имеют высокую пожаро- и взрывоопасность, так как имеют дело непосредственно с чистым водородом, и малейший дефект в системе хранения и подачи, а также вероятность получения гремучего газа (водород + кислород), а следовательно и взрыва, резко возрастает.

При «связанном» варианте хранения водорода в автономных установках по генерированию водорода он находится в воде и водных растворах, и появляется в чистом виде лишь по мере необходимости в нем для обеспечения работы  $O_2/H_2$  ТЭ. Водород может выделяться из воды, например, с помощью металлов или других веществ, достаточно энергично взаимодействующих с водой.

По эффективности генерирования водорода на единицу массы рабочих тел, при восстановлении водорода из воды, одной из самых эффективных является система «алюминий-вода», которая уступает лишь системам «гидрид лития-вода» и «литий-вода» [1]. Преимущество алюминия, по сравнению с другими веществами и металлами состоит в том, что это дешёвый, легкодоступный, вырабатываемый в промышленных масштабах материал, экологически чистый, нетоксичный реагент, самый распространённый в природе (8 мас.% земной коры) среди металлов. Кроме того, алюминий, являясь

амфотерным металлом, вытесняет водород как из воды (при определённых условиях), так и из водных растворов кислот, щелочей и солей.

Таким образом, «связанное» хранение водорода является самым безопасным из всех известных на сегодняшний день способов хранения. Такая система является менее требовательной к температурным режимам работы, которые очень жестки для криогенных систем, точности изготовления и надежности аппаратуры, так как вода, как и водные растворы щелочей и солей, при утечке не взрывоопасны. Кроме того, в бытовых условиях такой способ может быть гораздо более удобен к применению, нежели криогенный или газобаллонный.

В ходе исследований систем связанного хранения водорода для  $O_2/H_2$  ТЭ нами был разработан электрохимически управляемый генератор водорода на основе химического источника тока с алюминиевым анодом – гидронный ХИТ, с возможностью регулирования скорости выделения водорода в широком диапазоне. Гидронным такой ХИТ назвали потому, что он образован электрохимической системой металл-вода.

Гидронный источник тока – это электрохимическая ячейка, состоящая из алюминиевого анода, катода из инертного материала, например никеля или молибдена, и раствора электролита между ними. Электролит может быть как щелочной, так и нейтральный, солевой.

Принципиальная схема гидронного ХИТ со щелочным электролитом приведена на рисунке 1. На рисунке показаны и основные химические процессы по месту их протекания.

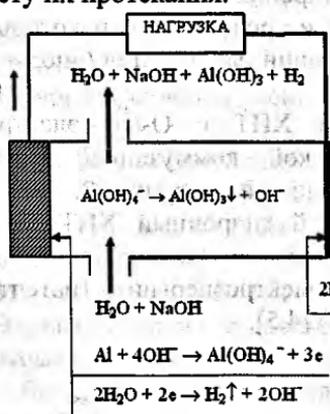
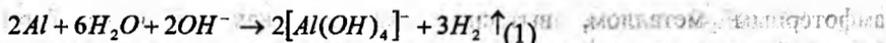


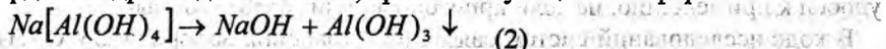
Рис. 1. Принципиальная схема гидронного химического источника тока с алюминиевым анодом и щелочным электролитом.

Суммарная токообразующая реакция при работе гидронного ХИТ с алюминиевым анодом в щелочном электролите может быть представлена уравнением:



Поскольку алюминий в воде термодинамически неустойчив, анод одновременно с токообразующим процессом расходуется в реакции коррозии, описываемой точно таким же суммарным уравнением (1) с той лишь разницей, что водород в этом случае выделяется на катодных участках корродирующего алюминия.

Образующийся при растворении алюминия в щёлочи алуминатный раствор чрезвычайно склонен к пересыщению, но после достижения определённой степени пересыщения он разлагается с выделением твёрдого гидроксида алюминия, кристаллизующегося в форме гиббсита:



Таким образом, расходуемыми веществами в гидронном ХИТ с алюминиевым анодом являются алюминий и вода, а продуктами реакции являются водород, гидроксид алюминия  $Al(OH)_3$ , и электроэнергия. Продукты реакции гидронного ХИТ — гидроксид алюминия, остатки воды и щёлочи ( $NaOH$ ) являются экологически безопасными. Они также могут быть утилизированы, переработаны и заново использованы.

Как показали наши исследования [1,2,3], скорость выделения водорода в гидронном ХИТ практически линейно зависит от протекающего в нём тока разряда в обоих типах применяемого электролита (щёлочного или солевого), тем самым создавая отличную возможность регулировать скорость выделения водорода.

В работах [1,2,3] нами подробно описаны рабочие процессы, протекающие в гидронном ХИТ, и представлены некоторые результаты исследований различных комбинаций рабочих тел (анод — электролит — катод) для него.

Если объединить гидронный ХИТ с  $O_2/H_2$  электрохимическим генератором (ЭХГ) электрической коммутацией и водородными каналами так, как это показано на рисунке 2, то мы получим комбинированную ЭУ, в которой гидронный ХИТ выполняет роль электрохимически регулируемого источника водорода и дополнительного источника электроэнергии (патенты РФ на изобретение: №105528, №116257) [4,5].

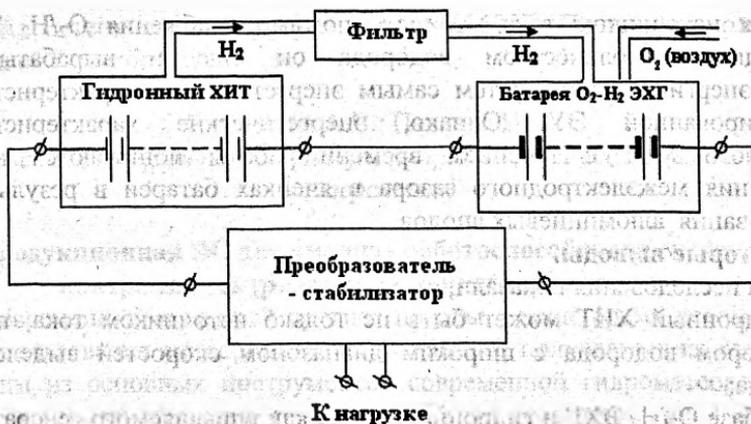


Рис. 2. Принципиальная схема комбинированной энергоустановки состоящей из гидронного ХИТ и O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> ЭХГ.

В представленной на рисунке 2 схеме гидронный ХИТ электрически соединен с O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> ЭХГ последовательно. Подобный тип электрического соединения источников позволяет не применять систему управления скоростью генерирования водорода в гидронном ХИТ, так как регулировка обеспечивается автоматически за счёт того, что в обоих, последовательно соединённых источниках, протекает один и тот же ток. Однако, здесь накладывается некоторое ограничение: число элементов в батарее гидронных ХИТ не может быть произвольным.

При параллельной сборке гидронного ХИТ и O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> ЭХГ необходимо, для согласования характеристик разнородных источников тока, специальное устройство согласования на общую полезную нагрузку, что при современном уровне силовой электроники не представляет особых проблем.

На основе данных, полученных нами в ходе исследований, и с целью получения энергетических характеристик комбинированной ЭУ, мы создали математическую модель комбинированной ЭУ, состоящей из специально разработанной и спроектированной нами батареи гидронного ХИТ и серийного образца O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> ЭХГ номинальной мощностью 1кВт, выпущенного сторонней компанией-производителем. С помощью математической модели и на основе экспериментальных данных нами были рассчитаны вольтамперные и мощностные характеристики комбинированной ЭУ.

Мы выяснили, что спроектированный нами гидронный ХИТ способен обеспечивать водородом O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> ЭХГ на его номинальном режиме работы (N=1кВт, I=34А) в течение порядка 10 часов на одном комплекте анодов (сплав Al-In). На протяжении всего этого времени гидронный ХИТ

является источником тока, -то есть помимо снабжения  $O_2/H_2$  ЭХГ необходимым количеством водорода он еще и вырабатывает электроэнергию, усиливая тем самым энергетические характеристики комбинированной ЭУ. Однако, энергетические характеристики гидронного ХИТ с течением времени работы понижаются из-за увеличения межэлектродного зазора в ячейках батареи в результате расходования алюминиевых анодов.

### **Некоторые выводы.**

Наши исследования показали, что:

- гидронный ХИТ может быть не только источником тока, но и генератором водорода с широким диапазоном скоростей выделения водорода;

- на базе  $O_2/H_2$  ЭХГ и гидронного ХИТ, как управляемого генератора водорода, может быть создана автономная комбинированная ЭУ "гидронный ХИТ +  $O_2/H_2$  ЭХГ" с высокими удельными энергомассовыми характеристиками.

Предложенная комбинированная ЭУ является эффективным и безопасным решением проблемы хранения водорода для автономных ЭУ на основе  $O_2/H_2$  ТЭ. Кроме того, такая комбинированная ЭУ является принципиально новым источником тока, что подтверждается патентами полученными нами в ходе разработок: патенты РФ на изобретение №105528, №116257.

Применение подобных комбинированных ЭУ целесообразно не только в наземных условиях, но и весьма перспективно в космических.

### **Библиографический список**

Окорокова Н.С., Пушкин К.В. Управляемый генератор водорода на базе гидронного химического источника тока: электронный журнал «Труды МАИ», выпуск № 51.

Окорокова Н.С., Пушкин К.В., Севрук С.Д., Фармаковская А.А. Влияние состава алюминиевого анода гидронного источника тока на эффективность его работы в режиме генератора водорода: «Вестник Московского авиационного института», 2011, т. 18, № 3.

Кравченко Л.Л., Окорокова Н.С., Пушкин К.В., Севрук С.Д., Фармаковская А.А. Влияние свойств катода гидронного источника тока с алюминиевым анодом на эффективность его работы в режиме генератора водорода: вестник Московского авиационного института, 2011, т. 18, № 3.

Н.С. Окорокова, К.В. Пушкин, С.Д. Севрук, А.А. Фармаковская «Комбинированный источник тока» патент на полезную модель №105528. Приоритет полезной модели от 24 декабря 2010 года.

Н.С. Окорокова, К.В. Пушкин, С.Д. Севрук, А.А. Фармаковская «Комбинированный источник тока» с параллельным подключением

батарей» патент на полезную модель №116257. Приоритет полезной модели от 7 декабря 2011 года.

Пакостина А.В., Павлова Н.В.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

### **Продукционная ЭС для анализа работоспособности системы контроля электризации космического аппарата**

Своевременный и точный прогноз погоды в наше время невозможен без использования метеорологических данных, получаемых из космоса, и одним из основных инструментов современной гидрометеорологии является сеть космических аппаратов (КА) на геостационарной орбите. Геостационарные спутники способны круглосуточно и с высокой периодичностью получать изображения всего диска Земли. Это позволяет метеорологам следить за динамикой атмосферы в глобальном масштабе.

В 2010 году завершились работы по созданию нового российского геостационарного спутника "Электро-Л", используемого для метеонаблюдений. Запуск космического аппарата на геостационарную орбиту произведен с космодрома "Байконур" 20 января 2011 года.

КА "Электро-Л" [1] спроектирован по модульному принципу и конструктивно состоит из комплекса целевой аппаратуры и базового модуля служебных систем (БМСС) «Навигатор», который предназначен для обеспечения функционирования целевой аппаратуры и КА в целом.

В состав БМСС «Навигатор» входит система контроля электризации (СКЭ) КА «Электро-Л», СКЭ [2] предназначена для сбора данных о параметрах электризации космического аппарата. СКЭ накапливает и передает на Землю телеметрическую информацию, анализ которой в настоящее время проводится вручную инженером-исследователем.

Целью работы является разработка прототипа экспертной системы (ЭС) для автоматизации [3] анализа телеметрических данных о работе СКЭ КА и разгрузки инженера от рутинной работы и поддержки его решения по обнаружению отказов СКЭ.

В ходе выполнения работы были решены следующие научно – технические задачи:

- разработана структурная схема прототипа ЭС, структурная схема представлена на рис.1;
- разработана база знаний (БЗ) прототипа ЭС;
- подобран механизм логического вывода ЭС;

- разработано программное обеспечение ЭС, программно – алгоритмическое обеспечение ЭС протестировано, что подтвердило его работоспособность;
- проведено моделирование с использованием исходных данных НПО им.С.А. Лавочкина, подтвердившее работоспособность и эффективность ЭС.

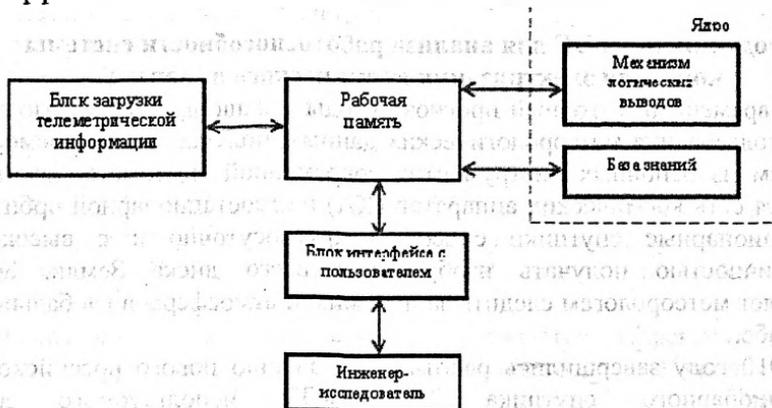


Рис. 1. Структурная схема прототипа ЭС.

Для анализа работоспособности СКЭ разрабатываемая ЭС должна использовать следующую телеметрическую информацию:

- показания счетчиков ошибок передачи данных по информационной шине;
- показания счетчиков ошибок передачи данных телеметрической системе;
- значения частот вибрации датчиков электрического поля (ДЭП) в каждый момент измерений;
- показания датчиков температур (ДТ), установленных в измерительных блоках СКЭ и в модулях питания (МП) в каждый момент измерения.

БЗ ЭС хранит информацию обо всех возможных отказах датчиков СКЭ и позволяет с помощью механизма логических выводов провести цепочку прямых рассуждений, то есть ответить на вопрос: к чему может привести тот или иной отказ. Самой трудоемкой работой при создании ЭС является разработка ее базы знаний. Первым шагом на этом этапе является построение дерева решений. Разработанное дерево решений включает 150 вершин.

В соответствии с этим деревом решений база знаний экспертной системы была заполнена фактами и правилами, разработанный прототип включает 99 правил. Пример правила БЗ ЭС:

«ЕСЛИ (анализ частот и частота вибрации ДЭП1\_2<40) или (анализ частот и частота вибрации ДЭП1\_2>40 и частота вибрации ДЭП1\_2>80), ТО датчик ДЭП\_1\_2 не работает».

Работа прототипа ЭС основывается на 4 положениях:

- экспертная система содержит в своей базе знаний описание всех возможных ситуаций работы датчиков СКЭ и системы в целом;
- для каждой ситуации показаний датчиков СКЭ экспертная система имеет в своей базе знаний правила, в которых эти ситуации входят в часть ЕСЛИ;
- в частях ТО правил генерируются ситуации, которые, либо являются окончательными выводами о функционировании датчиков и СКЭ в целом, либо входят в части ЕСЛИ других правил и добавляются к уже описанным ситуациям;
- ЭС обрабатывает вновь появившиеся ситуации до тех пор, пока не будет получен окончательный вывод о функционировании датчиков СКЭ или СКЭ в целом.

Процесс заканчивается, если в ЭС нет необработанных ситуаций.

При анализе телеметрической информации экспертная система по введенным фактам строит с помощью механизма логических выводов цепочку сработавших правил, таким образом, ЭС делает заключение о работоспособности измерительных датчиков СКЭ и СКЭ в целом.

Для создания комфортных условий работы с экспертной системой разработаны блок загрузки телеметрической информации (ТМИ) и интерфейс с пользователем. С помощью блока загрузки ТМИ данные преобразуются и загружаются в рабочую память ЭС. Интерфейс с пользователем носит дружественный по отношению к инженеру-исследователю характер. Блок интерфейса с пользователем обеспечивает вывод сообщений на естественном языке пользователя, а также предоставляет средства для работы с ЭС на естественном языке. Блок интерфейса с пользователем предлагает два режима работы с ЭС: ручной режим и автоматический режим.

После разработки всех составляющих ЭС прототип протестирован. Для этого, в рабочую память загружен файл с ТМИ, на основе загруженных данных ЭС провела рассуждения и выдала заключение о работоспособности датчиков СКЭ и СКЭ в целом.

Прототип ЭС протестирован на основных режимах работы СКЭ:

- «Все датчики СКЭ функционируют штатно» - результаты представлены на рис. 2;
- «Один или несколько датчиков вышли из строя, но это не влияет на функционирование СКЭ и на целостность телеметрических данных» - результаты представлены на рис. 3;

- «Несколько датчиков вышли из строя, что привело к прекращению функционирования СКЭ» - результаты представлены на рис. 4.

ЭС выдает данные о состоянии датчиков СКЭ во все моменты измерений, при этом, анализируемый момент измерения отмечается зеленым маркером. Моменты выхода из строя какого-либо датчика СКЭ экспертная система фиксирует и отмечает цветным вертикальным маркером, красным или оранжевым в зависимости от характера отказа.

Тестирование подтвердило, что ЭС работоспособна и позволяет обнаруживать и фиксировать отказы СКЭ.

Далее проведено моделирование с использованием прототипа ЭС на основе реальной ТМИ, переданной от СКЭ КА «Электро-Л», ТМИ была предоставлена ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина. Результаты моделирования представлены на рис. 5. Моделирование проводилось для 4600 кадров - объема данных, который передается в ТМС КА за неделю работы СКЭ. В ходе моделирования ЭС не зафиксировала никаких отказов СКЭ, что соответствует действительности.

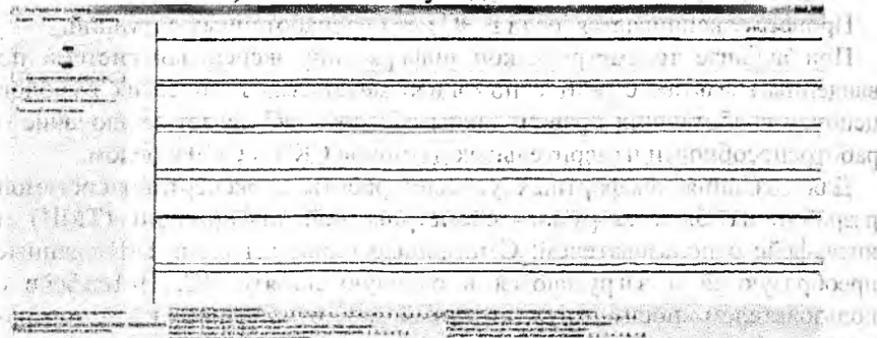


Рис. 2. Результаты тестирования ЭС на режиме работы СКЭ «Все датчики СКЭ функционируют штатно».



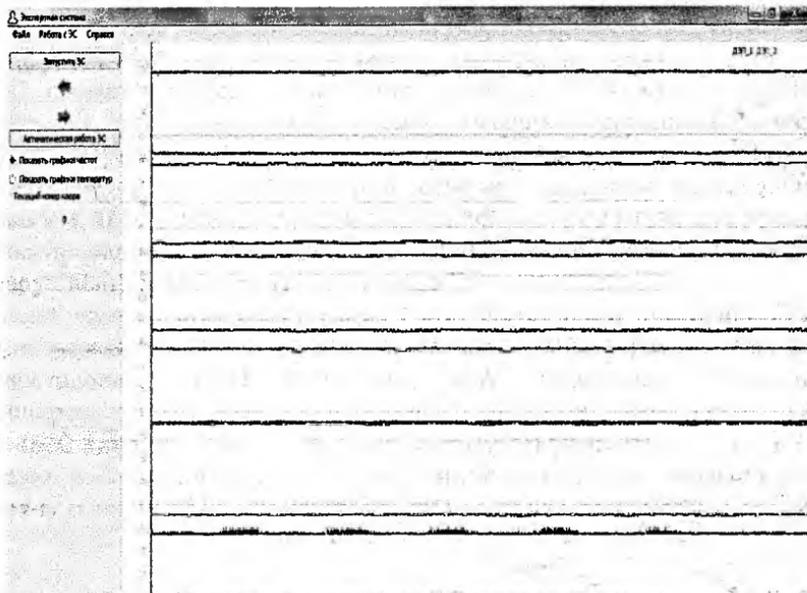


Рис. 5. Результаты моделирования, СКЭ функционирует штатно.

Таким образом, разработанная ЭС позволяет: во-первых, разгрузить инженера-исследователя от рутинной работы (когда СКЭ КА «Электро-Л» согласно ТМИ работает штатно); во-вторых, поддержать его решения и создать ему комфортные условия для анализа в случаях возможных отказов аппаратуры.

#### **Библиографический список**

Бабышкин В.Е. Инновационный гидрометеорологический космический комплекс «Электро» нового поколения // Вестник «ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина», №1, 2011, стр. 3-8.

Официальный сайт «ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина». <http://www.laspaces.ru/>.

Тим Джонс М. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. – М.: ДМК Пресс, 2004.

## Построение траектории продольного движения и синтез САУ гиперзвукового беспилотного самолета-разгонщика с комбинированной турбопрямоточной силовой установкой

### Введение.

Рассматривается транспортная космическая система легкого класса для вывода на низкую околоземную орбиту высотой 200 км космического аппарата массой 1000 кг [1]. Стартовая ступень представляет собой самолет-разгонщик с комбинированной силовой установкой (рис.1).

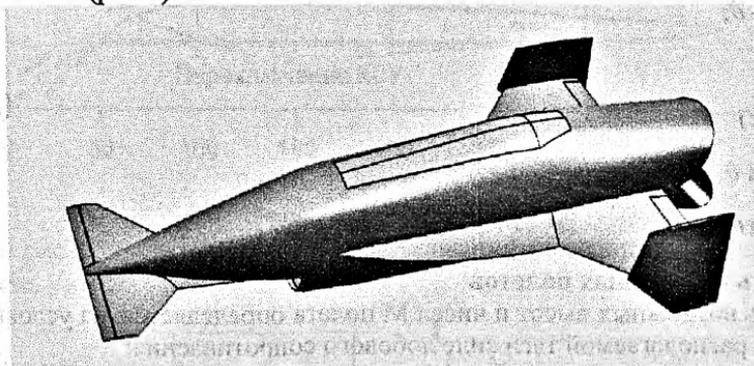


Рис. 1. Общий вид самолета-разгонщика

Силовая установка (рис. 2) имеет в своем составе турбореактивные двигатели с форсажной камерой (ТРДФ) и прямоточный воздушно-реактивный двигатель (ПВРД) [1,2].

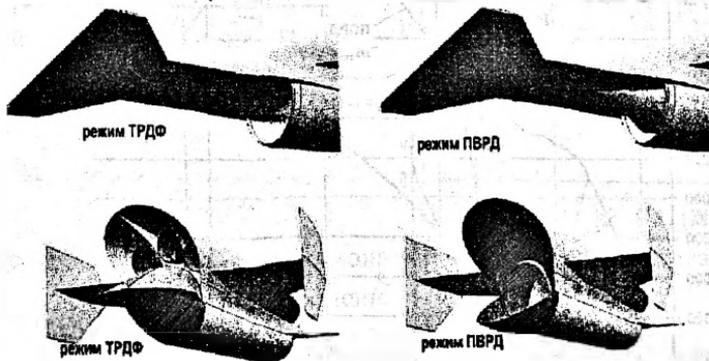


Рис. 2. Силовая установка и ее трансформация при переключении режимов

Самолет-разгонщик предназначен для запуска легкой ракетной ступени массой до 20 тонн при числе Маха  $M=4$ .

### Математическая модель движения

Уравнения продольного движения рассматриваются в виде [2,3]:

$$\begin{cases} \dot{V} = \frac{(P \cdot \cos \alpha - X_a - mg \sin \theta)}{m}; \\ \dot{\theta} = \frac{(Y_a + P \cdot \sin \alpha - mg \cos \theta)}{m \cdot V}; \\ \dot{\omega}_z = \frac{M_z + M_{z-P}}{I_z}; \end{cases} \quad (1)$$

Кинематические соотношения имеют вид:

$$\begin{cases} \dot{\alpha} = \omega_z - \dot{\theta}; \\ \dot{\vartheta} = \omega_z; \\ \dot{m} = -\mu(t); \\ \dot{H} = V \sin \theta; \\ \dot{L} = V \cos \theta. \end{cases} \quad (2)$$

### Область возможных полетов

Область возможных высот и чисел  $M$  полета определяется из условия равенства располагаемой тяги силе лобового сопротивления:

$$P_{II} = X_a = c_{x0} q S.$$

На рисунке 3 представлены области для работы силовой установки на режимах ТРДДФ и ПВРД.

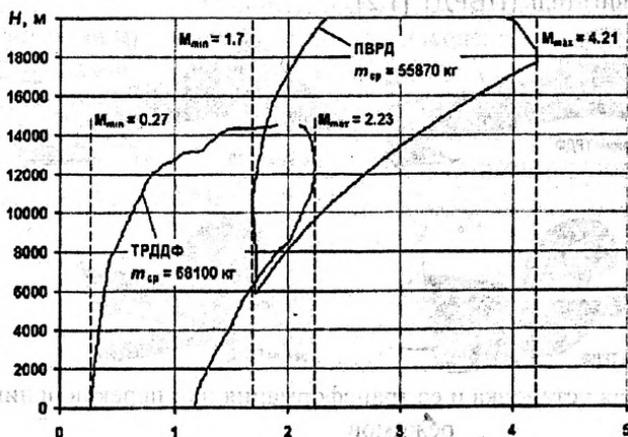


Рис. 3. Область возможных полетов самолета-разгонщика

## Построение траектории движения

Траектория полета самолета-разгонщика вычисляется моделированием продольного движения (рис. 4).

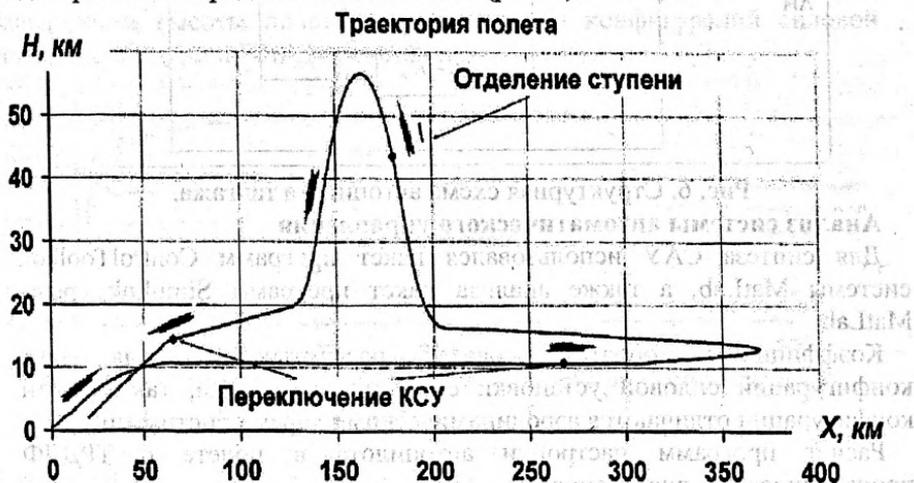


Рис. 4. Траектория полета.

На рис. 5 представлены изменения параметров движения в процессе полета.

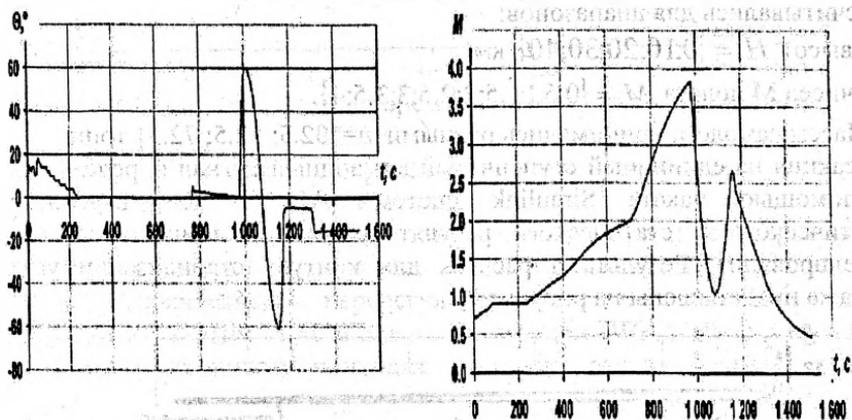


Рис. 5. Зависимости угла наклона траектории  $\theta(t)$  и числа  $M$  от времени.

Структурная схема автопилота стабилизации высоты в тангажном варианте (рис. 6) рассматривалась в виде:

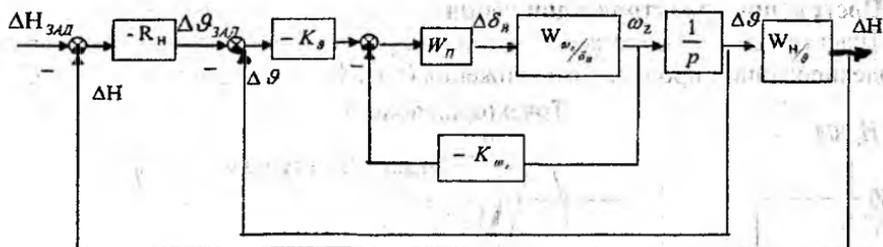


Рис. 6. Структурная схема автопилота тангажа.

### Анализ системы автоматического управления

Для синтеза САУ использовался пакет программ ControlToolbox системы MatLab, а также анализа пакет программ Simulink среды MatLab.

Коэффициенты обратных связей рассчитывались для двух конфигураций силовой установки самолета-разгонщика, так как эти конфигурации отличаются аэродинамическими характеристиками.

Расчет программ настройки автопилота в полете с ТРДДФ производился для диапазонов:

- высот  $H = \{0; 5; 10; 15; 20\}$  км

- чисел М полета  $M = \{0.5; 1; 1.5; 2; 2.5\}$

Для конфигурации ПВРД программы настройки автопилота рассчитывались для диапазонов:

- высот  $H = \{0; 10; 20; 30; 40\}$  км

- чисел М полета  $M = \{0.5; 1; 1.5; 2; 2.5; 3; 3.5; 4\}$ .

Массы самолета принимались равными  $m = \{32.5; 52.5; 72.5\}$  тонн.

Реакция на единичный ступенчатый командный сигнал определялась с помощью пакета Simulink системы MatLab для вариантов астатического и статического регуляторов и методами численного моделирования. Результаты расчета для контура стабилизации угла тангажа представлены на рисунке 7.

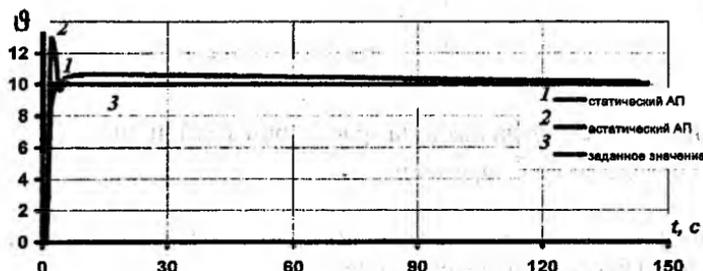


Рис. 7. Зависимость угла тангажа от времени полета для конфигурации ТРДДФ.

Реакция траекторного контура управления высотой полета определялась интегрированием системы нелинейных уравнений углового и траекторного движения (1,2) с учетом расхода топлива. Зависимости высоты полета от времени для конфигураций силовой установки ТРДДФ и ПВРД представлены на рисунках 8 и 9.

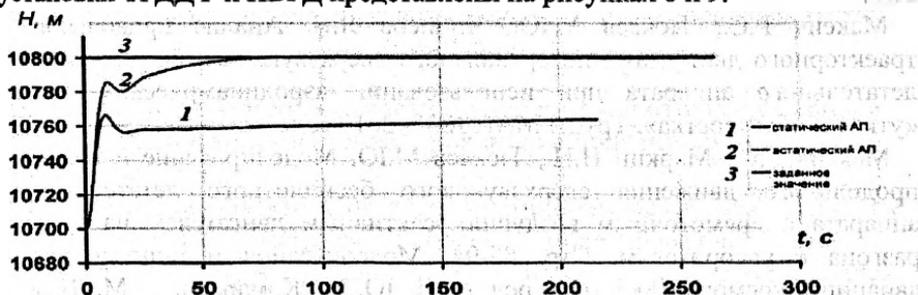


Рис. 8. Зависимость высоты от времени полета для конфигурации ТРДДФ.

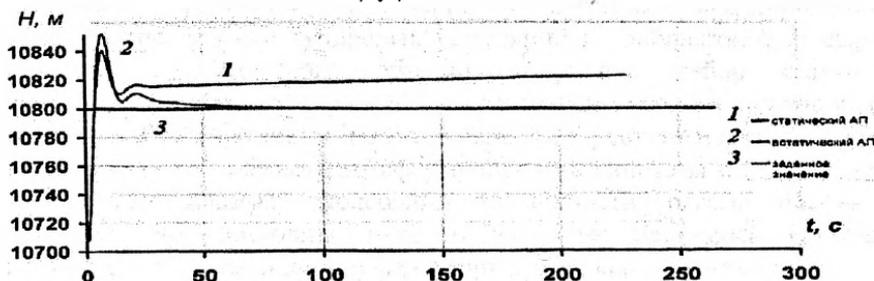


Рис. 9. Зависимость высоты от времени полета для конфигурации ПВРД.

Переходные процессы определялись для командного сигнала изменения высоты полета на 100 метров.

Анализ переходных процессов показывает, что время регулирования угла тангажа составляет не более 10 секунд и высоты не более 60 секунд. Относительное перерегулирование достигает 25% для конфигурации ТРДДФ и 40% для конфигурации ПВРД. Использование статического автопилота приводит к ошибке регулирования высоты 20%.

### Заключение

В работе определен облик транспортной космической системы легкого класса с ПВРД и разработаны варианты статического и астатического автопилотов для управления угловым и траекторным движением в продольном канале. Дальнейшее развитие проекта требует выбор схемы отделения ракетной ступени и оптимизации траектории носителя в целях вывода на орбиту максимальной полезной нагрузки.

### Библиографический список

Макеич Г.С., Тюкаев М.Ю., Чибисов Я.Н. Проект «Молот» гиперзвукового беспилотного самолета-разгонщика с комбинированной экранной турбо-прямоточной силовой установкой. - Труды МАИ №51, 2011.

Макеич Г.С., Тюкаев М.Ю., Чибисов Я.Н. Анализ продольного траекторного движения многорежимного сверхзвукового беспилотного летательного аппарата при использовании аэродинамических схем «утка» и «бесхвостка». Труды МАИ №38, 2010 год

Макеич Г.С., Маркин Н.Н., Тюкаев М.Ю. Моделирование и анализ продольного движения сверхзвукового беспилотного летательного аппарата с прямоточным воздушно-реактивным двигателем на этапе разгона с ускорителем. Стр. 85-94. Модернизация и инновации в авиации и космонавтике. /Под ред. проф. Ю. Ю. Комарова. — М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. — 464 с.



# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Люлякин О.П., Саранча Д.А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

## Изучение динамики численности популяции животных с помощью индивидуально-ориентированного моделирования

### Введение

Классическим объектом, на котором отрабатывается эффективность точных методов, является проблема моделирования колебания численности животных. В данной работе эта проблема рассматривается в рамках моделей тундровых популяций и сообществ. Развитие имитационных технологий, реализация на их основе процедуры обоснования уравнений, позволили в процессе моделирования колебаний численности тундровых популяций и сообществ, благодаря специфике экологического объекта, построить набор взаимно согласованных моделей разной степени сложности. Полученное замкнутое, целостное описание позволило в результате моделирования выделить ведущие параметры, сформулировать гипотезы о степени их влияния на динамику колебаний численности рассматриваемых популяций. Это позволило перейти на более детальный уровень описания с помощью индивидуально-ориентированных моделей.

### Описание индивидуально-ориентированной модели

В этой работе для изучения динамики численности популяции были взяты копытные лемминги. Вначале необходимо описать необходимые параметры модели и алгоритм поведения особей. В этой модели учитывались следующие параметры:

- Возраст особи,
- Координаты норы,
- Координаты особи,
- Пол особи,
- Потенциал жизнестойкости

Рассматривается некоторая область размерами  $N \times M$  клеток. В ней лемминги передвигаются случайным образом в поисках пищи. За одну итерацию лемминг может сместиться на одну ячейку. После определенного количества итераций особь возвращается в свою нору и находится там некоторое время. Потом все повторяется.

Каждому животному сопоставляется некоторое число от 0 до 1, которое называется потенциалом жизнестойкости. При передвижении несколько леммингов могут оказаться в одной ячейке, тогда происходит

“стычка” и происходит снижение потенциала у всех участников. Если потенциал окажется меньше нуля, то особь умирает. Если стычки не было, то потенциал восстанавливается. Каждый лемминг также обладает возрастом, при превышении которого умирает.

В модели принято, что после некоторого количества итераций проходит один день. Весь год разделен на два сезона: период размножения (с февраля по август) и период зимовки (с сентября по январь). Если в одной ячейке в период размножения оказываются разнополые особи, то самка с некоторой вероятностью беременеет.

Вероятность забеременеть берется из статистических данных. Сезон размножения делится на генерации (перезимовавшие, февраль-март, апрель-май, июнь). В какой промежуток появилась особь, то и беременность будет соответствующая. Если самка не беременеет, то считается, что особь не участвует в размножении в данный период.

Через определенное время появляется потомство. Оно находится в материнской норе некоторое время. Потом выходит в поисках собственной норы.

На данном этапе особь является неполовозрелой. Должно пройти еще некоторое время, чтобы особь смогла участвовать в размножении.

Гибель особи происходит в одном из следующих случаев:

- 1) потенциал жизнестойкости меньше нуля
- 2) особь достигла предельного возраста
- 3) самка принесла третье потомство

Копытным леммингам свойственны скачки численности в несколько лет. Поэтому, после достижения порогового значения численности в этот год был увеличен ущерб от стычек зимой, пока не останется оптимальный биотоп (минимальное количество особей, после пика).

Также эту модель следует считать неполной, так как в нее можно внести более детально растительность, хищников, влияние болезней и прочих факторов.

После описания индивидуально-ориентированной модели была написана на ее основе программа на языке программирования C#. Код программы приведен в приложении.

После этого нужно с помощью вычислительных экспериментов подобрать параметры так, чтобы популяция не вымирала, и получались нужные циклы разной длины.

Использовались следующие параметры модели:

- ущерб от стычек
- восстановление потенциала в отсутствие стычек
- оптимальный биотоп
- пиковое значение леммингов

В результате вычислительных экспериментов удалось воспроизвести колебания численности в 3 и 4 года. Зависимость численности популяции от времени показана на рисунке 1.

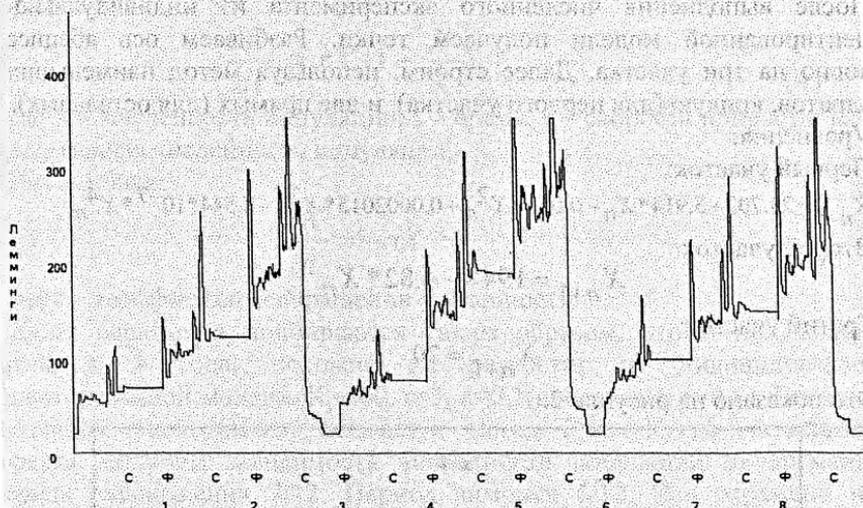


Рис.1 Динамика численности. 3-х летний цикл (параметры: пик 350, ущерб от стычек 0.01, восстановление потенциала в отсутствие стычек 0.001, начальное количество особей 20). По оси абсцисс – годы. С – начало сентября, Ф – февраля. По ординате – численность популяции.

### Применение разностных уравнений

Задача об изучении свойств дискретных отображений (функций последования) возникла при описании динамики численности тундровых животных в рамках математических моделей тундровых популяций и сообществ.

На рисунке 2 показан вид базовых дискретных уравнений  $X^{t+1}=F(X^t)$ , связывающих численности леммингов  $X^t$  в двух соседних годах, полученных в результате анализа моделей тундровых популяций и сообществ, с помощью которых удается воспроизвести временную динамику, качественно близкую к динамике численностей реальных популяций леммингов.

В уравнении есть два ведущих показателя это – скорость прироста биомассы в благоприятный год и численность леммингов в оптимальном биотопе. Первый показатель оценивается сравнительно надежно, а второй – только по косвенным данным, фактически в результате подбора такого его значения, которое обеспечивает

зарегистрированную динамику чередования максимумов численности леммингов. В связи с этим необходимо было проанализировать влияние этого параметра на динамику численности.

После выполнения численного эксперимента из индивидуально-ориентированной модели получаем точки. Разбиваем ось абсцисс условно на три участка. Далее строим, используя метод наименьших квадратов, кривую (для первого участка) и две прямых (для остальных).

Уравнения:

Первый участок:

$$X_{n+1} = 23.702 + 5.914 * X_n - 0.052 * X_n^2 + 0.0002015 * X_n^3 - 2.544 * 10^{-7} * X_n^4 \quad (1)$$

Второй участок:

$$X_{n+1} = 1948 - 4.82 * X_n \quad (2)$$

Третий участок:

$$X_{n+1} = 20 \quad (3)$$

Это показано на рисунке 2.

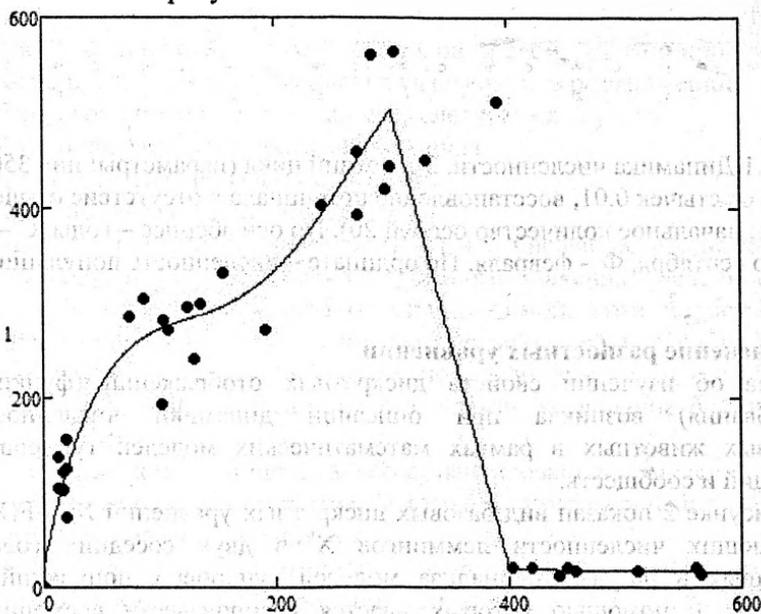


Рис.2. График разностного уравнения. Точки получены из индивидуально-ориентированной модели. Кривая получена в результате сглаживания. По оси абсцисс – численность популяции, по ординате – численность на следующий год в то же время.

Разностное уравнение дает возможность предсказывать численность популяции животных через некоторый промежуток времени.

**Упрощенная модель в виде дифференциальных уравнений**

Напишем дифференциальные уравнения для каждого из сезонов так, чтобы воспроизвести циклы численности популяции длиной в три года.

Для сезона размножения воспользуемся логистическим уравнением Ферхюльста:

$$\frac{dX}{dt} = rX \left(1 - \frac{X}{K}\right) \quad (4)$$

где  $X$  – численность популяции,  $t$  – время,  $r$  – скорость прироста,  $K$  – максимальная численность популяции.

Для зимовки:

$$\frac{dX}{dt} = -aX \quad (5)$$

где  $a$  – коэффициент сокращения численности.

Далее параметры подбираются таким образом, чтобы получались циклы в 3 года, похожие на результат из индивидуально-ориентированной модели.  $K=500$ ,  $r=3$ ,  $a=0.1$  (после пика  $a=0.6$ ). Проводя численный эксперимент, используя метод Рунге-Кутты четвертого порядка, получим зависимость численности популяции от времени. Период размножения  $7/12$ . Период зимовки  $5/12$ . Это отражено на рисунке 3.

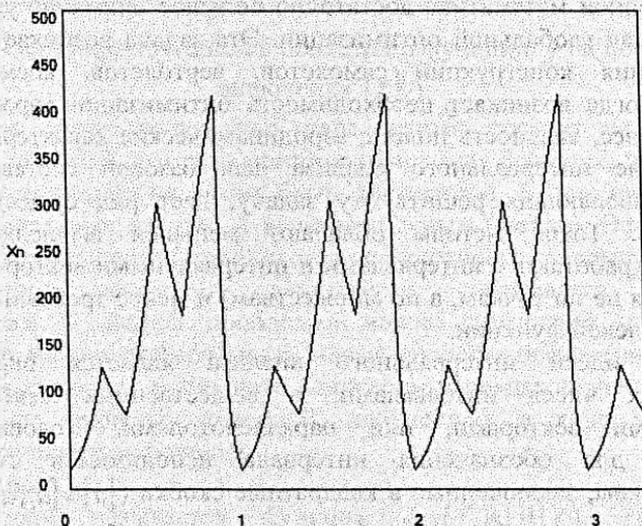


Рис.3 Динамика численности. Период размножения  $7/12$ . Период зимовки  $5/12$

#### Библиографический список

Байбиков Е.В., Белотелов Н.В., Завьялова С.В., Обридко И.В., Орлов В.А., Саранча Д.А., Шелепова О.В., Шиляева Л.М. О моделировании тундровых популяций и сообществ// Математическое моделирование. Процессы в сложных экономических и экологических системах. М.: Наука, 1986. С. 207-219.

Орлов В.А., Саранча Д.А., Шелепова О.А. Математическая модель динамики численности популяции леммингов (*Lemmus, Dicrostonyx*) и ее использование для описания популяций Восточного Таймыра//Экология. 1986. N 2. С. 43-51.

Саранча Д.А.. Биомоделирование. Материалы по количественной экологии. Математическое моделирование и биофизические аспекты. М.: ВЦ РАН, 1995. 139 с.

Саранча Д.А. Количественные методы в экологии. Биофизические аспекты и математическое моделирование. М.: МФТИ, 1997. 283 с.

Пановский В.Н., Пантелеев А.В. *Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Интервальные методы поиска глобального условного экстремума**

В современной математике достаточно большое внимание уделяется решению задач глобальной оптимизации. Эта задача возникает в ходе проектирования конструкций самолетов, вертолетов, космических аппаратов, когда возникает необходимость оптимизации характерных параметров (вес, дальность полета, аэродинамические характеристики). Использование интервального анализа, как базовой составляющей методов, позволяющих решить эту задачу, дает ряд существенных преимуществ. Такие методы обладают меньшей вычислительной сложностью (работают с интервалами и интервальными векторами, т.е. поиск ведется не по точкам, а по множествам) и менее требовательны к свойствам целевой функции.

Основной идеей интервального анализа является окружение вещественных чисел интервалами, а вещественных векторов - интервальными векторами, или параллелотопами. Условимся в дальнейшем для обозначения интервала использовать строчные латинские буквы, заключенные в квадратные скобки ( $[a] = [a_l; a_r]$ ), для параллелотопа - то же обозначение, только начертание букв полужирное ( $[a] = [a]_1 \times \dots \times [a]_n$ ).

#### **Функции включения**

Пусть имеется некоторая функция  $f$ , действующая из  $\mathcal{R}^n$  в  $\mathcal{R}^m$ . Назовем  $[f](\cdot)$  интервальной функцией включения для  $f$ , если

$$f([\mathbf{x}]) = [f](\xi), \forall [\mathbf{x}], \quad (1)$$

$$f([\mathbf{x}]) = \{f(\xi) \mid \xi \in \mathbb{R}^n, \xi \in [\mathbf{x}]\}$$

Функция включения позволяет гарантированно оценить образ функции независимо от того, каким бы он ни был: выпуклым или невыпуклым, связным или несвязным (рис. 1). В действительности очень многое зависит от способа построения данной функции. Как видно из рис. 1, функция включения может давать очень плохую оценку образа. Тем не менее, полученное множество всегда является параллелограммом, а прямоугольную область намного проще обрабатывать.

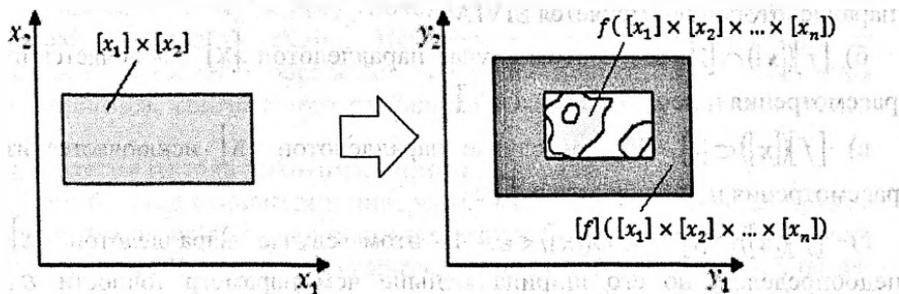


Рис 1. Образ прямоугольной области по функции  $f$  и по функции включения  $[f](\cdot)$

В общем случае полученный параллелограмм состоит не только из истинных значений, которые принимает искомая функция, но и из тех, которые в принципе не могут быть достигнуты. Будем называть эти значения мнимыми (на рис. 1 выделены серым цветом). Эффект, из-за которого образ функции дополняется до некоторого, покрывающего его параллелограмма мнимыми значениями, называется эффектом обертывания. С данной проблемой можно справиться несколькими способами: можно разрабатывать новые способы построения функций включения, стремясь уменьшить множество мнимых значений, или же осуществлять проверку значений, полученных в ходе вычисления значения функции включения.

### Инвертор

Инвертором называется функция  $Inv(f, [s], [l], \varepsilon)$ , которая по заданному параллелограмму  $[l]$ , функции  $f$  и параметру точности  $\varepsilon$  находит в исходной области поиска  $[s]$  множество параллелограммов  $\Pi$  такое, что  $\forall [\mathbf{x}] \in \Pi$ :

$$[\mathbf{x}] \subset [s], \omega([\mathbf{x}]) \geq \varepsilon \text{ и } [f](\xi) \subset [l] \text{ или } [\mathbf{x}] \subset [s], \omega([\mathbf{x}]) < \varepsilon \text{ и } [f](\xi) \cap [l] \neq \emptyset,$$

где  $f(\mathbf{x})$  называется прямым образом функции  $f$  на области  $\mathbf{x}$ ,  $\omega(\mathbf{x})$  - ширина параллелопада  $\mathbf{x}$ , определяемая следующим образом:  $\omega(\mathbf{x}) = \max_i (a_i - a_i)$

Множество  $\Pi$  ищется с помощью алгоритма SIVIA. В ходе выработки множества  $\Pi$  могут возникнуть следующие четыре случая (рис. 2):

а)  $f(\mathbf{x}) \not\subset I, f(\mathbf{x}) \cap I \neq \emptyset, \omega(\mathbf{x}) \geq \epsilon$ . В этом случае производится бисекция параллелопада  $\mathbf{x}$  (разделение параллелопада на два вдоль самой большой компоненты) и к каждому из полученных параллелопадов применяется SIVIA;

б)  $f(\mathbf{x}) \cap I = \emptyset$ . В этом случае параллелопад  $\mathbf{x}$  исключается из рассмотрения и не добавляется в  $\Pi$ ;

в)  $f(\mathbf{x}) \subset I$ . В этом случае параллелопад  $\mathbf{x}$  исключается из рассмотрения и добавляется в  $\Pi$ ;

г)  $f(\mathbf{x}) \cap I = \emptyset, \omega(\mathbf{x}) < \epsilon$ . В этом случае параллелопад  $\mathbf{x}$  недоопределен, но его ширина меньше чем параметр точности  $\epsilon$ , поэтому он представляется достаточно малым, исключается из рассмотрения и добавляется в  $\Pi$ .

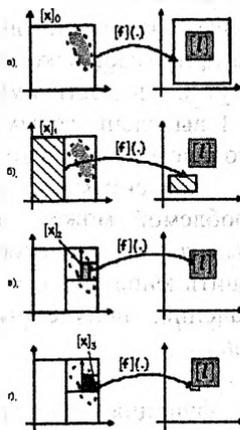


Рис. 2. Иллюстрация случаев алгоритма SIVIA.

### Постановка задачи

Пусть имеется некоторый параллелопад  $\mathbf{s}$  и заданная на нем функция  $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ . Необходимо найти параллелопад  $\mathbf{p}$ , такой что

$$x^* \in [p], \text{ где } x^* = \arg \min_{x \in [a]} f(x). \quad (4)$$

### **Классификация алгоритмов поиска глобального условного экстремума**

В зависимости от способа обработки мнимой составляющей, вырабатываемого функцией включения прямого образа, общей стратегии поиска глобального экстремума алгоритмы, использующие аппарат интервального анализа, условно можно разделить на инверсные и неинверсные.

Инверсные методы используют инвертор для определения параллелотопа, содержащего глобальный экстремум. Методы, относящиеся к этому классу, похожи друг на друга, поскольку они работают по одной схеме. Неинверсные алгоритмы используют различные способы обработки области поиска для выявления параллелотопа, содержащего глобальный экстремум, у них нет общей схемы.

#### **Стратегия метода дихотомии прямого образа**

Данный метод относится к инверсным методам. Вычисляется прямой образ функции на области поиска и обозначается как целевой интервал. Далее на каждой итерации алгоритма целевой интервал делится на две части (из  $[y_l; y_r]$  получаются  $\left[ y_l; \frac{y_l + y_r}{2} \right]$  и  $\left[ \frac{y_l + y_r}{2}; y_r \right]$ ).

Далее применяется инвертор к первой части. Если выработанное им множество непустое, то проверяется условие точности, в случае его невыполнения, первая часть принимается за новый целевой интервал, начинается новая итерация алгоритма, если же условие точности выполняется, то в выработанном инвертором множестве содержится параллелотоп, который гарантированно содержит точку минимума. Если выработанное инвертором множество при применении к первой части пустое, то вторая часть принимается за новый целевой интервал, и алгоритм начинает новую итерацию.

#### **Стратегия метода отсечки мнимых значений**

Данный метод относится к инверсным методам. Его стратегия схожа со стратегией метода дихотомии прямого образа. Единственное отличие – наличие стадии сжимания прямого образа. После вычисления прямого образа функции на области поиска к нему применяется оператор сжатия, который удаляет из прямого образа часть мнимых значений, уменьшая тем самым целевой интервал. Сжатие происходит за счет дробления исходной области поиска, что приводит к ослаблению эффекта обертывания.

#### **Стратегия метода стохастической отсечки**

Данный метод относится к инверсным методам. Его стратегия аналогична стратегии метода отсечки мнимых значений, отличие заключается в способе работы оператора сжатия. Метод использует стохастический подход при сжимании, применение которого обосновано тем, что ввиду отсутствия предварительного анализа функции делается допущение, что мнимые значения в оценке образа расположены случайным образом.

### **Стратегия метода переменных направлений**

Данный метод относится к неинверсным методам. Стратегия данного метода заключается в постоянном анализе лучшего на данный момент параллелотопа и хранении в памяти всех потенциальных на звание лучшего параллелотопа. Для описания работы алгоритма необходимо ввести понятие двойного буфера памяти. Двойным буфером памяти будем называть множество упорядоченных пар типа «параллелотоп» × «прямой образ этого параллелотопа». Параллелотоп считается тем лучше, чем меньше нижняя граница его прямого образа и чем меньше ширина его прямого образа. На каждой итерации из двойного буфера выделяется лучший параллелотоп (если параллелотопов, подходящих под определение «лучшего», несколько, то предпочтение отдается первому по порядку), который становится целевым. Далее происходит деление целевого параллелотопа относительно центральной точки. Для вновь образованных параллелотопов рассчитываются прямые образы и происходит реструктуризация двойного буфера.

### **Программное обеспечение. Результаты работы алгоритмов**

Описанные алгоритмы реализованы в виде программы поиска глобального условного минимума. Среда разработки – Microsoft Visual Studio, язык программирования – C#. Главное окно (рис. 3) представляет совокупность текстовых полей, в которые пользователь вводит информацию, необходимую для инициализации работы алгоритма. По нажатию кнопки «Найти» происходит отрисовка линий уровня функции (если минимизируется функция двух переменных) и параллелотопа, который был найден с помощью алгоритма (он записывается в текстовое окно «Результат»), так же в текстовое окно «Количество итераций» выводится информация, за сколько шагов метод нашел параллелотоп.

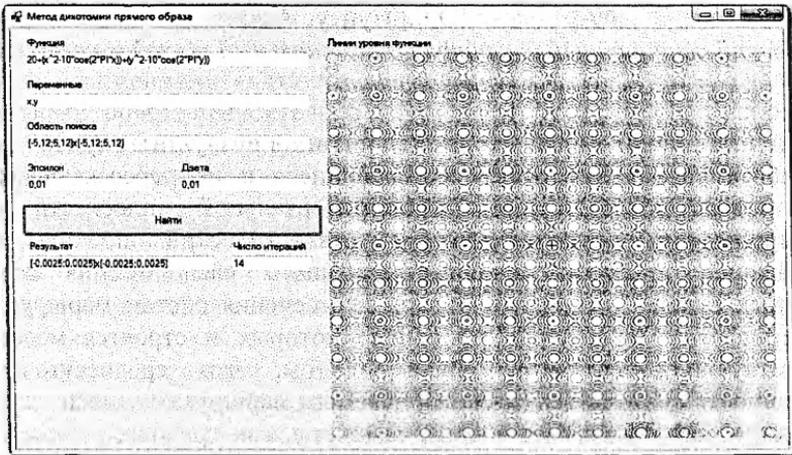


Рис. 3. Главное окно программы.

Работа методов проверялась на следующих типовых функциях: firstfunctionofDeJong, Rastrigin'sfunction, Schwefel'sfunction, Easom'sfunction. Все методы смогли определить параллелограмм, содержащий точку глобального минимума. Например, для метода дихотомии прямого образа при  $\varepsilon = \zeta = 0.01$  были получены следующие результаты:

firstfunctionofDeJong: количество итераций 13, результат:  $[-0.0046;0.0046] \times [-0.0049;0.0049]$ ,

Rastrigin'sfunction: количество итераций 14, результат:  $[-0.0025;0.0025] \times [-0.0025;0.0025]$ ,

Schwefel'sfunction: количество итераций 18, результат:  $[420.9684;420.9761] \times [420.9684;420.9761]$ ,

Easom'sfunction: количество итераций 8, результат:  $[3.1351;3.1434] \times [3.1354;3.145]$ .

### Заключение

Сформировано алгоритмическое и программное обеспечение четырех новых методов глобальной условной оптимизации. Эффективность методов продемонстрирована на нескольких типовых задачах различного уровня сложности. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности применения интервального анализа для решения поставленной задачи.

### Оценка рисков пересекающихся потоков воздушных судов

В работе рассматриваются пересекающиеся и не пересекающиеся потоки воздушных судов в горизонтальной плоскости и рассматриваются аналитический и статистический подходы к исследованию проблемы влияния взаимного расположения пары воздушных судов. Для оценки рисков пересечения систем маршрутов рассматриваются положения, на основе которых и строятся модели соответствующих ситуаций. Дело в том, что среднесуточная интенсивность движения по рассматриваемым маршрутам относительно невысока, и, как показывает анализ, самолеты, как правило, двигаются по данным системам группами, причем основная часть трафика по маршрутам приходится на несколько часов, таким образом, в часы пиковой нагрузки интенсивности по данным маршрутам достигают значительных величин. Во избежание конфликтных ситуаций потоки воздушных судов по пересекающимся маршрутам разводятся с помощью системы планирования полетов. Однако, в ряде случаев, например, из-за возможных задержек полетов, связанных с метеоявлениями возникают ситуации, что потоки проходят точки пересечения одновременно.

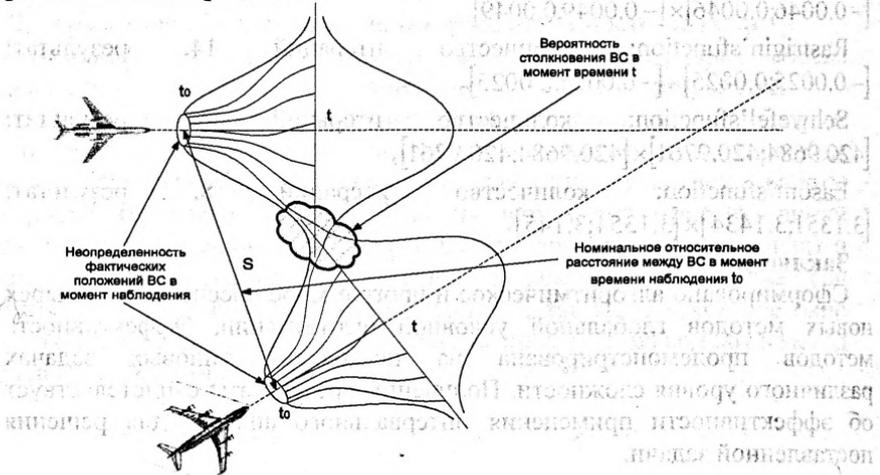


Рис.1. Схема сближения воздушных судов из-за отклонения их траекторий от номинальных.

Для оценки возможности пересечения маршрутов рассматриваются положения, на основе которых в работе и строятся модели таких рисков. Такими положениями являются ситуации, когда воздушные суда при совершении полета относительно своих линий пути отклоняются от них из-за возможных технических и операционных ошибок, когда сообщения о местоположении воздушных судов содержат либо навигационные ошибки, либо суммарные ошибки навигации и системы наблюдения. Кроме того, эти риски могут быть следствием ошибок информации о местоположении воздушных судов, когда диспетчер управления воздушным движением «видит» соответствующее воздушное судно как эшелонированное, хотя оно уже находится в критическом состоянии. Предположим, пара воздушных судов совершает полет по воздушным трассам на одной высоте под углом  $\gamma$  (см. рис.2):

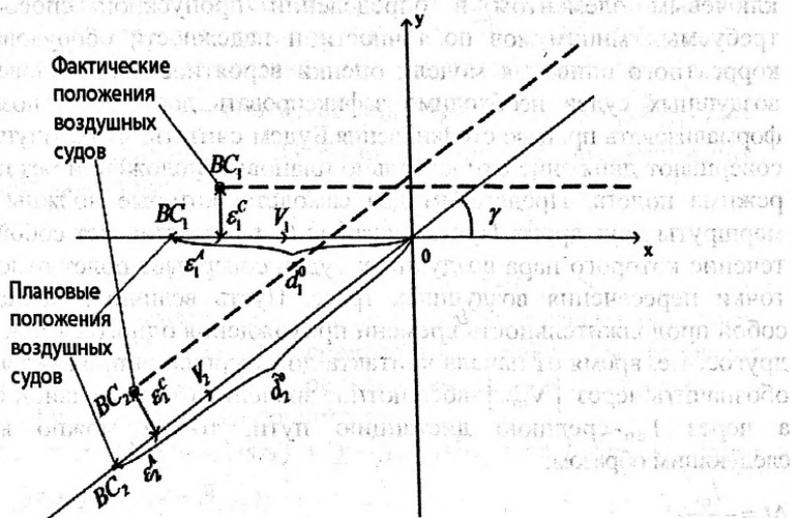


Рис.2. Пересечение траекторий воздушных судов в координатной плоскости.

Координаты воздушного судна могут включать в себя ошибки наблюдения и визуализации. Кроме того, при продольном эшелонировании, то есть при движении воздушных судов на одной высоте и по одной трассе расстояния между центрами данных судов являются случайными величинами и задача эшелонирования сводится к тому, чтобы минимальные интервалы между воздушными судами были не меньшими существующих норм.

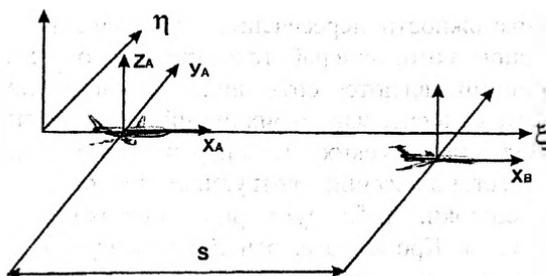


Рис.3. Относительное расположение воздушных судов при движении по одной трассе на одной высоте.

Расчёт вероятности сближения воздушных судов является важным этапом в проектировании структуры воздушных трасс и является ключевым элементом в определении пропускной способности и требуемых минимумов по точности и надежности оборудования. Для корректного описания модели оценки вероятности столкновения пары воздушных судов необходимо зафиксировать допущения, позволяющие формализовать процесс столкновения. Будем считать, что воздушные суда совершают движение относительно плановых положений без изменения режима полета. Представим два самолета, которые должны пересечь маршруты друг друга. Пусть интервал  $(t_0, t_1)$  представляет собой время, в течение которого пара воздушных судов совершает полет относительно точки пересечения воздушных трасс. Пусть величина  $\Delta t$  представляет собой продолжительность времени прохождения одного самолета сквозь другое, т.е. время от начала контакта до завершения прохождения. Если обозначить через  $|V_{отн}|$  - абсолютное значение относительной скорости, а через  $l_{cp}$  - среднюю дистанцию пути, то  $\Delta t$  можно вычислить следующим образом:

$$\Delta t = \frac{l_{cp}}{|V_{отн}|}$$

Продолжительность времени  $\Delta t$  на самом деле является случайной величиной, её значение зависит от относительных скоростей самолетов рассматриваемой пары в момент сближения. Если предположить, что относительная скорость сближения воздушных судов лежит в диапазоне 250-500 м/сек, а средняя дистанция пути мало чем отличается от среднего размера самолета в плане, например,  $l_{cp} = 50$  м, то величины  $\Delta t_i$  будут лежать в диапазоне 0,15; 0,3 сек. Пусть вероятность отсутствия сближения в соответствии с формулой умножения вероятностей равна  $P$ . Когда вероятность того, что произойдет сближение за время  $\Delta t$  очень мала ( $p \rightarrow 0, q \rightarrow 1$ ), то вероятности событий независимых биномиальных случайных величин могут быть без потери точности

заменены вероятностями событий независимых пуассоновских случайных переменных. С учетом этого замечания получаем:

$$P = P_{cm}(t_0, t_1) = 1 - \exp\left\{-\int_{t_0}^{t_1} \lambda(t) dt\right\}, \text{ где } \lambda(t) = P_{cm}(t, t + \Delta t) / \Delta t - \text{мгновенная}$$

интенсивность сближения в момент времени  $t \in (t_0, t_1)$ . Очевидно, что  $P_{cm}(t_0, t_1) = 1 - \exp\left\{-\int_{t_0}^{t_1} \lambda(t) dt\right\}$ . Разлагая в ряд Маклорена и принимая

во внимание только линейный член ряда, получим соотношение  $P_{cm}(t_0, t_1) = \int_{t_0}^{t_1} \lambda(t) dt$ , которое, как правило, является

оценкой сверху предыдущего результата.

Для оценки интенсивности сближения  $\lambda(t)$  необходимо вычислять мгновенную, текущую, его вероятность  $P_{cm}(t, t + \Delta t)$ . Обозначим координаты планового положения для первого самолёта через  $\hat{x}_{1/t}, \hat{y}_{1/t}, \hat{z}_{1/t}$ ; для второго – соответственно через:  $\hat{x}_{2/t}, \hat{y}_{2/t}, \hat{z}_{2/t}$ . Для каждого из них плотности вероятности ошибок выдерживания планового положения могут быть записаны следующим образом:

$$m_1(x_1, y_1, z_1) = p_1(x_1 - \hat{x}_{1/t}) \varphi_1(y_1 - \hat{y}_{1/t}) q_1(z_1 - \hat{z}_{1/t});$$

$$m_2(x_2, y_2, z_2) = p_2(x_2 - \hat{x}_{2/t}) \varphi_2(y_2 - \hat{y}_{2/t}) q_2(z_2 - \hat{z}_{2/t}).$$

Введем декартовую систему  $Oxyz$ , связанную с одним из рассматриваемых воздушных судов. Плотность вероятности ошибок выдерживания планового положения воздушных судов в момент времени  $t$ , записанная в системе  $Oxyz$ , будет иметь следующий вид:

$$m_2(x, y, z)_{1t} = p_2((x - S_{x/t}) \cos \gamma + (y - S_{y/t}) \sin \gamma) \times \varphi_2(-(x - S_{x/t}) \sin \gamma + (y - S_{y/t}) \cos \gamma \times q_2(z - S_{z/t})),$$

где  $\gamma$  – угол между плановыми путевыми скоростями, а  $S_{x/t}$  – проекция на ось  $Ox$ , а  $S_{y/t}$  – проекция на ось  $Oy$  расстояния между плановыми положениями самолётов в момент времени  $t$ ;  $S_{z/t}$  – относительное расстояние между их плановыми положениями в момент времени  $t$  в системе

$$OXYZ: S_{x/t} = \hat{x}_{1/t} - \hat{x}_{2/t};$$

$$S_{y/t} = \hat{y}_{1/t} - \hat{y}_{2/t};$$

$$S_{z/t} = \hat{z}_{1/t} - \hat{z}_{2/t}.$$

На основании гипотезы о независимости ошибок положения отдельных самолетов плотность вероятности перекрытия направлений имеет вид:

$$n(S_x, S_y, S_z) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} p_1(x) \times \varphi_1(y) \times q_1(z) \times \\ \times p_2((x - S_{x/t}) \cos \gamma + (y - S_{y/t}) \sin \gamma) \times \varphi_2(-(x - S_{x/t}) \sin \gamma + \\ + (y - S_{y/t}) \cos \gamma) \times q_2(z - S_{z/t}) dx dy dz = Q(S_{z/t}) \times C\gamma(S_{x/t}, S_{y/t}),$$

где:

$$Q(S_{z/t}) = \int_{-\infty}^{+\infty} q_1(z) \times q_2(z - S_{z/t}) dz;$$

$$C\gamma(S_{x/t}, S_{y/t}) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(x, y) \times f_2((x - S_{x/t}) \cos \gamma + (y - S_{y/t}) \sin \gamma, \\ -(x - S_{x/t}) \sin \gamma + (y - S_{y/t}) \cos \gamma) dx dy;$$

$$f_1(x, y) = p_1(x) \times \varphi_1(y);$$

$$f_2((x - S_{x/t}) \cos \gamma + (y - S_{y/t}) \sin \gamma, -(x - S_{x/t}) \sin \gamma + (y - S_{y/t}) \cos \gamma) = \\ = p_2((x - S_{x/t}) \cos \gamma + (y - S_{y/t}) \sin \gamma) \times \varphi_2(-(x - S_{x/t}) \sin \gamma + (y - S_{y/t}) \cos \gamma).$$

Вероятность сближения за интервал времени  $(t, t + \Delta t)$  будет равна:

$$P_{xyz}(t, t + \Delta t) = \iiint_{D/t} n(U, V, W) dU dV dW,$$

где  $D/t$  - правильный круговой цилиндр с центром в точке  $S_{x/t}$   $S_{y/t}$   $S_{z/t}$ ,

$\gamma$  - угол пересечения воздушных трасс. Формула  $P_{xyz}$  имеет простой физический смысл. Она определяет значение вероятности сближения между воздушными судами, равными  $S_{x/t}$   $S_{y/t}$   $S_{z/t}$ .

Если путевые скорости самолётов равны  $W_1$  и  $W_2$ , то можно записать:

$$S_x(t) = (W_1 - W_2 \cos \gamma) \left( t - \frac{T}{2} \right) + s \cos \gamma;$$

$$S_y(t) = -W_2 \sin \gamma \left( t - \frac{T}{2} \right) + s \sin \gamma;$$

где функции  $S_x(t)$  и  $S_y(t)$  записаны в системе координат  $OXY$ , то вероятность сближения воздушных судов будет равна:

$$P_{CT} \left( 0, T + \frac{2 \cdot s}{W_2} \right) = 2R(W_1^2 + W_2^2 - 2W_1 W_2 \cos \gamma)^{\frac{1}{2}} \times P_z(0) \times$$

$$\times \int_0^{T + \frac{2s}{W_2}} C\gamma \left( (W_1 - W_2 \cos \gamma) \left( t - \frac{T}{2} \right) + s \cos \gamma, -W_2 \sin \gamma \left( t - \frac{T}{2} \right) + s \sin \gamma \right) dt.$$

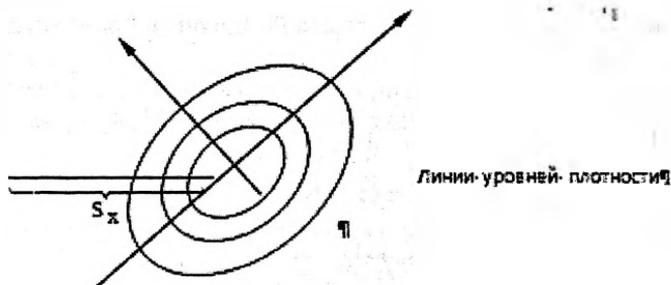


Рис.4. Системы координат, в которых заданы плотности вероятностей отклонений фактических положений воздушных судов от номинальных.

Плотность вероятности перекрытия воздушных судов в случае нормальных отклонений фактических положений от номинальных в горизонтальной плоскости при Гауссовском распределении позиционных ошибок для  $\gamma = 60^\circ$ ,  $\sigma_x = 10$  км,  $\sigma_y = 5$  км,  $W_1 = W_2 = 900$  км/ч,  $S_{xy} = 30$  представлена на рис.5:

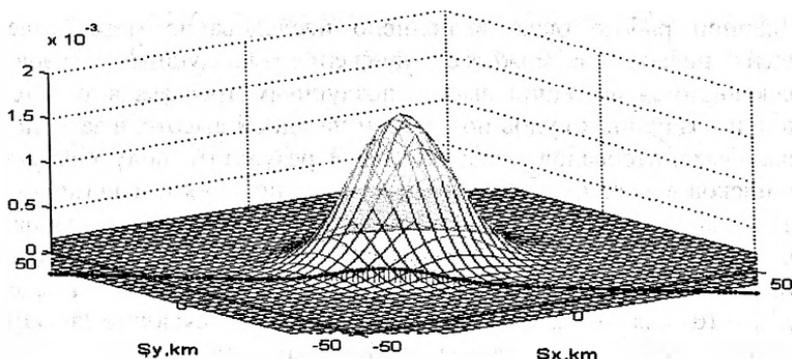


Рис. 5. Плотность вероятности перекрытия воздушных судов в горизонтальной плоскости для нормальных отклонений от номинальных положений при движении по пересекающимся маршрутам.

На рис. 6 представлена плотность вероятности перекрытия воздушных судов в горизонтальной плоскости при распределении позиционных ошибок для  $\gamma = 60^\circ$ ,  $\sigma_x = 10$  км,  $\sigma_y = 10$  км.

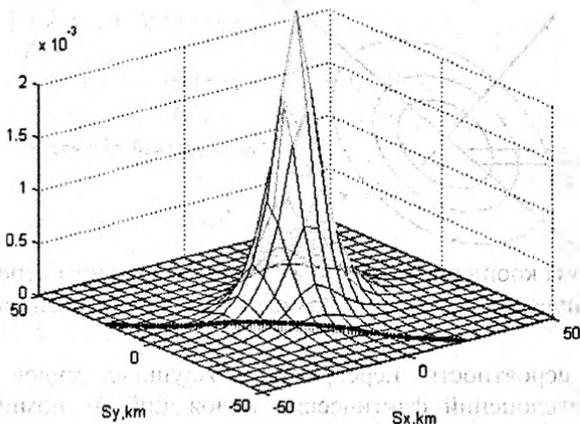


Рис.6. Плотность вероятности перекрытия воздушных судов в горизонтальной плоскости для отклонений от номинальных положений при движении по пересекающимся маршрутам.

В данной работе было выполнено исследование математических моделей рисков возможного движения воздушных судов по пересекающимся на одной высоте воздушным трассам, а так же при движении воздушных судов по трассам на одной высоте, в зависимости от плановых интервалов между ними. В результате получены оценки таких рисков в зависимости от точности наблюдения и навигационного обеспечения полётов, от периода обновления координатной информации о положении воздушных судов и от интенсивности воздушного движения. Полученные результаты позволяют сделать выводы, что для исключения рисков при пересекающихся потоках воздушных судов необходимы эффективно работающие системы планирования, управления и наблюдения.

Результатом работы является расчёт рисков катастроф с использованием данных моделей при изменении различных параметров.

#### **Библиографический список**

Spryskov V. Comparison of two methods of computation aircraft horizontal overlap probability on the air route intersection. SASP WG/WHL/1 WP11. Canberra, Australia, 2002.

Спрысков В.Б., Исаакян К.Л. Моделирование риска столкновения воздушных судов в системах организации воздушного движения. –М.: Научный вестник МГТУ ГА, №52, 2002.

Грибков И.М., Спрысков В.Б., Щербаков Л.К. Модель оценки риска катастроф воздушных судов при движении по пересекающимся

воздушным трассам на одной высоте. –М.: Научный вестник МГТУ ГА, №90, 2005.

Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и её инженерные приложения. –М.: Высшая школа, 2000.

Иванов С.В.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

### Задача распределения инвестиций в развитие отраслей производства

#### Описание математической модели

Математическая модель формулируется в терминах двухэтапной [1] двухуровневой [2] задачи стохастического программирования с квантильным критерием [3,4]. Предполагается участие на рынке двух игроков: собственника производства (лидера) и конкурента, производящего аналогичную продукцию (последователя).

Будем считать, что производство состоит из  $n$  отраслей, выпускающих различную продукцию. Переменной первого этапа (стратегией лидера на первом этапе) является вектор  $u \in R^n$  с координатами  $u_i$ ,  $i=1, \dots, n$ , где  $u_i$  является объемом инвестирования в  $i$ -ую отрасль производства.

Пусть  $X$  – случайный вектор размерности  $n$ , каждая координата вектора  $X_i$ ,  $i=1, \dots, n$ , является случайным спросом на продукцию соответствующей отрасли производства. Реализации данного случайного вектора будем обозначать  $X$ , а координаты реализации  $X_i$ ,  $i=1, \dots, n$ .

Пусть  $\Phi(u, x)$  – оптимальное значение критериальной функции задачи второго этапа (доход лидера, взятый с обратным знаком, или потери). Функция квантили [3]  $\Phi(u, x)$  имеет вид

$$\Phi_{\alpha}(u) = \min^{\Delta} \{ \varphi \mid P\{\Phi(u, X) \leq \varphi\} \geq \alpha \}, \quad (1)$$

где  $P\{\cdot\}$  – вероятностная мера, порожденная распределением случайного вектора  $X$ ,  $\alpha$  – выбранный уровень надежности.

Сформулируем задачу первого этапа:

$$u^* \in \text{Arg min}_u \left\{ (1+c) \sum_{i=1}^n u_i + \Phi_{\alpha}(u) \mid \sum_{i=1}^n u_i \leq \bar{u}, u_j \geq \underline{u}_j, j=1, \dots, n, \right\}, \quad (2)$$

где  $\underline{u}_i$  – минимальный объем инвестирования, необходимый для поддержания производства  $i$ -й отрасли на прежнем уровне,  $\bar{u}$  – максимально возможный объем инвестирования, размер которого определяется предельными возможностями инвестора,  $C$  – доходность безрискового финансового актива. Таким образом, критериальная функция в (2) показывает, насколько эффективней вложение инвестиций в производство по сравнению с альтернативными возможностями вложения инвестиций.

Переменной второго этапа (стратегией лидера на втором этапе) является вектор  $y \in R^n$  с координатами  $y_i, i=1, \dots, n$ , где  $y_i$  является ценой на продукцию  $i$ -й отрасли лидера. Пусть  $\bar{z}_i$  – максимально допустимая цена на продукцию  $i$ -й отрасли;  $f_i(u_i) = s_i u_i$  – функция объема производства лидером продукции  $i$ -й отрасли, где  $s_i$  – некоторые константы;  $d_i$  – объем производства конкурентом продукции  $i$ -й отрасли,  $z_i^*$  – цена на продукцию  $i$ -й отрасли, установленная последователем,  $Z(u, y, x)$  – множество оптимальных решений задачи последователя, которая будет сформулирована ниже.

Потери  $i$ -й отрасли производства лидера имеют следующий вид:

$$\Phi_i^1(u_i, y_i, z_i^*, x_i) = \begin{cases} -y_i \min\{f_i(u_i), x_i\}, & \text{если } y_i < z_i^*; \\ -y_i \min\{f_i(u_i), \max\{0, x_i - d_i\}\}, & \text{если } y_i \geq z_i^*. \end{cases} \quad (3)$$

В (3) предполагается, что покупатель предпочитают продукцию с наименьшей ценой. В случае равенства цен покупатель предпочитает продукцию последователя. Таким образом, рассматривается наихудший для лидера сценарий с целью получения гарантированного результата.

Сформулируем задачу второго этапа для лидера:

$$\Phi(u, x) = \min_y \left\{ \min_{z \in Z(u, y, x)} \left\{ \sum_{i=1}^n \Phi_i^1(u_i, y_i, z_i^*, x_i) \right\} \middle| 0 \leq y_i \leq \bar{z}_i, i=1, \dots, n \right\}. \quad (4)$$

Задача лидера (4) сформулирована в оптимистической постановке [2]. Это значит, что последователь из своих оптимальных стратегий выбирает наиболее благоприятную для лидера. Возможно рассмотрение пессимистической постановки, которая предполагает учет наихудшей для лидера стратегии последователя. Однако, анализ модели показал, что решение задачи лидера в пессимистической постановке не существует.

Потери  $i$ -й отрасли производства последователя имеют следующий вид:

$$\Theta_i(u_i, y_i, z_i, x_i) = \begin{cases} -z_i \min\{d_i, x_i\}, & \text{если } z_i \leq y_i; \\ -z_i \min\{d_i, \max\{0, x_i - f_i(u_i)\}\}, & \text{если } z_i > y_i, \end{cases} \quad (5)$$

где  $z_i$  — цена на продукцию, установленная последователем (стратегия последователя). Сформулируем задачу последователя:

$$Z(u, y, x) = \underset{z}{\text{Arg min}} \left\{ \sum_{i=1}^n \Theta_i(u_i, y_i, z_i, x_i) \mid 0 \leq z_i \leq \bar{z}_i, i = 1, \dots, n \right\}. \quad (6)$$

### Решение задачи второго этапа

В силу структуры целевой функции задачи последователя, координаты оптимального решения задачи последователя можно определить, решив последовательно следующие задачи:

$$Z_i(u, y, x) = \underset{z_i}{\text{Arg min}} \left\{ \Theta_i(u_i, y_i, z_i, x_i) \mid 0 \leq z_i \leq \bar{z}_i \right\}. \quad (7)$$

Оптимальное значение критериальной функции задачи второго этапа представляет собой сумму потерь  $n$  отраслей производства. Потери каждой отрасли производства имеют вид:

$$\Phi_i(u_i, x_i) = \min_{y_i} \left\{ \min_{z_i \in Z_i(u, y, x)} \Phi_i^1(u_i, y_i, z_i^*, x_i) \mid 0 \leq y_i \leq \bar{z}_i \right\}. \quad (8)$$

Решим задачи последователя и лидера для различных случаев.

1)  $0 < x_i \leq \min\{f_i(u_i), d_i\}$ . В этом случае

$$\Theta_i(u_i, y_i, z_i, x_i) = \begin{cases} -z_i x_i, & \text{если } z_i \leq y_i; \\ 0, & \text{если } z_i > y_i, \end{cases} \quad Z_i(u_i, y_i, x_i) = \begin{cases} \{y_i\}, & \text{если } y_i \geq 0; \\ [0, z_i], & \text{если } y_i = 0, \end{cases} \quad (9)$$

$$\Phi_i^1(u_i, y_i, z_i^*, x_i) = \begin{cases} -y_i x_i, & \text{если } y_i < z_i^*; \\ 0, & \text{если } y_i \geq z_i^*, \end{cases} \quad y_i^* \in [0, z_i], \Phi_i(u_i, x_i) = 0 \quad (10)$$

В данном случае всю продукцию на рынке реализует последователь.

2)  $f_i(u_i) < x \leq d_i$ . В этом случае

$$\Theta_i(u_i, y_i, z_i, x_i) = \begin{cases} -z_i x_i, & \text{если } z_i \leq y_i; \\ -(x_i - f_i(u_i)) z_i, & \text{если } z_i > y_i, \end{cases} \quad (11)$$

$$Z_i(u_i, y_i, x_i) = \begin{cases} \{y_i\}, & \text{если } x_i y_i > (x_i - f_i(u_i)) \bar{z}_i; \\ \{\bar{z}_i\}, & \text{если } x_i y_i < (x_i - f_i(u_i)) \bar{z}_i; \\ \{y_i, \bar{z}_i\}, & \text{если } x_i y_i = (x_i - f_i(u_i)) \bar{z}_i, \end{cases} \quad (12)$$

$$\Phi_i^1(u_i, y_i, z_i^*, x_i) = \begin{cases} -y_i f_i(u_i), & \text{если } y_i < z_i^*; \\ 0, & \text{если } y_i \geq z_i^*, \end{cases} \quad (13)$$

$$y_i^* = \frac{x_i - f_i(u_i)}{x_i} \bar{z}_i, \quad \Phi_i(u_i, x_i) = -\frac{(x_i - f_i(u_i)) \bar{z}_i}{x_i} f_i(u_i). \quad (14)$$

Цена (14) является максимальной ценой, при которой конкуренту все еще выгодно продавать свою продукцию по цене  $\bar{z}_i$ .

3)  $d_i < x \leq f_i(u_i)$ . В этом случае

$$\Theta_i(u_i, y_i, z_i, x_i) = \begin{cases} -z_i d_i, & \text{если } z_i \leq y_i; \\ 0, & \text{если } z_i > y_i, \end{cases} \quad (15)$$

$$Z_i(u_i, y_i, x_i) = \begin{cases} \{y_i\}, & \text{если } y_i \geq 0; \\ [0, \bar{z}_i], & \text{если } y_i = 0, \end{cases}$$

$$\Phi_i^1(u_i, y_i, z_i^*, x_i) = \begin{cases} -y_i x_i, & \text{если } y_i < z_i^*; \\ -(x_i - d_i) y_i, & \text{если } y_i \geq z_i^*, \end{cases} \quad (16)$$

$$\Phi_i(u_i, x_i) = -(x_i - d_i) \bar{z}_i, \quad y_i^* = \bar{z}_i$$

Из (16) следует, что лидеру выгодно установить максимальную цену.

4)  $\max\{f_i(u_i), d_i\} < x \leq f_i(u_i) + d_i$ . В этом случае

$$\Theta_i(u_i, y_i, z_i, x_i) = \begin{cases} -z_i d_i, & \text{если } z_i \leq y_i; \\ -(x_i - f_i(u_i)) z_i, & \text{если } z_i > y_i, \end{cases} \quad (17)$$

$$Z_i(u_i, y_i, x_i) = \begin{cases} \{y_i\}, & \text{если } d_i y_i > (x_i - f_i(u_i)) \bar{z}_i; \\ \{\bar{z}_i\}, & \text{если } d_i y_i < (x_i - f_i(u_i)) \bar{z}_i; \\ \{y_i, \bar{z}_i\}, & \text{если } d_i y_i = (x_i - f_i(u_i)) \bar{z}_i, \end{cases} \quad (18)$$

$$\Phi_i^1(u_i, y_i, z_i^*, x_i) = \begin{cases} -y_i f_i(u_i), & \text{если } y_i < z_i^*; \\ -(x_i - d_i) y_i, & \text{если } y_i \geq z_i^*, \end{cases} \quad (19)$$

$$y_i^* = \begin{cases} \frac{x_i - f_i(u_i)}{d_i} \bar{z}_i, & \text{если } \frac{x_i - f_i(u_i)}{d_i} f_i(u_i) \geq (x_i - d_i) \bar{z}_i; \\ \bar{z}_i, & \text{если } \frac{x_i - f_i(u_i)}{d_i} f_i(u_i) \leq (x_i - d_i) \bar{z}_i, \end{cases} \quad (20)$$

$$\Phi_i(u_i, x_i) = -\max\left\{\frac{(x_i - f_i(u_i))\bar{z}_i}{d_i} f_i(u_i), (x_i - d_i)\bar{z}_i\right\}. \quad (21)$$

Цена (20) либо является максимальной ценой, при которой конкуренту все еще выгодно продавать свою продукцию по цене  $\bar{z}_i$ , либо является максимально допустимой ценой  $\bar{z}_i$ .

5)  $x \geq f_i(u_i) + d_i$ . В этом случае

$$\Theta_i(u_i, y_i, z_i, x_i) = -z_i d_i, Z_i(u_i, y_i, x_i) = \{\bar{z}_i\}, \quad (22)$$

$$\Phi_i^1(u_i, y_i, z_i^*, x_i) = -f_i(u_i)y_i, y_i^* = \bar{z}_i, \quad (23)$$

$$\Phi_i(u_i, x_i) = -f_i(u_i)\bar{z}_i$$

В этом случае и лидеру, и последователю выгодно установить максимальную цену и продавать всю имеющуюся продукцию.

Итак,

$$\Phi(u, x) = \sum_{i=1}^n \Phi_i(u_i, x_i), \quad (24)$$

где  $\Phi_i(u_i, x_i)$  определяются формулами (10), (14), (16), (21), (23).

#### Решение задачи в скалярном случае

Пусть  $n = 1$ , т.е. рассматривается задача инвестирования в одну отрасль производства (для удобства обозначений будем опускать индексы). Тогда оптимальное значение критериальной функции задачи второго этапа примет вид

$$\Phi(u, x) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0 < x \leq \min\{f(u), d\}; \\ -\frac{(x - f(u))\bar{z}}{x} f(u), & \text{если } f(u) < x \leq d; \\ -(x - d)\bar{z}, & \text{если } d < x \leq f(u); \\ -\max\left\{\frac{(x - f(u))\bar{z}}{d} f(u), (x - d)\bar{z}\right\}, & \text{если } \max\{f(u), d\} < x \leq f(u) + d; \\ -f(u)\bar{z}, & \text{если } x \geq f(u) + d, \end{cases} \quad (25)$$

Функция (25) обладает следующими свойствами:

- 1)  $\Phi(u, x)$  не возрастает по  $X$  при фиксированном  $u$ ;
- 2)  $\Phi(u, x)$  непрерывна по  $X$  при фиксированном  $u$ .

Пусть  $x_\alpha = \Delta \min\{x \mid P\{-X \leq x\} \geq \alpha\}$ . Из свойства 1) следует, что

$$\alpha \leq P\{-X \leq -x_\alpha\} \leq P\{\Phi(u, X) \leq \Phi(u, x_\alpha)\}. \quad (26)$$

Таким образом,  $\Phi_\alpha(u) \leq \Phi(u, x_\alpha)$ . Покажем, что  $\Phi(u, x_\alpha) = \Phi_\alpha(u)$ . Предположим, что  $\Phi(u, x_\alpha) = \Phi_\alpha(u) - \varepsilon$ , где  $\varepsilon > 0$ . Тогда из свойств 1), 2) следует, что

$$P\{\Phi(u, X) \leq \Phi(u, x_\alpha) - \varepsilon\} \leq P\{-X \leq -x_\alpha - \delta\} < \alpha, \quad (27)$$

где  $\delta > 0$ , поэтому

$$\Phi_\alpha(u) = \Phi(u, x_\alpha). \quad (28)$$

Из равенства (28) следует, что задача (2) эквивалентна следующей:

$$u^* \in \arg \min_{u \in [\underline{u}, \bar{u}]} \{(1+c)u + \Phi(u, x_\alpha)\}. \quad (29)$$

Найдем решение задачи (29). Рассмотрим следующие случаи.

1)  $0 < x_\alpha \leq d$ . В этом случае

$$\Phi(u, x) = \begin{cases} -\frac{(x_\alpha - su)\bar{z}}{x_\alpha} su, & \text{если } 0 \leq u < \frac{x_\alpha}{s}; \\ 0, & \text{если } u \geq \frac{x_\alpha}{s}, \end{cases} \quad (30)$$

$$u^* = \max\{\underline{u}, \min\{\bar{u}, \frac{\bar{z}s - 1 - c}{2s^2\bar{z}} x_\alpha\}\}. \quad (31)$$

2)  $0 < d < x_\alpha$ . В этом случае

$$\Phi(u, x) = \begin{cases} -\bar{z}su, & \text{если } 0 \leq u < \frac{x_\alpha - d}{s}; \\ -\max\{\frac{x_\alpha - su}{d} \bar{z}su, (x_\alpha - d)\bar{z}\}, & \text{если } u \leq \frac{x_\alpha - d}{s} < \frac{x_\alpha}{s}; \\ -(x_\alpha - d)\bar{z}, & \text{если } u \geq \frac{x_\alpha}{s}; \end{cases} \quad (32)$$

$$u^* = \underline{u}, \text{ если } 0 < s\bar{z} < (1+c), d < x_\alpha < 2d; \quad (33)$$

$$\in [\underline{u}, \max\{\underline{u}, \min\{\bar{u}, \frac{x_\alpha - d}{s}\}\}], \text{ если } 0 < s\bar{z} = (1+c), d < x_\alpha < 2d; \quad (34)$$

$$u^* = \min\{\bar{u}, \max\{\underline{u}, \frac{x_\alpha - d}{s}, \frac{s\bar{z}x_\alpha - (1+c)d}{2s^2\bar{z}}\}\}, \text{ если } s\bar{z} > (1+c) \geq 0, \quad (35)$$

$$d < x_\alpha < 2d;$$

$$u^* = \underline{u}, \text{ если } 0 < s\bar{z} < (1+c), x_\alpha \geq 2d; \quad (36)$$

$$u^* \in [\underline{u}, \max\{\underline{u}, \min\{\bar{u}, \frac{x_\alpha - d}{s}\}\}], \text{ если } 0 < s\bar{z} = (1+c), x_\alpha \geq 2d; \quad (37)$$

$$u^* = \max\{\underline{u}, \min\{\frac{x_\alpha - d}{s}, \bar{u}\}\}, \text{ если } s\bar{z} > (1+c) > 0, x_\alpha \geq 2d; \quad (38)$$

$$u^* \in [\max\{\underline{u}, \min\{\bar{u}, \frac{x_\alpha - d}{s}\}\}, \bar{u}], \text{ если } 1+c=0, x_\alpha \geq 2d. \quad (39)$$

Таким образом, найдено решение задачи в скалярном случае. Оно зависит от разности  $s\bar{z}$  и  $(1+c)$ , которая показывает, насколько эффективней вложение инвестиций в производство по сравнению с альтернативными вложениями.

#### Библиографический список

1. Birge J., Louveaux F. Introduction to Stochastic Programming. New York: Springer-Verlag, 1997.

2. Dempe S. Bilevel Programming – A Survey // Preprint TU Bergakademie Freiberg Nr. 2003-11, Fakultät für Mathematik und Informatik, 2003.

3. Кибзун А.И., Кан Ю.С. Задачи стохастического программирования с вероятностными критериями. М.: Физматлит, 2009.

4. Кибзун А.И., Наумов А.В. Двухэтапные задачи квантильного линейного программирования // Автоматика и телемеханика. 1995. №1. С. 83-93.

Шаповалов А.Ю., Пунтус А.А.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

#### Корректировка расчета проницаемости грунтов на основе математического моделирования

В работе рассматривается фильтрация жидкости сквозь цилиндрическую пробу, при этом ставится задача корректировки расчёта проницаемости грунтов в лабораторных испытаниях фильтрации на основе математического моделирования. В данной работе рассмотрен процесс фильтрации воды сквозь пробу с учётом закономерностей движения подземных вод, с использованием теоретических основ и методов гидродинамических расчетов, направленных на обоснование закономерностей формирования режима и баланса подземных вод под влиянием естественных и искусственных факторов. Поскольку, движение подземных вод происходит главным образом путем фильтрации, то есть течения жидкости, например воды, в дисперсной пористой или трещинной среде, то для данного

исследования применяются методы гидромеханики, рассматривающие закономерности фильтрации как механического процесса.

В данной работе рассматривается один из способов расчёта распределения напоров в фильтрационном потоке в цилиндрической пробе грунта для последующей корректировки коэффициентов проницаемости грунтов.

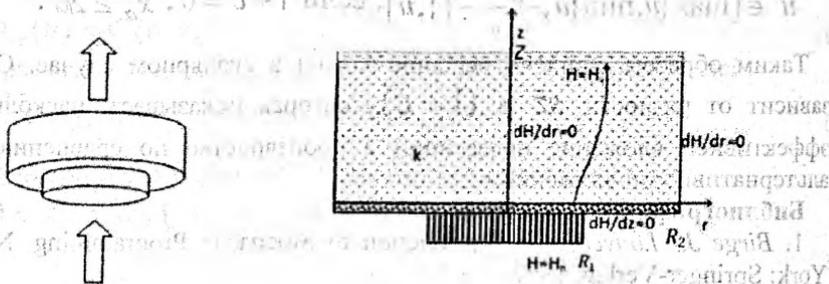


Рис.1. Схема эксперимента.

Цилиндрическая проба грунта радиуса  $R_2$  и высоты  $Z$  с различными коэффициентами фильтрации в радиальном направлении  $k_r$  и в продольном направлении  $k_z$ . В пробу снизу подается жидкость по трубке диаметром  $R_1$ , причём  $R_1 < R_2$ , потому движение жидкости внутри пробы не является одномерным. Для данной пробы известен напор жидкости на границах  $z = 0$  и  $z = Z$ . На остальных границах задано условие непроницаемости жидкости, т. е.

$$\frac{\partial H}{\partial z} = 0 \text{ и } r \frac{\partial H}{\partial r} = 0. \quad (1)$$

Основной закон фильтрации связывает расход фильтрационного потока с падением напора, что выражается формулой  $Q = k\omega I$ , где  $Q$  — расход фильтрационного потока с поперечным сечением  $\omega$  при градиенте напора  $I$ , представляющем собой отношение падения напора  $\Delta H$  к толщине слоя фильтрации  $l$ ;  $k$  — коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом фильтрации. Кинематической характеристикой фильтрационного потока является отношение расхода потока к площади его поперечного сечения:

$$v = \frac{Q}{\omega} \quad (2)$$

Введя скорость фильтрации  $v$ , закон Дарси можно представить в виде:

$$v = kI. \quad (3)$$

В потоке постоянной плотности компоненты скоростей фильтрации  $v_x, v_y$  и  $v_z$  — по направлениям координат  $x, y$  и  $z$  — в анизотропном пласте имеют выражение:  $v_x = -k_x \frac{\partial H}{\partial x}, v_y = -k_y \frac{\partial H}{\partial y}, v_z = -k_z \frac{\partial H}{\partial z},$  (4)

где  $k_x$ ,  $k_y$  и  $k_z$  — коэффициенты фильтрации по направлениям соответствующих координат. Знак «минус» в этих выражениях означает, что скорости фильтрации считаются положительными, если они направлены в положительном направлении осей координат, при этом скорости фильтрации и градиенты напора всегда имеют разный знак.

Баланс массы представляется балансовым уравнением, связывающим суммарный приток—отток с изменением массы воды в этом элементе:

$$\Sigma \rho Q = \Delta M / \Delta t, \quad (5)$$

где  $\rho$  — плотность воды,  $Q$  — объемный расход потока,  $\Delta M$  — изменение массы воды в элементе потока за время  $\Delta t$ , знак  $\Sigma$  показывает суммирование материальных расходов потока через все грани рассматриваемого элемента объема.

При постоянной плотности воды балансовое уравнение представляется в объемных величинах, принимая вид:  $\Sigma Q = \Delta V / \Delta t$ , где  $\Delta V$  — изменение объема воды за время  $\Delta t$ .

Массовый расход потока, поступающего в рассматриваемый элемент по направлению  $x$  будет равен  $\rho v_x dydz$ ; при выходе из элемента массовая скорость  $\rho v_x$  получает приращение  $[\partial(\rho v_x) / \partial x] dx$ , так что массовый расход потока, выходящего из элемента по оси  $x$ , будет:

$$[\rho v_x + (\partial(\rho v_x) / \partial x) dx] dydz. \quad (6)$$

Разница между расходами входящего в элемент и выходящего из него потока по оси  $x$  будет:  $-[\partial(\rho v_x) / \partial x] dx dydz$ .

Для упругой модели фильтрации изменения массы воды  $dM$ , содержащегося в бесконечно малом элементе, при действии только гидродинамических факторов можно выразить через упругоёмкость  $\eta^*$  породы:

$$dM = \eta^* \frac{d\rho}{g} dx dy dz = \frac{\eta^*}{g} \frac{\partial \rho}{\partial t} dt dx dy dz, \quad (8)$$

где  $\eta^*$  — упругоёмкость, представляющая собой изменение объёма воды, отнесённое к объёму породы при единичном измерении напора.

Учитывая, что суммарное изменение массы воды при прохождении через рассматриваемый элемент компенсируется изменением количества воды, содержащейся в этом элементе, приходим к уравнению неразрывности фильтрационного потока:

$$-\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} - \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} - \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} = \frac{\eta^*}{g} \frac{\partial \rho}{\partial t}. \quad (9)$$

Подставляя компоненты скоростей фильтрации (4) в уравнение неразрывности (8), получим дифференциальное уравнение, описывающее распределение напоров в фильтрационном потоке, которое имеет вид

$$\eta^* \frac{\partial H}{\partial t} = k_x \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 H}{\partial z^2}. \quad (10)$$

Жесткая модель фильтрации подразумевает отсутствие деформаций породы с течением времени, а, следовательно, левая часть уравнения обратится в ноль. Таким образом, в двух координатах для жёсткой модели фильтрации уравнение будет иметь вид:

$$k_x \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} = 0. \quad (11)$$

Для осесимметричного фильтрационного потока в цилиндрических координатах уравнение примет вид:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( k_r r \frac{\partial H}{\partial r} \right) + k_z \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = 0. \quad (12)$$

Для удобства применения метода конечных разностей, приведём его к виду:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( k_r r \frac{\partial H}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k_z r \frac{\partial H}{\partial z} \right) = 0. \quad (13)$$

Таким образом, мы получаем задачу, определяемую уравнением (13) и следующими граничными условиями

$$r \frac{\partial H}{\partial r} = 0 \quad r = 0, z = 0 \dots Z, \quad (14)$$

$$r \frac{\partial H}{\partial r} = 0 \quad r = R_2, z = 0 \dots Z, \quad (15)$$

$$\frac{\partial H}{\partial z} = 0 \quad r = R_1 \dots R_2, z = 0, \quad (16)$$

$$H = H_v \quad r = 0 \dots R_2, z = Z, \quad (17)$$

$$H = H_n \quad r = 0 \dots R_1, z = 0. \quad (18)$$

Универсальным численным методом решения граничных задач, в основе которых лежат дифференциальные уравнения  $n$ -го порядка, является метод конечных разностей (сеток), приводящий конечно-разностную схему, заменяющую исходную систему дифференциальных уравнений к системе алгебраических уравнений.

Составление разностной схемы рассмотрим на примере задачи  $(ku')' = 0, u(0) = 1, u(1) = 0.$  (19)

Представим  $(ku')'$  в виде  $ku'' + k'u'$ . Для получения аппроксимации второго порядка используем наиболее распространённые приближения:

$$u'' \sim \frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{h^2}, k' \sim \frac{k_{i+1} - k_{i-1}}{2h}, u' \sim \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2h}. \quad (20)$$

Для построения разностной схемы уравнения (13) используем однородную схему, коэффициенты которой определяются как функционалы коэффициентов дифференциального уравнения. Эти коэффициенты выражаются через шаблонные функционалы. Так, например, для трёхточечного шаблона  $(x_{i-1}, x_i, x_{i+1})$ , любое трёхточечное разностное уравнение на этом шаблоне можно записать в виде:  $a_i y_{i-1} - c_i y_i + b_i y_{i+1} = -h^2 \varphi_i,$  (21)

где  $a_i, c_i, b_i$  и  $\varphi_i$  зависят от шага  $h$ , или в виде:

$$\frac{1}{h} \left( b_i \frac{y_{i+1} - y_i}{h} - a_i \frac{y_i - y_{i-1}}{h} \right) - d_i y_i + \varphi_i = 0, \quad (22)$$

где  $d_i = (c_i - b_i - a_i)/h^2$ , а коэффициенты  $a_i, b_i, d_i$  и правая часть  $\varphi_i$  определяются.

Если коэффициенты разностной схемы (22) при любых кусочно-непрерывных  $p(x), q(x), f(x)$  во всех узлах  $x_i$  произвольной сетки вычисляются по одним и тем же формулам (шаблонным функционалам)  $a_i = A^h[p(x_i + sh)], b_i = B^h[p(x_i + sh)], d_i = D^h[q(x_i + sh)], \varphi_i = F^h[f(x_i + sh)],$  (23)

то схема (22) называется однородной.

Для консервативных схем, удовлетворяющих на сетке законам сохранения, (22) принимает вид:

$$\frac{1}{h} \left( a_{i+1} \frac{y_{i+1} - y_i}{h} - a_i \frac{y_i - y_{i-1}}{h} \right) - d_i y_i + \varphi_i = 0, \quad (24)$$

где 
$$a_i = \left[ \frac{1}{h} \int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{dx}{p(x)} \right]^{-1} = \left[ \int_{-1}^0 \frac{ds}{p(x_i + sh)} \right]^{-1},$$

$$d_i = \int_{-0.5}^{0.5} q(x_i + sh) ds, \quad \varphi_i = \int_{-0.5}^{0.5} f(x_i + sh) ds. \quad (25)$$

Таким образом, оператор 
$$\frac{\partial}{\partial r} \left( k_x r \frac{\partial H}{\partial r} \right), \quad (26)$$

с переменными коэффициентами  $k_x r$  можно аппроксимировать выражением

$$\frac{1}{h} \left( a_{i+1} \frac{y_{i+1} - y_i}{h} - a_i \frac{y_i - y_{i-1}}{h} \right), \quad (27)$$

где 
$$a_i = \left[ \int_{-1}^0 \frac{ds}{p(x_i + sh)} \right]^{-1}. \quad (28)$$

В качестве  $a_i$  в данной работе использовано следующее выражение

$$a_i = 0.5[r_i(x) + r_{i-1}(x)]. \quad (29)$$

Оператор с постоянным по направлению  $z$  коэффициентом аппроксимируется типичным разностным оператором:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left( k_z r \frac{\partial H}{\partial z} \right) \sim k_z r_i \left( \frac{H_{i+1} - 2H_i + H_{i-1}}{k^2} \right). \quad (30)$$

Таким образом исходное уравнение записывается в виде

$$\frac{k_r}{h} \left( \frac{r_{i+1} + r_i}{2} \frac{H_{i+1,j} - H_{i,j}}{h} - \frac{r_i + r_{i-1}}{2} \frac{H_{i,j} - H_{i-1,j}}{h} \right) + k_z r_i \left( \frac{H_{i,j+1} - 2H_{i,j} + H_{i,j-1}}{k^2} \right) = 0 \quad (31)$$

или

$$\left( \frac{2k_z}{k^2} + \frac{k_r(r_{i+1} + r_i)}{2h^2} + \frac{k_r(r_i + r_{i-1})}{2h^2} \right) H_{i,j} = \frac{k_r(r_{i+1} + r_i)}{2h^2} H_{i+1,j} + \frac{k_r(r_i + r_{i-1})}{2h^2} H_{i-1,j} + \frac{2k_z}{k^2} (H_{i,j+1} + H_{i,j-1}).$$

Если приближать граничные условия второго рода разностным оператором: 
$$\frac{\partial H}{\partial r} \sim \frac{H_{i+1,j} - H_{i,j}}{h}, \quad (32)$$

то разностная схема будет иметь первый порядок аппроксимации, тогда как построенная однородная разностная схема имеет второй порядок аппроксимации.

Для аппроксимации граничных условий (15) разлагаем  $H(r, z)$  в ряд Тейлора в окрестности точки  $(R, z)$ :

$$H(R-h, z) = H(R, z) - hr \left( \frac{\partial H}{\partial r} \right)_{r=R} + \frac{h^2}{2r} \left( \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial H}{\partial r} \right) \right)_{r=R} + O(h^3). \quad (33)$$

Используя исходное уравнение и граничное условие, получим:

$$H(R-h, z) = H(R, z) - \frac{k_z r h^2}{2} \left( \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} \right)_{r=R} + O(h^3). \quad (34)$$

Перейдя к конечным разностям, записываемым на предпоследнем слое:

$$H_{n-1,j} = H_{n,j} - \frac{k_z h^2}{2} \left( \frac{H_{n,j+1} - 2H_{n,j} + H_{n,j-1}}{k^2} \right) + O(h^2), \quad (35)$$

$$\text{определяем: } H_{n,j} = \frac{H_{n-1,j} + \frac{k_z h^2}{2k^2} (H_{n,j+1} + H_{n,j-1})}{1 + \frac{k_z h^2 R}{k^2}}, \quad (36)$$

где элементы  $H_{n,j+1}$  и  $H_{n,j-1}$  приближаются разностной схемой типа (32).

$$\text{Таким образом: } H_{n,j} = \frac{H_{n-1,j} + \frac{k_z h^2}{2k^2} (H_{n-1,j+1} + H_{n-1,j-1})}{1 + \frac{k_z h^2 R}{k^2}}. \quad (37)$$

Аппроксимация граничных условий для (14) имеет следующий вид:

$$H_{0,j} = \frac{H_{1,j} + \frac{k_z h^2}{2k^2} (H_{1,j+1} + H_{1,j-1})}{1 + \frac{k_z h^2 R}{k^2}}, \quad (38)$$

$$\text{и для (16): } H_{i,0} = \frac{H_{i,1} \frac{k_z k^2 (r_{i+1} + r_i)}{4r_i h^2} + H_{i+1,1} \frac{k_z k^2 (r_i + r_{i-1})}{4r_i h^2} + H_{i-1,0}}{1 + \frac{k_z k^2 (r_{i+1} + r_i)}{4r_i h^2} + \frac{k_z k^2 (r_i + r_{i-1})}{4r_i h^2}} \quad (39)$$

Итак, окончательно определяем второй порядок аппроксимации для всей схемы. Результатом работы является программа. Полученные численные значения являются значениями функции напора на произвольной сетке. Данные значения могут быть использованы при практических расчетах и просто для проверки возможности существования модели. При изучении рассматриваемых в работе физических явлений была разработана математическая модель, которая, пренебрегая некоторыми второстепенными характеристиками явления, в математической форме отражает основные законы, управляющие этим явлением. При практической реализации исследования рассматриваемой задачи широко использовались возможности современной вычислительной техники, которые позволили значительно сократить время, затрачиваемое на получение результатов необходимых вычислений. В основе же соответствующего эксперимента лежит численное интегрирование системы дифференциальных уравнений. При

этом для решения поставленной задачи и с целью удовлетворения необходимой аппроксимации, была составлена и реализована программа вычисления, на основе использования соответствующих современных эффективных методов вычислительной математики

Итак, в результате проведенной работы был произведён подробный разбор соответствующей предметной области, сформулировано задание по исследованию проблемы расчёта проницаемости грунтов. На основе математического моделирования исследуемой проблемы была построена математическая модель, произведена аппроксимация данной модели однородной разностной схемой второго порядка, создана и реализована соответствующая программа. Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы в целом ряде аналогичных задач прикладной гидродинамики, так как в настоящее время решение таких проблем имеет значение в строительстве и гидрогеологии, например, в связи со строительством высотных зданий. Такие проблемы моделирования грунта и подземных вод под фундаментом приводят к появлению большого количества аналогичных практических задач фильтрации.

#### **Библиографический список**

Самарский А. А. Теория разностных схем, учебное пособие. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1977.

Самарский А. А. Введение в теорию разностных схем. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1971.

Шестаков В. М. Гидрогеодинамика. Учебник. 3-е издание, М., Издательство МГУ, 1995.

Чугаев Р. Р. Гидравлика (Техническая механика жидкости). 4-е издание. Ленинград, Энергоиздат, Ленинградское отделение, 1982.

Моисеева Н.К., Коньшева М.В. Управление маркетингом: теория, практика, информационные технологии. М., Финансы и статистика, 2002.

Шаталина Е.А., Пунтус А.А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

#### **Поведение системы трос – спутник в космосе**

Данная научно-исследовательская работа посвящена изучению внутренней динамики перспективного средства космической техники - орбитальной тросовой системы. Данная система рассматривается в составе двух концевых тел и одного соединительного троса,

совершающая орбитальный полет в развернутом, гравитационно уравновешенном состоянии. Исследуется влияние возмущающих воздействий на движение системы относительно центра масс этой системы в плоскости орбиты. Известно, что для тросовой системы, как и любого протяженного в одном направлении объекта, вертикальное положение на орбите является единственным устойчивым положением.

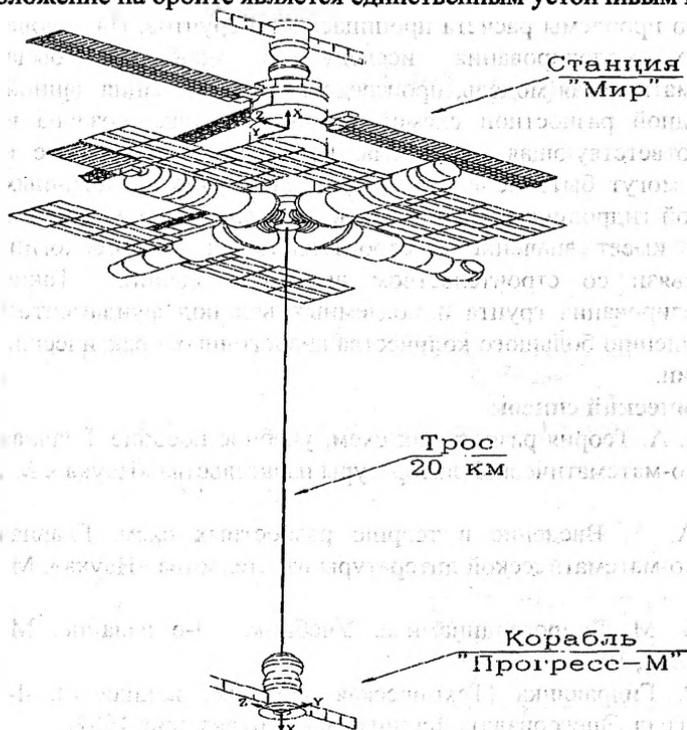


Рис. 1. Вид орбитальной тросовой системы.

При вертикальном равновесии связки на круговой орбите скорость верхней массы больше орбитальной на той же высоте. На эту массу действует центробежная сила больше гравитационной силы. Для нижней же массы положение вещей противоположное. Её скорость меньше необходимой орбитальной, и на неё действует гравитационная сила больше, чем центробежная. Разность между величинами гравитационной и центробежной силами, действующими на каждую массу, создает натяжение троса и поддерживает систему в вертикальном равновесии.

Важным вариантом использования данной системы является выполнение орбитальных маневров при помощи орбитальной тросовой системы. Электромагнитные же орбитальные тросовые системы могут

использоваться в качестве межорбитальных буксиров. А именно, такие системы играют роль привязных спутников, опускаемых вниз с основного космического аппарата, могут выполнять фотографирование Земли с высот, недоступных обычным космическим аппаратам, изучать верхние слои атмосферы, проводить аэродинамические исследования в условиях, моделирование которых на Земле невозможно.

Рассматривается орбитальная тросовая система, состоящая из троса и двух тел на его конце. На рис. 2 показана система сил, обеспечивающих устойчивое равновесие орбитальной тросовой системы в связанной орбитальной системе координат и статическое натяжение троса.

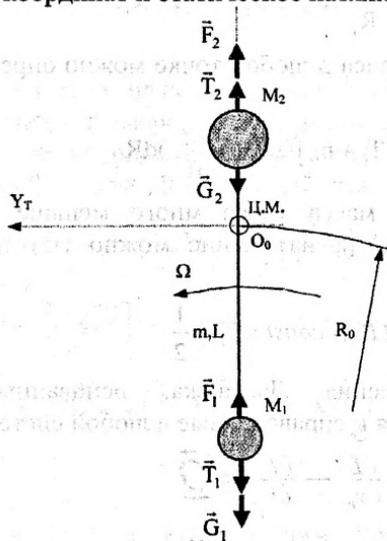


Рис. 2. Статическое равновесие орбитальной тросовой системы.

На концевые тела и трос действуют силы тяготения Земли и центробежные силы. В случае статического равновесия их сумма равна нулю:

$$\int_L F + \int_L G = 0$$

$$\int_L G = -\gamma m \int_{R_1}^{R_2} \frac{dR}{R^2} - \sum_{i=1}^2 \frac{\gamma M_i}{R_i^2}, \quad (1)$$

$$\int_L F = m\Omega^2 \int_{R_1}^{R_2} R dR + \sum_{i=1}^2 M_i \Omega^2 R_i; \quad (2)$$

где  $\gamma$  - гравитационная постоянная Земли;  $m$  - погонная масса троса;  $L$  - длина троса;  $R_i$  - радиус орбиты  $i$ -го концевое тела,  $i=1,2$ ;  $M_i$  - масса

$i$ -го конечного тела;  $\Omega$  - угловая скорость орбитального движения. Из (1) при заданном радиусе орбиты центра масс  $R_0$  или, что то же самое, радиусах конечных тел  $R_1$  и  $R_2$ , находим  $\Omega$ . Натяжение троса  $T$  на конечном теле определяется, как векторная сумма тяготения и центробежных сил:

$$\vec{T}_i = \vec{G}_i + \vec{F}_i; \quad (3)$$

где

$$\vec{G}_i = -\gamma \frac{M_i}{R_i^3} \vec{R}; \quad \vec{F}_i = M_i \Omega^2 \vec{R}_i. \quad (4)$$

Тогда натяжение троса в любой точке можно определить следующим образом:

$$T(R) = T_1 + m \int_{R_1}^R (\Omega^2 R - \frac{\gamma}{R^2}) dR. \quad (5)$$

В случаях, когда масса троса много меньше массы любого из конечных тел ( $m_M \ll M_i$ ), натяжение можно считать постоянным по длине троса:

$$T(R) \approx const = T_1 = \frac{1}{2} \quad (6)$$

Применяем уравнения Лагранжа, основанные на принципе наименьшего действия и справедливые в любой системе отсчета:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial v_r} - \frac{\partial L}{\partial r} = \vec{Q} \quad (7)$$

где  $L$  - функция Лагранжа;  $v_r$  - относительная скорость;  $r$  - радиус - вектор в подвижной системе координат;  $\vec{Q}$  - внешняя сила.

Функция Лагранжа материально точки массой  $m$  в поле тяготения имеет вид в инерциальной системе:

$$L = \frac{mv_0^2}{2} - U; \quad (8)$$

где  $v_0$  - скорость в инерциальной системе;  $U$  - потенциальная энергия тяготения. Орбитальная (локальная) система отсчета вращается относительно инерциальной с угловой скоростью  $\Omega$  (рис. 3). Разложим абсолютную скорость точки  $v_0$  на относительную и переносную:

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_r + [\vec{\Omega} \vec{R}] + [\vec{\Omega} \vec{r}]; \quad (9)$$

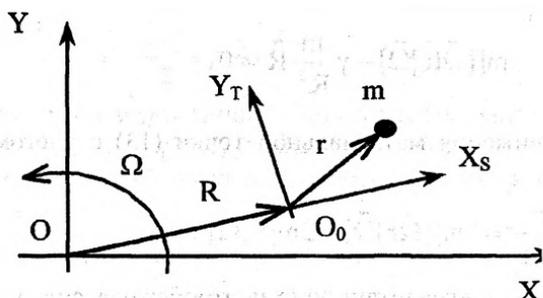


Рис. 3. Инерциальная и орбитальная системы координат.

Здесь  $R$  - радиус-вектор начала локальной системы координат. Рассматривается случай равномерного обращения локальной системы координат относительно инерциальной по круговой орбите. Этому соответствуют условия  $Q = \text{const}$ ,  $R = \text{const}$ . Подставим (8) в (9):

$$L = \frac{mv_r^2}{2} + m\bar{v}_r[\bar{\Omega R}] + m\bar{v}_r[\bar{\Omega r}] + \frac{m}{2}[\bar{\Omega R}]^2 + m[\bar{\Omega R}][\bar{\Omega r}] + \frac{m}{2}[\bar{\Omega r}]^2 - U \quad (10)$$

$$m \frac{dv_r}{dt} = -\frac{\partial U}{\partial r} + 2m[\bar{v}_r \bar{\Omega}] + m[[\bar{\Omega R}]\bar{\Omega}] + m[[\bar{\Omega r}]\bar{\Omega}] + \bar{Q}. \quad (11)$$

После подстановки (11) в (7) получим уравнение движения материальной точки в орбитальной системе координат:

$$m \frac{dv_r}{dt} = -\frac{\partial U}{\partial r} + 2m[\bar{v}_r \bar{\Omega}] + m[[\bar{\Omega R}]\bar{\Omega}] + m[[\bar{\Omega r}]\bar{\Omega}] + \bar{Q} \quad (12)$$

Если материальная точка находится в поле тяготения Земли, то

$$-\frac{\partial U}{\partial r} = \bar{F}_{\text{тяготения}} = -\gamma \frac{m}{R^3} \bar{R} + [\bar{r} \text{grad} \bar{F}_T] = -\gamma \frac{m}{R^3} \bar{R} + 2m[[\bar{\Omega r}]\bar{\Omega}]. \quad (13)$$

Обозначим:

$$m [[\bar{\Omega R}]\bar{\Omega}] = \bar{F}_{\text{центробежная}} \quad (14)$$

Силы тяготения и центробежные уравновешены в начале координат локальной системы:

$$m[[\bar{\Omega}\bar{R}]\bar{\Omega}] - \gamma \frac{m}{R^3} \bar{R} = 0. \quad (15)$$

Уравнение движения материальной точки (13) с учетом (14) и (15) принимает вид:

$$m \frac{dv_r}{dt} = 3m[[\bar{\Omega}\bar{r}]\bar{\Omega}] + 2m[\bar{v}_r\bar{\Omega}] + \bar{Q}; \quad (16)$$

где:  $3m[[\bar{\Omega}\bar{r}]\bar{\Omega}]$  - «гравитационно-центробежная сила» представляет собой сумму сил, связанных с градиентом поля тяготения  $2m[[\bar{\Omega}\bar{r}]\bar{\Omega}]$ , и сил, связанных с градиентом поля центробежных сил инерции  $m[[\bar{\Omega}\bar{r}]\bar{\Omega}]$   
 $2m[\bar{v}_r\bar{\Omega}] = \bar{F}_K$ , - сила Кориолиса.

При анализе малых колебаний орбитальная тросовая система относительно положения равновесия  $T$  выступает, как статическая внешняя сила и может быть включена в  $Q$ . Тогда :

$$m \frac{dv_r}{dt} = \bar{Q} + \bar{F}_K. \quad (17)$$

Энергия материальной точки в относительном движении связана с функцией Лагранжа следующим образом:

$$E = \frac{\partial L}{\partial v_r} v_r - L. \quad (18)$$

После подстановки (10) в (18) получаем:

$$E = \frac{mv_r^2}{2} + U - \frac{m}{2}\Omega^2 R^2 - m\Omega^2 Rr - \frac{m}{2}\Omega^2 r^2. \quad (19)$$

Последние три члена в (14) называются центробежной энергией. Первый из них является постоянной величиной  $\frac{m}{2}\Omega^2 R^2 = const$  в случае круговой орбиты. Для орбитальной тросовой системы характерным является соотношение  $\frac{r}{R} \leq 10^{-3}$

При этом:  $-m\Omega^2 Rr - \frac{m}{2}\Omega^2 r^2 \approx 0$  при  $r \ll R$ .

Полагаем, что  $U$  - потенциальная энергия тяготения является постоянной. В этом случае (19) принимает вид:

$$E = \frac{mv_r^2}{2} + const \quad (20)$$

На основании вышеизложенного кинетическая энергия тросовой системы может быть представлена как кинетическая энергия совокупности материальных точек в их относительном движении:

$$T = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{m_i v_i^2}{2}; \quad (21)$$

где  $v_i$  - скорость  $i$ -й материальной точки ОТС относительно ОСК.

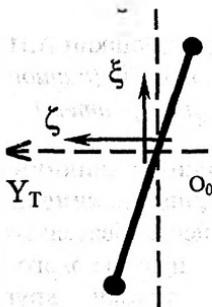


Рис. 4. Радиальные и трансверсальные смещения.

Разлагая полное перемещение материальной точки на радиальное  $\xi$  и трансверсальное  $\zeta$ , (рис. 4), представим полную кинетическую энергию в виде суммы энергии радиальных и трансверсальных перемещений:

$$T = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{m_i}{2} (\dot{\xi}_i^2 + \dot{\zeta}_i^2). \quad (22)$$

Выражение для кинетической энергии (1.16) с учетом преобразования (1.17) принимает вид:  $k=1$

$$T = \int_L \frac{m(x)}{2} \left( \sum_{j=1}^{\infty} \dot{q}_j^2(t) X_j^2(x) + \sum_{k=1}^{\infty} \dot{s}_k^2(t) Y_k^2(x) \right) dx. \quad (23)$$

Итак, в работе рассмотрена динамика орбитального полета орбитальной тросовой системы. Разработаны математическая модель объекта и численный алгоритм для расчета. Математическая модель является физически и геометрически линейной и основана на разложении динамической реакции конструкции в ряд по формам собственных колебаний. Параметрические взаимодействия между ними учитываются при помощи переменных коэффициентов. Предложены

частные математические модели для анализа собственных колебаний тросовой системы. Разность между гравитационной и центробежной силами, действующими на каждую массу, создает натяжение троса и поддерживает систему в вертикальном равновесии.

#### **Библиографический список**

Иванов В.А., Ситарский Ю.С. Динамика полета системы гибко связанных космических объектов - М.: Машиностроение, 1986.

Белецкий В.В., Левин Е.М. Динамика космических тросовых систем - М.: Наука, 1990.

Гэтланд К. Космическая техника - М.: Мир, 1986

Щербаков О.А., Федюшкин А.И., Пунтус А.А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

#### **Математическое моделирование влияния вибраций на теплообмен в процессе кипения**

В рамках данной научно-исследовательской работы осуществляется моделирование процесса пузырькового кипения в области, представляющей из себя трубку круглого сечения. Помимо моделирования пузырькового кипения, исследуется влияние вибраций различной частоты на данный процесс, проводится сравнение полученных результатов и рассматриваются особенности выбора расчетных сеток для подобного рода задач. Описание процесса кипения, проводится в случае, когда температура твердой поверхности, контактирующей с жидкостью, достаточно высока, чтобы в зоне контакта начался процесс образования паровых пузырей.

В данной работе исследуется влияние вибраций нагреваемой стенки трубы круглого сечения на интенсивность образования пара вблизи нагреваемой стенки, изменение объемной доли пара и поля температур вдоль стенки.

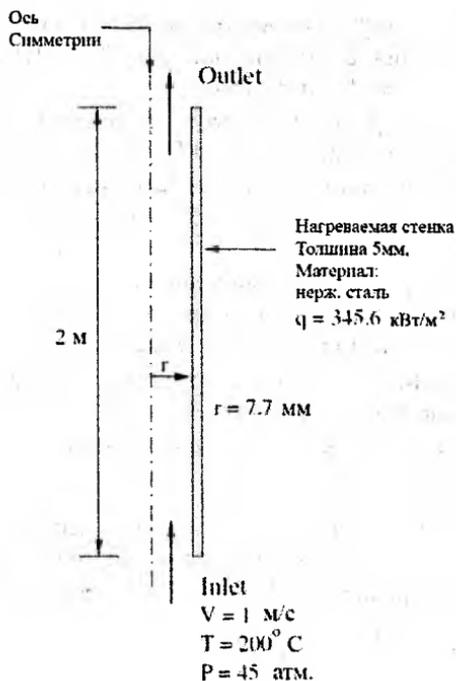


Рис. 1. Конфигурация расчетной области.

Рассматриваемая в данной задаче двумерная геометрия представляет собой трубу длиной 2 метра с круглым сечением. Внутренний радиус трубы составляет 7.7 мм, толщина стенок 5 мм. Внешний радиус составляет 12.7 мм. Труба расположена вертикально, стенки снаружи нагреваются (тепловой поток  $345.6 \text{ кВт/м}^2$ ). Поток воды в трубе направлен вертикально вверх со скоростью 1 м/с и температурой  $200^\circ \text{C}$ . В момент, когда температура стенки в результате ее нагрева оказывается выше температуры насыщения воды, на стенке начинается процесс образования пара.

Так как средняя температура всей жидкости ниже температуры насыщения, то энергия передается от твердой поверхности к жидкости напрямую. Часть её расходуется на увеличение температуры жидкости, контактирующей с поверхностью, другая часть участвует в процессе парообразования. Передача тепла между фазами также вызывает повышение температуры жидкости, однако при этом насыщенный пар конденсируется.

В случаях, когда моделируются вибрации, стенки трубки совершают горизонтальные колебания с амплитудой  $A = 0.0001\text{ м}$  и частотой  $\omega$  [Гц] по закону:  $x = A \cdot \sin(2\pi\omega t)$ .

Для моделирования вибраций используются вибрационные профили, моделирующие колебания с частотами 10 Гц, 25 Гц, 50 Гц. Граничные условия следующие. На границе inlet: скорость потока воды  $V = 1 \text{ м/с}$ , температура воды  $T = 200^\circ \text{ C}$  (473.15 К), свойства материалов соответствуют давлению  $P = 45 \text{ атм}$ .

Представление многофазного потока в виде взаимопроникающих сред включает в себя понятие объемной доли фазы, обозначим объемную долю как  $a_q$ . Объемные доли обозначают пространство, занятое каждой из фаз в отдельности, и законы сохранения массы и момента выполняются для каждой фазы независимо.

Объем фазы  $q$ ,  $V_q$  определяется следующим образом:

$$V_q = \int_V a_q dV, \quad \text{где } \sum_{q=1}^n a_q = 1.$$

Эффективная плотность фазы  $q$  в данном случае определяется как  $\rho_q = a_q \rho_q$ , где  $\rho_q$  является плотностью фазы  $q$ .

Рассмотрим систему уравнений. Уравнение сохранения энергии:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\alpha_q \rho_q h_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \bar{u}_q h_q) \\ = a_q \frac{\partial p_q}{\partial t} + \bar{\tau}_q : \nabla \bar{u}_q - \nabla \cdot \bar{q}_q \\ + \sum_{p=1}^n (Q_{pq} + \dot{m}_{pq} h_{pq} - \dot{m}_{qp} h_{qp}) \end{aligned}$$

Уравнение сохранения массы:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\alpha_q \rho_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \bar{v}_q) = \sum_{p=1}^n (\dot{m}_{pq} - \dot{m}_{qp})$$

Уравнение сохранения импульса:

$$\begin{aligned} -a_q \nabla p + \nabla \bar{\tau}_q + a_q \rho_q \bar{g} \\ + \frac{\partial}{\partial t} (\alpha_q \rho_q \bar{v}_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \bar{v}_q \bar{v}_q) = \\ + \sum_{p=1}^n (\bar{R}_{pq} + \dot{m}_{pq} \bar{v}_{pq} - \dot{m}_{qp} \bar{v}_{qp}) + (\bar{F}_q + \bar{F}_{\text{lift},q} + \bar{F}_{\text{vm},q}) \end{aligned}$$

### Уравнение сохранения энергии.

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\alpha_q \rho_q h_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \bar{u}_q h_q) \\ = a_q \frac{\partial p_q}{\partial t} + \bar{\tau}_q \cdot \nabla \bar{u}_q - \nabla \cdot \bar{q}_q \\ + \sum_{p=1}^n (Q_{pq} + \dot{m}_{pq} h_{pq} - \dot{m}_{qp} h_{qp}) \end{aligned}$$

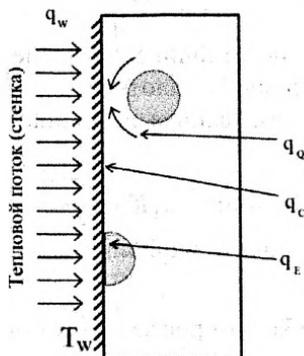


Рис. 2. Компоненты теплового потока.

Общий тепловой поток представляется в виде суммы трех компонент:

$$q_w = q_c + q_Q + q_E,$$

где  $q_c$  – конвективный поток,  $q_Q$  – квенчинг поток,  $q_E$  – поток парообразования.

Выражение для конвективного потока тепла имеет вид:

$$q_c = h_c (T_w - T_l) (1 - A_b),$$

где  $h_c$  – коэффициент теплопередачи одной фазы,  $T_w$  и  $T_l$  – температуры стенки и жидкости соответственно. Поверхность нагреваемой стенки занята образующимися пузырями пара в соотношении  $A_b$ , где  $0 < A_b < 1$ .

Квенчинг поток моделирует перенос энергии, при заполнении жидкостью объема вблизи нагреваемой стенки, после отрыва от нее пузыря пара.

$$q_Q = \frac{2k_l}{\sqrt{\pi \lambda_l T}} (T_w - T_l),$$

где  $k_l$  – теплопроводность,  $T$  – время одного периода,  $\lambda_l = \frac{k_l}{\rho_l c_{pl}}$  – коэффициент диффузии.

Поток парообразования  $q_E$  задан формулой:

$$q_E = V_d N_w \rho_v h_{fv} f,$$

где  $V_d$  – объем пузыря пара, основанный на диаметре пузыря при отрыве от стенки,  $N_w$  – удельная плотность ядра парообразования,  $\rho_v$  – плотность пара и  $h_{fv}$  – скрытый поток парообразования,  $f$  – частота отрыва паровых пузырей от поверхности. Представленные уравнения связаны следующими параметрами:

Зона влияния – определяется диаметром отрыва парового пузыря и удельной плотностью ядра парообразования:

$$A_b = K \frac{N_w \pi D_w^2}{4}$$

С целью избежать неустойчивого численного решения из-за соотношений для удельной плотности ядра парообразования, полученных опытным путем, данная величина ограничена следующим образом:

$$A_b = \min \left( 1, K \frac{N_w \pi D_w^2}{4} \right)$$

Значение константы  $K$ , полученной опытным путем, определено как:

$$K = 4.8e^{\left(-\frac{Ja_{sub}}{80}\right)},$$

где  $Ja_{sub}$  – число Якоба, которое задается выражением:

$$Ja_{sub} = \frac{\rho_l c_{pl} \Delta T_{sub}}{\rho_v h_{fv}}.$$

Частота отрыва парового пузыря:

$$f = \frac{1}{T} = \sqrt{\frac{4g(\rho_l - \rho_v)}{3\rho_l D_w}}.$$

Плотность ядра парообразования основана на перегреве стенки:

$$N_w = C^n (T_w - T_{sat})^2,$$

где  $C = 210, n = 1.805$  получены опытным путем.

Диаметр парового пузыря при отрыве от нагреваемой стенки также основан на соотношении, полученным опытным путем и вычисляется согласно формуле:

$$D_w = \min \left( 0.0014, 0.0006e^{\frac{\Delta T_w}{45.0}} \right).$$

Уравнение сохранения массы имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\alpha_q \rho_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \vec{v}_q) = \sum_{p=1}^n (\dot{m}_{pq} - \dot{m}_{qp}),$$

где  $\vec{v}_q$  – скорость фазы  $q$ ,  $\dot{m}_{pq}$  определяет перенос вещества из фазы  $p$  в фазу  $q$ ,  $\dot{m}_{qp}$  – из фазы  $q$  в фазу  $p$ .

Выражение для скорости парообразования в единице объема можно записать в виде:

$$\sum_{p=1}^n \dot{m}_{pq} = \dot{m}_{lv} = h_{lv} (T_l - T_s) A_l / L + q''_E A_w / (L + C_{pl} \max(T_s - T_l, 0))$$

Первое слагаемое в правой части уравнения определяет массовое изменение на поверхности пузырька, второе слагаемое представляет образование пузырька вследствие потока тепла на стенке.

$h_{lv}$  - коэффициент переноса тепла на межфазной границе, вычисляется, используя Ranz-Marshall корреляцию (индексы для жидкости и пара  $l=p, v=q$ ):  $h_{pq} = \frac{6k_q \alpha_q \alpha_p Nu_p}{d_p^2}$ , где  $Nu_p = 2.0 + 0.6Re_p^{1/2} Pr_q^{1/3}$ ,  $A_i = 6\alpha_{sv}((1 - \alpha_v)/(1 - \alpha_{sv}))/d_v$  - плотность площади раздела,

$q_E$  - поток парообразования, вычисленный из RPI модели,

$L = h_{vs}^0 - h_{ls}^0$  скрытая теплота парообразования на единицу массы,

$A_w = \delta(\vec{x} - \vec{x}_w)$  - плотность площади интерфейса на поверхности стенки,

$d$  - диаметр пузырька пара (вторичная фаза).

Здесь индексы  $l, v$  и  $s$  означают жидкую фазу, паровую фазу и насыщение, соответственно. В дискретной форме  $A_w$  представляет отношение площади поверхности ячейки, являющейся стенкой, к объёму ячейки. Скорость конденсации  $\dot{m}_{vl}$  определяется из закона сохранения и условия на границе раздела.

Первоначально была построена расчетная сетка, имеющая ось симметрии. Подобное решение обусловлено несколькими факторами. Рассматриваемая геометрия симметрична относительно центральной оси. Нагревается вся поверхность трубки, то есть в рассматриваемом сечении (сетка двумерная) нагревается и левая, и правая стенки, тепловой поток при этом одинаковый на обеих стенках. Использование расчетной сетки, содержащей ось симметрии, значительно сокращает время вычислений, производимых в процессе моделирования, так как в этом случае расчёты производятся только в половине узлов расчётной сетки (значения для второй половины идентичны в силу симметрии).

В процессе моделирования задачи, рассматриваемой в данной работе, были выявлены факторы, влияющие на параметры потока в расчетной области и связанные с применением осесимметричной расчетной сетки. Так как движение стенок трубки в рамках моделирования вибраций осуществляется в направлении, перпендикулярном оси симметрии трубки, возможны два случая, существенно влияющие, как на поток жидкости (воды), так и на двухфазный поток. В первом случае стенки трубки движутся навстречу друг другу (в направлении оси симметрии). При этом происходит уменьшение исследуемой области на незначительную величину (согласно условиям задачи, амплитуда колебаний равна  $A = 0.0001$  м). Тем не менее, уменьшение расчетной области вызывает увеличение скорости течения смеси по направлению к границе outlet на значительную величину.

Из приведенных результатов можно сделать вывод, что вибрационное воздействие оказывает существенное влияние на процесс парообразования, то есть процесс парообразования чувствителен к внешним воздействиям. В результате проведенных в работе численных расчетов были получены следующие результаты. Показано, что вибрации нагреваемого элемента ускоряют процесс образования паровых пузырей и повышают эффективность передачи тепла от нагреваемой поверхности к охладителю (жидкой среде). Вибрационное воздействие было выбрано как эффективное и простое в реализации. Вибрации нагреваемой поверхности увеличивают объемную долю пара у поверхности, расширяют область, на которой происходит образование паровых пузырей, тем самым ускоряя процесс переноса тепла. Двухфазные потоки определяют процессы в парогенераторах, конденсаторах и охладительных башнях тепловых электростанций.

Многофазный поток является самой распространенной формой потока в технологиях, применяемых в электростанциях. Усложняющим фактором для унифицированного математического моделирования многофазных потоков являются различающиеся формы потока, которые наблюдаются даже в самых простых геометриях, таких как трубы и каналы с постоянным поперечным сечением. При этом решающее воздействие оказывает сила тяжести. В работе исследуется влияние вибраций исследуемой нагреваемой стенки трубки круглого сечения на интенсивность образования пара вблизи нагреваемой стенки, изменение объемной доли пара и поля температур вдоль стенки.

Сафонов А.И.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Влияние быстрых вибраций и сил сопротивления на устойчивость двух относительных равновесий твердого тела**

Работа посвящена актуальной задаче исследования влияния высокочастотных периодических воздействий на движение твердых тел. Рассматриваются движения тяжелого твердого тела при вертикальных высокочастотных вибрациях малой амплитуды одной из его точек (точки подвеса). Движение изучается с учетом малого вязкого трения, момент которого пропорционален угловой скорости тела. Исследуется устойчивость двух положений относительного равновесия тела, для которых центр масс и точка подвеса тела располагаются на одной вертикали.

**1. Постановка задачи.** Рассматривается движение тяжелого твердого тела массы  $m$ , в предположении, что одна из его точек (точка подвеса)  $O$  совершает вертикальные гармонические колебания высокой частоты и

малой амплитуды по закону  $O \cdot O = s \cdot \cos \Omega t$ . Предполагается, что на тело действует малая сила вязкого трения, момент которой линейен по угловой скорости вращения:  $\overline{M}_{\text{comp}} = -\chi \cdot \overline{\omega}$ .

Малый параметр  $\varepsilon$  вводится, исходя из следующих предположений, что  $s = \varepsilon^2 l$ ,  $g = \varepsilon^4 \Omega^2 l \omega_*$  ( $0 < \varepsilon \ll 1$ ), откуда имеем:  $\omega_* = \frac{gl}{s^2 \Omega^2} \sim 1$ ,

тогда когда  $s\Omega \sim 1$ . Введенные соотношения означают малость амплитуды колебаний точки подвеса и высокую частоту. Коэффициент вязкого трения  $\chi$  имеет первый порядок по малому параметру  $\varepsilon$  и представляется в виде  $\chi = m l^2 \Omega \varepsilon^3 \chi_1$ , где  $\chi_1$  — безразмерный параметр вязкости.

В [1] методами теории возмущений получена приближенная система уравнений, соответствующая неавтономной системе. В полученной приближенной системе отброшены члены  $O(\varepsilon^4)$ . Эта система с дополнительным учетом малых сил трения имеет вид:

$$\begin{aligned} A \cdot \omega_x + (C - B) \omega_y \omega_z &= mg(\gamma_2 z_G - \gamma_3 y_G) + M_x^{(v)} - \chi \omega_x, \\ B \cdot \omega_y + (A - C) \omega_z \omega_x &= mg(\gamma_3 x_G - \gamma_1 z_G) + M_y^{(v)} - \chi \omega_y, \\ C \cdot \omega_z + (B - A) \omega_x \omega_y &= mg(\gamma_1 y_G - \gamma_2 x_G) + M_z^{(v)} - \chi \omega_z, \\ \dot{\gamma}_1 &= \gamma_2 \omega_z - \gamma_3 \omega_y, \\ \dot{\gamma}_2 &= \gamma_3 \omega_x - \gamma_1 \omega_z, \\ \dot{\gamma}_3 &= \gamma_1 \omega_y - \gamma_2 \omega_x, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $M_x^{(v)}$ ,  $M_y^{(v)}$  и  $M_z^{(v)}$  — проекции вектора вибрационного момента на главные оси инерции тела для точки  $O$ , вычисляемые по формулам [1]

$$\begin{aligned} M_x^{(v)} &= \alpha \left\{ -\frac{1}{A} (\gamma_2 y_G + \gamma_3 z_G) (z_G \gamma_2 - y_G \gamma_3) + \frac{x_G \gamma_2}{B} (x_G \gamma_3 - z_G \gamma_1) + \frac{x_G \gamma_3}{C} (y_G \gamma_1 - x_G \gamma_2) \right\}, \\ M_y^{(v)} &= \alpha \left\{ -\frac{1}{B} (\gamma_3 z_G + \gamma_1 x_G) (x_G \gamma_3 - z_G \gamma_1) + \frac{y_G \gamma_1}{A} (z_G \gamma_2 - y_G \gamma_3) + \frac{y_G \gamma_3}{C} (y_G \gamma_1 - x_G \gamma_2) \right\}, \\ M_z^{(v)} &= \alpha \left\{ -\frac{1}{C} (\gamma_1 x_G + \gamma_2 y_G) (y_G \gamma_1 - x_G \gamma_2) + \frac{z_G \gamma_1}{A} (z_G \gamma_2 - y_G \gamma_3) + \frac{z_G \gamma_2}{B} (x_G \gamma_3 - z_G \gamma_1) \right\}, \end{aligned} \quad (2)$$

$\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$ ;  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$ ,  $\gamma_3$  и  $x_G$ ,  $y_G$ ,  $z_G$  — соответственно проекции векторов абсолютной угловой скорости тела, единичного вектора вертикали и радиус-вектора центра масс тела на те же оси;  $A$ ,  $B$ ,  $C$  — главные моменты инерции тела для точки  $O$ ,  $\alpha = \frac{1}{2} m^2 s \Omega^3$ .

Система (1), как и исходная неавтономная система дифференциальных уравнений, имеет два частных решения,

соответствующих положениям относительного равновесия тела, при которых центр масс тела и точка подвеса лежат на одной вертикали. Цель исследования — найти условия устойчивости этих равновесий как при отсутствии вязкого трения, так и при его наличии.

Система уравнений имеет два частных решения, соответствующих положениям относительного равновесия, когда центр масс тела лежит ниже или выше точки подвеса:

$$p = q = r = 0, \gamma_{10} = \delta \cdot \frac{x_G}{r_G}, \gamma_{20} = \delta \cdot \frac{y_G}{r_G}, \gamma_{30} = \delta \cdot \frac{z_G}{r_G}. \quad (3)$$

Уравнения возмущенного движения будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= b_{11}x_1 + b_{14}y_1 + b_{15}y_2 + b_{16}y_3 + X_1(x_2, x_3, y_1, y_2, y_3); \\ \dot{x}_2 &= b_{22}x_2 + b_{24}y_1 + b_{25}y_2 + b_{26}y_3 + X_2(x_1, x_3, y_1, y_2, y_3); \\ \dot{x}_3 &= b_{33}x_3 + b_{34}y_1 + b_{35}y_2 + b_{36}y_3 + X_3(x_1, x_2, y_1, y_2, y_3); \\ \dot{y}_1 &= b_{42}x_2 + b_{43}x_3 + Y_1(x_2, x_3, y_2, y_3); \\ \dot{y}_2 &= b_{51}x_1 + b_{53}x_3 + Y_2(x_1, x_3, y_1, y_3); \\ \dot{y}_3 &= b_{61}x_1 + b_{62}x_2 + Y_3(x_1, x_2, y_1, y_2). \end{aligned} \quad (4)$$

где  $b_{ij}$  — коэффициенты, а  $X_i$  и  $Y_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) функции являются квадратичными функциями по возмущениям  $x_i$  и  $y_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ).

## 2. Исследование устойчивости движения твердого тела в случае отсутствия трения

Отбросим все члены второй степени и рассмотрим линейную систему при отсутствии трения ( $\chi = 0$ ). Данный случай рассмотрен в [1], и было показано, путем рассмотрения потенциальной энергии приближенной системы, что полученные условия достаточны. Получим аналогичные результаты, руководствуясь необходимым условием устойчивости  $Re \lambda_i = 0$ , где  $\lambda_i$  — корни характеристического уравнения системы в линейном приближении.

Характеристическое уравнение имеет следующий вид:

$$\lambda^2 \{ \lambda^4 + p(\alpha) \cdot \lambda^2 + q(\alpha) \} = 0. \quad (5)$$

Необходимые условия устойчивости будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} p \geq 0, \\ q \geq 0, \\ p^2 - 4q \geq 0. \end{cases} \quad (6)$$

Преобразованные коэффициенты  $p(\alpha)$  и  $q(\alpha)$  запишутся в виде:

$$p(\alpha) = p_1 \cdot \alpha + p_0, \quad q(\alpha) = q_2 \cdot \alpha^2 + q_1 \cdot \alpha + q_0, \quad (7)$$

где, принимая следующие обозначения:

$$\begin{aligned}\mu &= A(B+C)x_G^2 + B(A+C)y_G^2 + C(A+B)z_G^2, \\ h &= Ax_G^2 + By_G^2 + Cz_G^2, \\ r_G^2 &= x_G^2 + y_G^2 + z_G^2,\end{aligned}\tag{8}$$

имеем:

$$\begin{aligned}p_1 &= \frac{\mu^2 - 2ABC \cdot r_G^2 \cdot h}{r_G^2 \cdot A^2 B^2 C^2}, \quad p_0 = -\delta \frac{mg \cdot \mu}{r_G \cdot ABC}, \\ q_2 &= \frac{h^2}{A^2 B^2 C^2}, \quad q_1 = -\delta \frac{mg \cdot h \cdot \mu}{r_G \cdot A^2 B^2 C^2}, \quad q_0 = \frac{m^2 g^2 \cdot h}{ABC}.\end{aligned}\tag{9}$$

$\delta$  - параметр, который выражает различие верхнего положения относительного равновесия от нижнего.

а) при  $\delta = -1$  (нижнее положение равновесия) движение тела устойчиво всегда;

б) при  $\delta = 1$  (верхнее положение равновесия) устойчивость наблюдается для

$$\alpha > \frac{mg}{2r_G(Ax_G^2 + By_G^2 + Cz_G^2)} \cdot \{ [A(B+C)x_G^2 + B(A+C)y_G^2 + C(A+B)z_G^2] + \sqrt{d} \},\tag{10}$$

где  $d = [A(B-C)x_G^2 - B(A-C)y_G^2 - C(A-B)z_G^2]^2 + 4AB(B-C)(A-C)x_G^2 y_G^2$ ,  
причем  $d > 0$  при любой геометрии масс тела (при любых  $A, B$  и  $C$ ).

Найденные условия устойчивости положений относительного равновесия для рассматриваемой приближенной автономной системы являются необходимыми. Для исходной неавтономной системы найденные условия являются условиями устойчивости в линейном приближении.

3. Исследование устойчивости для основных частных случаев геометрии масс твердого тела при наличии вязкого трения

Рассмотрены три частных случая геометрии масс тела при  $\chi \neq 0$ : 1) расположение центра масс на главной оси инерции ( $x_G = y_G = 0, z_G \neq 0$ ), 2) случай динамически симметричного тела ( $A=B \neq C, y_G = 0$ ) и 3) случай расположения центра масс в главной плоскости инерции ( $y_G = 0$ ).

Рассмотрим подробнее случай главной оси инерции тела. Раскрыв определитель, получим общий вид характеристического уравнения:

$$\frac{\lambda}{A^2 B^2 C} (\chi + \lambda C) \cdot (A^2 \lambda^2 + A\chi\lambda + z_G \cdot (z_G \alpha - \delta ngA)) \cdot (B^2 \lambda^2 + B\chi\lambda + z_G \cdot (z_G \alpha - \delta ngB)) = 0\tag{11}$$

Исследование в случае одного нулевого корня будем производить в соответствии с разработанным алгоритмом [2].

Таким образом, характеристическое уравнение системы первого приближения должна иметь один нулевой корень при остальных корнях с отрицательными вещественными частями.

Условия отрицательности вещественных частей характеристического уравнения, налагаемые на  $\alpha$ , имеют вид:

$$\alpha > \frac{mg}{z_G} \max(A, B). \quad (12)$$

Приступим к выполнению алгоритма исследования.

1) Уравнения возмущенного движения должны быть приведены к специальному виду:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = X(x, x_1, \dots, x_n), \\ \frac{dx_s}{dt} = p_{s1}x_1 + \dots + p_{sn}x_n + p_s x + X_s(x, x_1, \dots, x_n) \\ s = (1, 2, \dots, n), \end{cases} \quad (13)$$

где  $X$  и  $X_s$  - аналитические функции переменных  $x, x_1, \dots, x_n$ , разложения которых начинаются членами не ниже второго порядка. В рассматриваемом нами случае уравнения уже приведены к специальному виду.

2) Второй пункт алгоритма предполагает составление системы уравнений, которая получается путем приравнивания нулю правых частей некритических уравнений, и разрешение ее относительно переменных  $x_1, x_2, x_3, y_1, y_2$  в зависимости от  $y_3$ .

Пусть решение представимо в виде ряда:

$$x_i = \sum_{k=1} A_i^{(k)} y_3^k, \quad y_j = \sum_{k=1} B_j^{(k)} y_3^k, \quad (14)$$

с неопределенными коэффициентами  $A_s^{(1)}$  и  $B_s^{(1)}$ . Для определения этих коэффициентов подставим ряды (14) в правых частях некритических уравнений и приравняем нулю коэффициенты при различных степенях  $y_3$ .

Если все величины  $p_s$  в уравнениях (13) равны нулю, то  $A_1^{(1)} = A_2^{(1)} = A_3^{(1)} = B_1^{(1)} = B_2^{(1)} = 0$ . Если во всех функциях  $p_s + X_s(x, 0, \dots, 0)$  нет членов до  $k$ -го порядка включительно, но хотя бы в одной из этих функций имеются члены  $(k+1)$ -го порядка, то разложения (14) начнутся членами  $(k+1)$ -го порядка. В нашем случае все функции  $p_s + X_s(x, 0, \dots, 0) = 0$ , следовательно, коэффициенты рядов  $A_s^{(1)} = B_s^{(1)} = 0$ , откуда получаем, что  $x_1 = x_2 = x_3 = y_1 = y_2 = 0$ .

3) Полученные функции необходимо подставить в правую часть критического уравнения, то есть найти

$$Y_3(x_1, x_2, y_1, y_2) \Big|_{x_1=x_2=x_3=y_1=y_2=0}$$

Очевидно, что функция  $Y_3$  обращается в нуль. Этот случай является особенным. В особенном случае невозмущенное движение принадлежит

к семейству установившихся движений, которое в переменных  $x_i = y_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) определяется формулами

$$y_3 = c, x_1 = x_2 = x_3 = y_1 = y_2 = 0. \quad (15)$$

Тривиальное решение  $x_i = y_i = 0$  ( $i = 1, 2, 3$ ) содержится в вышеуказанном семействе, и оно соответствует исследуемому невозмущенному установившемуся движению рассматриваемой динамической системы.

Для наших случаев геометрии масс тела имеет место особенный случай одного нулевого корня. В итоге проверяются условия отрицательности корней характеристического уравнения, и полученные условия определяют устойчивость невозмущенного движения в особенном случае.

Для случая динамически симметричного тела имеем:

$$\begin{aligned} 1) A > C, \quad \alpha &> \frac{\delta A m g}{r_G}; \\ 2) A < C, \quad \alpha &> \frac{\delta A C m g r_G}{A x_G^2 + C z_G^2} \end{aligned} \quad (16)$$

$A$  в случае расположения центра масс в главной плоскости инерции:

$$\begin{aligned} 1) A(B-C)x_G^2 + C(B-A)z_G^2 > 0, \quad \alpha &> \frac{\delta B m g}{r_G}; \\ 2) A(B-C)x_G^2 + C(B-A)z_G^2 < 0, \quad \alpha &> \frac{\delta A C m g r_G}{A x_G^2 + C z_G^2} \end{aligned} \quad (17)$$

В особенном случае рассматриваемые относительные равновесия асимптотически устойчивы по отношению к пяти переменным задачи и просто устойчивы (не асимптотически) по отношению к шестой переменной.

Найденные условия устойчивости (понимаемой в указанном смысле) в случае малого вязкого трения совпадают с условиями обычной устойчивости, полученной в статье [1] в предположении об отсутствии трения.

### Выводы

В рамках приближенной автономной системы дифференциальных уравнений найдены условия устойчивости положений относительного равновесия тела на вертикали при наличии малого вязкого трения и при его отсутствии; исследованы случаи расположения центра масс тела на главной оси и в главной плоскости инерции, а также случай динамически симметричного тела. Проведено сравнение результатов с полученными в [1] достаточными условиями устойчивости тех же равновесий тела при отсутствии трения.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы "Государственная поддержка ведущих научных школ" (ИШ-4149.2012.1).

### **Библиографический список**

Маркеев А.П. Об уравнениях приближенной теории движения твердого тела с вибрирующей точкой подвеса.// ПММ. 2011. т.75. Вып.2. С.193-203

Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. М.: Наука, 1966 . 531 с.

Краснухин А.А., Пунтус А.А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Прогнозирование движения центра масс космического аппарата по высокой эллиптической орбите**

Целью данной работы является исследование проблемы прогноза движения космического аппарата по высокой эллиптической орбите. Особенностью такой орбиты является то, что высота в апогее сильно превышает высоту в перигее. Космические аппараты, использующие высокие эллиптические орбиты двигаются с очень высокой скоростью в перигее, а затем сильно замедляются в апогее. Исследование проводилось с использованием методов комбинированного численного интегрирования системы дифференциальных уравнений с заданным шагом по времени. В результате выполнения данной работы на каждом шаге вычисляются значения правых частей системы дифференциальных уравнений по соответствующим формулам в абсолютной системе координат, после чего переводятся в гринвичскую систему координат. Также вычисляются координаты и скорости на начало каждого витка, для этого применяется интерполяция с использованием метода Адамса четвертого порядка. Данная методика позволяет получить прогноз движения космического аппарата с высокой точностью на достаточно большом промежутке времени.

Рассматривается пример траектории полёта космического аппарата по высокой эллиптической орбите (см. рис.1). Из рисунка наглядно видно основное преимущество данной орбиты - достаточно долгое нахождение спутника практически в одной точке.



рис. 1

Рис.1. Космические аппараты, использующие высокие эллиптические орбиты движутся с очень высокой скоростью в перигее, а затем сильно замедляются в апогее.

Содержанием данной статьи является исследование задачи прогнозирования движения космического аппарата по высокой эллиптической орбите. Так как особенностью такой орбиты является то, что высота в апогее сильно превышает высоту в перигее, то космические аппараты, использующие такие высокие эллиптические орбиты, движутся с высокой скоростью в перигее, а затем в апогее замедляются.

Когда космический аппарат находится близко от апогея, у наземного наблюдателя создаётся впечатление, что спутник почти не движется в течение нескольких часов, то есть его орбита становится квазигеостационарной. Точки квазигеостационара могут быть расположены над любой точкой земного шара. Это свойство используется в северных и южных широтах, сильно удалённых от экватора.

В рассматриваемой математической модели движения по высокой эллиптической орбите, оно описывается системой дифференциальных уравнений в геоцентрической прямоугольной инерциальной системе координат. Начальными условиями для интегрирования системы дифференциальных уравнений являются вектор скорости и координатный вектор в абсолютной системе координат. Для численного интегрирования системы дифференциальных уравнений по известным начальным условиям движения космического аппарата в качестве основного метода интегрирования применяется метод Адамса, в качестве вспомогательного (для расчёта разгонных точек метода Адамса и для расчёта положения изделия на произвольный момент времени) используется метод Рунге-Кутты.

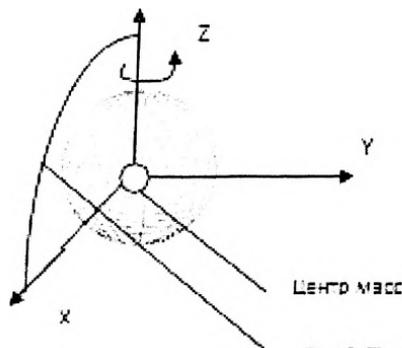


Рис. 2 Плоскость, проходящая через оси  $OX$  и  $OZ$

Для прогнозирования движения рассматриваемого космического аппарата применяется математическая модель движения, основанная на модели некоторого геопотенциала, стандартной модели атмосферы, с учётом притяжения Луны и Солнца и с учётом светового давления. Расчёт ведётся в абсолютной системе координат. Для описания движения космического аппарата используется геоцентрическая инерциальная система координат. Начало координат этой системы находится в центре масс Земли. Ось  $OX_0$  лежит в экваториальной плоскости и направлена в точку весеннего равноденствия  $\gamma$ , ось  $OZ_0$  совпадает с осью вращения Земли и направлена на северный полюс Земли, ось  $OY_0$  дополняет систему до правой системы координат.

Второй используемой системой координат является геоцентрическая гринвичская (вращающаяся) прямоугольная система координат (рис. 2). Начало координат также находится в центре масс Земли. Ось  $OX$  направлена в точку пересечения гринвичского меридиана с экватором, ось  $OZ$  совпадает с осью вращения Земли и направлена на северный полюс Земли, ось  $OY$  дополняет систему до правой системы координат.

Связь между инерциальной и вращающейся системами координат даётся соотношениями:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = [\psi] \times \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix} = [\psi] \times \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{bmatrix} + \omega \cdot \begin{bmatrix} -Y \\ X \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = [\psi]^{-1} \times \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{bmatrix} = [\psi]^{-1} \times \begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix} + \omega \cdot \begin{bmatrix} y \\ -x \\ 0 \end{bmatrix}, \quad [\psi] = \begin{bmatrix} \cos(S) & -\sin(S) & 0 \\ \sin(S) & \cos(S) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

где  $S$  – звёздное время на данный момент;  $X, Y, Z$  – координаты инерциальной системы;  $x, y, z$  – координаты гринвичской системы;  $V_X, V_Y, V_Z$  – скорости вдоль соответствующих осей в инерциальной системе;  $v_x, v_y, v_z$  – скорости вдоль соответствующих осей в гринвичской системе

Движение центра масс космического аппарата характеризуется определённым перечнем параметров. Такими параметрами движения центра масс космического аппарата по орбитам вокруг Земли являются:  $T_\Omega$  – период обращения космического аппарата вокруг Земли;  $i$  – наклонение плоскости орбиты космического аппарата к плоскости земного экватора (в градусах);  $l$  – эксцентриситет орбиты космического аппарата;  $W_\Pi$  – аргумент широты положения перигея орбиты космического аппарата (в градусах);  $L$  – долгота восходящего узла орбиты космического аппарата (в градусах);  $P$  – фокальный параметр орбиты космического аппарата;  $x, y, z$  – координаты, определяющие положение радиус-вектора космического аппарата на орбите в заданной системе координат;  $V_x, V_y, V_z$  – координаты скорости космического аппарата в заданной системе координат. Прогноз движения центра масс космического аппарата в основном характеризуется временем, координатами положения космического аппарата и его скоростью. Расчёт координат  $x, y, z$  положения радиус – вектора космического аппарата на орбите производится путем интегрирования системы дифференциальных уравнений, определяющей движение центра масс космического аппарата. Система дифференциальных уравнений разработана с учётом модели движения космического аппарата, которая определяет перечень возмущающих сил, воздействующих на орбитальный полёт космического аппарата, поля сил притяжения Земли совместно с их аномалиями, с учётом влияния атмосферы Земли и влияния сил притяжения от Луны и Солнца, а также влияния сил светового давления.

При составлении дифференциальных уравнений учитывались следующие основные правила учёта влияния притяжения Луны и Солнца. Известно, что уравнения движения космического аппарата в векторной форме в прямоугольной системе координат  $O_{xyz}$  можно представить в виде:

$$\ddot{\vec{r}} = -\frac{\mu}{r^3} \cdot \vec{r}, \quad (1)$$

где  $\vec{r}$  - вектор, определяющий положение космического аппарата в системе  $O_{xyz}$ ,  $r$  - длина радиус-вектора. Притягивающий центр находится в начале системы координат. Если на космический аппарат в процессе движения действует несколько притягивающих тел, то уравнение (1) можно записать в следующем виде:

$$\ddot{\rho} = \sum_{i=0}^n \mu_i \frac{\bar{\rho}_i - \bar{\rho}}{|\rho_i - \rho|^3} \quad (2)$$

где  $\bar{\rho}$  - вектор, определяющий положение летательного аппарата в некоторой системе координат;  $\bar{\rho}_i$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ) - векторы, определяющие положения центров притягивающих тел;  $\mu_i$  - коэффициенты сил притяжения, равные произведениям гравитационной постоянной на массы притягивающих тел.

При выборе среди притягивающих тел основного (с индексом  $i = 0$ ) и, полагая его положение в начале системы координат, уравнение движения можно записать в следующем виде:

$$\ddot{\rho}_0 = \sum_{i=0}^n \mu_i \frac{\bar{\rho}_i - \bar{\rho}_0}{|\rho_i - \rho|^3} \quad (3)$$

Пусть  $\vec{r}$  вектор, определяющий положение аппарата в системе координат с центром, совпадающим с расположением основного притягивающего тела, то в этом случае имеем:

$$\vec{r} = \bar{\rho} - \bar{\rho}_0 \quad (4)$$

Вычитая из уравнения (2) уравнение (3), получим:

$$\ddot{r} = -\mu \frac{\vec{r}}{r^3} + \sum_{i=1}^n \mu_i \left( \frac{\vec{r}_i - \vec{r}}{r_i - r^3} - \frac{\vec{r}}{r^3} \right), \quad (5)$$

где первое слагаемое определяет воздействие на космический аппарат основного притягивающего центра, последующие слагаемые определяют воздействие на космический аппарат остальных учитываемых притягивающих центров (в нашем случае Луны и Солнца). Соппротивление атмосферы Земли влияет на ускорение (торможение) космического аппарата. В качестве допущения принимается баллистический коэффициент космического аппарата - величина постоянная. Его переменность обусловлена, прежде всего, переменностью площади миделевого сечения космического аппарата, которая принимает различные значения в зависимости от схемы управления панелями солнечных батарей. В нашем случае принимаем,

что панели солнечных батарей жёстко закреплены на корпусе космического аппарата.

В общем виде система дифференциальных уравнений движения космического аппарата имеет вид  $\dot{q} = f(t, q)$ , где  $q$  - вектор кинематических параметров изделия  $q = (x, y, z, V_x, V_y, V_z)$ ,  $t$  - текущее декретное время.

Интегрирование системы дифференциальных уравнений производилось численным методом с заданным шагом по времени. В качестве численного метода был выбран комбинированный метод Рунге-Кутта-Адамса. Комбинированный метод Рунге-Кутта-Адамса (как показывает практика) даёт высокую степень точности решения систем дифференциальных уравнений и быстродействия специального программного обеспечения.

На каждом шаге расчёта вычисляются значения правых частей системы дифференциальных уравнений по приведенным выше формулам в абсолютной системе координат, после чего переводятся в гринвичскую систему координат. Также вычисляются координаты, и скорости на начало каждого витка, для этого применяется интерполяция методом Адамса четвёртого порядка. Данная методика позволяет получить прогноз движения космического аппарата с высокой точностью на достаточно большом промежутке времени. Ниже приведен пример трассы полёта космического аппарата по высокой эллиптической орбите. Из рисунка наглядно видно основное преимущество данной орбиты - достаточно долгое нахождение спутника практически в одной точке.

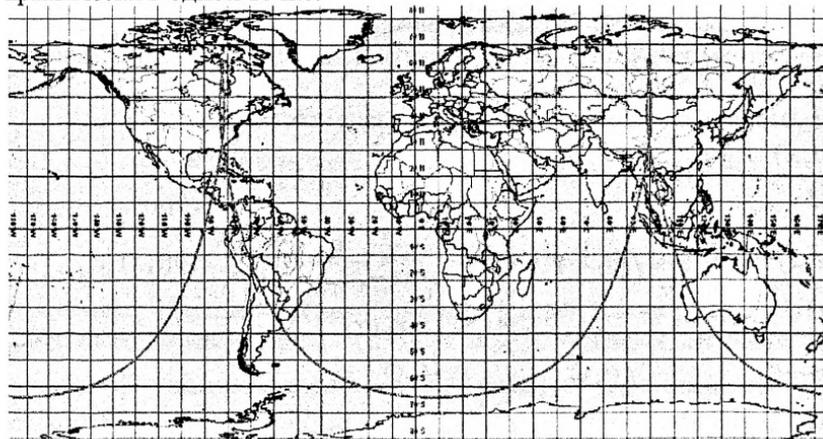


Рис.3. Трассы полёта космического аппарата по высокой эллиптической орбите.

## Библиографический список

Под редакцией Нариманова Г.С. «Основы теории полета и проектирования космических аппаратов». Издательство «Машиностроение» Москва. 1972

Мамон П.А., Половников В.И., Слезкинский С.К. «Баллистическое обеспечение космических полетов» Военный инженерный институт имени А.Ф. Можайского. 2003 .

«Астрономический ежегодник на 2011 год». Санкт-Петербург. Наука. 2011.

Алёшин А.В., Половников О.В. «Основы теории полета космического аппарата». 2009.

Рыбаков К.А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

## Решение параболических уравнений с помощью моделирования траекторий специального ветвящегося процесса

Рассматривается задача решения дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа с помощью моделирования траекторий специального ветвящегося процесса. Каждая из ветвей, рассматриваемая отдельно, представляет собой часть траектории случайного процесса, описываемого стохастическим дифференциальным уравнением, составленным по коэффициентам параболического уравнения, один из коэффициентов параболического уравнения влияет на распределение моментов времени обрывов и появления новых ветвей. Разработан алгоритм приближенного решения на основе стохастического метода Эйлера [1] и метода «максимального сечения» [2].

Пусть задано уравнение в частных производных

$$\frac{\partial \phi(t, x)}{\partial t} = A\phi(t, x) + \lambda(t, x)\phi(t, x), \quad (t, x) \in [t_0, T] \times \mathbb{R}^n, \quad (1)$$

$$A\phi(t, x) = -\sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} [f_i(t, x)\phi(t, x)] + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} [g_{ij}(t, x)\phi(t, x)],$$

с начальным условием  $\phi(t_0, x) = \phi_0(x)$  и краевым условием  $\phi(t_0, \infty) = 0$ , где  $f_i(t, x)$  и  $g_{ij}(t, x) = g_{ji}(t, x)$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, n$ . Вектор-функцию размеров  $n \times 1$ , образованную элементами  $f_i(t, x)$ , будем обозначать через  $f(t, x)$ , а матричную функцию размеров  $n \times n$ , образованную элементами

$g_{ij}(t, x)$ , будем обозначать через  $g(t, x)$ , предполагая, что  $g(t, x) = \sigma(t, x)\sigma^T(t, x)$ ,  $\sigma(t, x)$  – матричная функция размеров  $n \times s$  с элементами  $\sigma_{il}(t, x)$ . Решение этого уравнения можно понимать как в классическом, так и в обобщенном смысле в зависимости от условий, накладываемых на функции  $f_i(t, x)$ ,  $\sigma_{il}(t, x)$ ,  $\lambda(t, x)$  и  $\phi_0(x)$ ,  $i=1, 2, \dots, n$ ,  $l=1, 2, \dots, s$ .

В случае, когда  $\lambda(t, x) = 0$  и  $\int_{\mathbb{R}^n} \phi_0(x) dx = 1$ , уравнение (1) описывает закон изменения плотности вероятности  $\phi(t, x)$  случайного вектора  $X \in \mathbb{R}^n$  – сечения случайного процесса  $X(t)$ , удовлетворяющего стохастическому дифференциальному уравнению Ито [1]

$$dX(t) = f(t, X(t))dt + \sigma(t, X(t))dW(t), \quad X(t_0) = X_0, \quad (2)$$

где  $W(t)$  –  $S$ -мерный стандартный винеровский процесс, не зависящий от случайной величины  $X_0$ , определяемой плотностью вероятности  $\phi_0(x)$ . Функция  $\phi(t, x)$  может быть найдена приближенно по результатам моделирования траекторий случайного процесса  $X(t)$  с использованием методов численного решения стохастических дифференциальных уравнений [1].

Рассмотрим случай  $\lambda(t, x) \neq 0$  и  $\int_{\mathbb{R}^n} \phi_0(x) dx = 1$ .

$$\text{Пусть } \lambda(t, x) = -\lambda^-(t, x) + \lambda^+(t, x), \quad (3)$$

где

$$\lambda^-(t, x) = \begin{cases} -\lambda(t, x), & \lambda(t, x) < 0, \\ 0, & \lambda(t, x) \geq 0, \end{cases} \quad \lambda^+(t, x) = \begin{cases} \lambda(t, x), & \lambda(t, x) > 0, \\ 0, & \lambda(t, x) \leq 0. \end{cases}$$

Тогда уравнение

$$\frac{\partial \phi(t, x)}{\partial t} = A\phi(t, x) - \lambda^-(t, x)\phi(t, x) + \lambda^+(t, x)\phi(t, x) \quad (4)$$

описывает закон изменения ненормированной плотности вероятности  $\phi(t, x)$  случайного вектора  $X$  – сечения случайного процесса  $X(t)$ , допускающего обрывы и ветвления траекторий [3] с интенсивностями  $\lambda^-(t) = \lambda^-(t, X(t))$  и  $\lambda^+(t) = \lambda^+(t, X(t))$  соответственно (обрывы и ветвления траекторий образуют неоднородные пуассоновские потоки событий, при ветвлении в фиксированный момент времени может появиться только одна новая ветвь, при обрыве прекращается

моделирование только одной ветви). Поведение траекторий процесса  $X(t)$  между моментами ветвлений определяется уравнением (2). Для удобства моделирования каждая из новых ветвей рассматривается как самостоятельная траектория.

Для приближенного решения уравнения (1) предлагается использовать метод статистических испытаний: моделировать траектории случайного процесса  $X(t)$  с учетом обрывов и ветвлений, применяя различные методы численного решения стохастических дифференциальных уравнений и методы моделирования неоднородных пуассоновских потоков. Функция  $\phi(t, x)$  может быть приближена, например, гистограммой [4].

Далее приведен алгоритм моделирования траекторий случайного процесса  $X(t)$  с обрывами и ветвлениями на основе стохастического метода Эйлера и метода «максимального сечения».

Шаг 1. Задать  $M$  – число моделируемых траекторий;  $h$  – шаг численного интегрирования; величину  $\lambda^*$  ( $|\lambda(t, x)| \leq \lambda^*$  [2]). Получить реализации начальных состояний  $X_0^i$  для траекторий случайного процесса  $X(t)$  согласно заданной плотности вероятности  $\phi_0(x)$  и моменты времени  $\xi^i$ , через которые могут произойти обрывы или ветвления траекторий:

$$\xi^i = -\frac{\ln \beta}{\lambda^*}, \quad i=1, 2, \dots, M.$$

Здесь и далее  $\beta$  – различные реализации (для всех  $i$ ) случайной величины, имеющей равномерное распределение на интервале  $(0, 1)$ .

Положить  $k=0$ ,  $t_k^i = t_0$ ,  $F^i = 1$  (в случае обрыва траектории с номером  $i$  при последующем моделировании  $F^i = 0$ ),  $i=1, 2, \dots, M$ .

Шаг 2. Положить

$$M_k = \sum_{i=1}^M F^i$$

и оценить [4] плотность вероятности  $p(t_k, x)$  по реализациям

$$X_k = \{X_k^i\}_{i=1, \dots, M; F^i=1}$$

тогда

$$\phi(t_k, x) = \frac{M_k}{M} p(t_k, x).$$

Проверить условия:

а) если  $0 < T - t_k < h$ , то скорректировать шаг численного интегрирования:  $h = T - t_k$ ;

б) если  $T - t_k = 0$ , то завершить процесс.

Положить  $i = 1, j = 0$  ( $j$  – количество новых ветвей на шаге  $k$ ).

**Шаг 3.** Проверить условие  $F^i = 0$ . Если оно выполнено, то перейти к шагу 8, иначе: при  $t_*^i + \xi^i \geq t_k + h$  перейти к шагу 4, а при  $t_*^i + \xi^i < t_k + h$  – к шагу 5.

**Шаг 4.** Получить реализацию вектора  $X$  в следующем узле сетки  $\{t_k = t_0 + kh\}$  (см. рис.: а  $\rightarrow$  б):

$$X_{k+1}^i = X_k^i + hf'(t_k, X_k^i) + \sqrt{h}\sigma(t_k, X_k^i)\Delta W.$$

В этом соотношении и далее  $\Delta W$  – различные для всех  $k$  и  $i$  (а также для промежуточных расчетов) реализации случайных векторов размеров  $S \times 1$ , координаты которых имеют стандартное нормальное распределение.

Перейти к шагу 8.

**Шаг 5.** Получить реализацию вектора  $X$  в дополнительном узле сетки (см. рис.: а  $\rightarrow$  в):

$$\tilde{X} = X_k^i + h_\alpha f(t_k, X_k^i) + \sqrt{h_\alpha}\sigma(t_k, X_k^i)\Delta W, \quad h_\alpha = t_*^i + \xi^i - t_k.$$

Получить реализацию  $\alpha$  случайной величины, имеющей равномерное распределение на интервале  $(0,1)$ . Проверить условие

$$\alpha \leq \frac{|\lambda(t_*^i + \xi^i)|}{\lambda},$$

где  $\lambda(t_*^i + \xi^i) = \lambda(t_*^i + \xi^i, \tilde{X})$ , и если оно выполнено, то перейти к шагу 6, иначе – к шагу 7 (см. рис.: в  $\rightarrow$  г).

**Шаг 6.** Проверить условия:

а) если  $\lambda(t_*^i + \xi^i) < 0$  ( $\lambda^-(t_*^i + \xi^i, \tilde{X}) > 0$ ), обрыв траектории, см. рис.: в  $\rightarrow$  д), то положить  $F^i = 0$  (траектория далее не моделируется) и перейти к шагу 8;

б) если  $\lambda(t_*^i + \xi^i) > 0$  ( $\lambda^+(t_*^i + \xi^i, \tilde{X}) > 0$ ), ветвление траектории, см. рис.: в  $\rightarrow$  е), то положить  $j = j + 1$  и получить реализацию вектора  $X$  в следующем узле сетки  $\{t_k\}$  для новой траектории (точнее, «новой ветви» траектории с номером  $i$ , которая далее рассматривается как другая траектория с номером  $M + j$ ):

$$X_{k+1}^{M+j} = \tilde{X} + h_\beta f(t_k + h_\alpha, \tilde{X}) + \sqrt{h_\beta}\sigma(t_k + h_\alpha, \tilde{X})\Delta W, \quad h_\beta = h - h_\alpha.$$

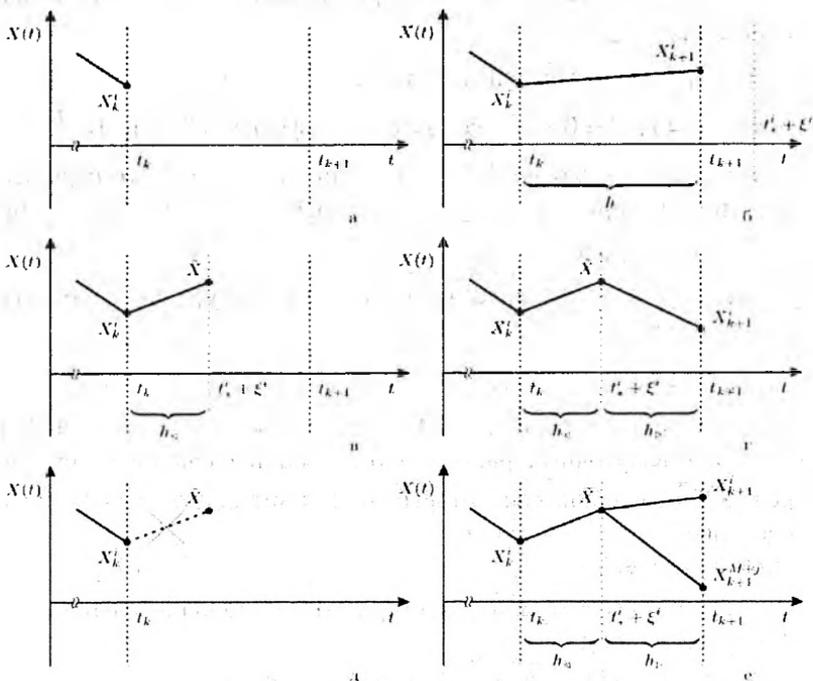


Рис.1. Примеры моделирования траекторий скалярного ( $n = 1$ ) случайного процесса  $X(t)$  с обрывами и ветвлениями.

Положить  $F^{M+j} = 1$ ,  $t_*^{M+j} = t_*^i + \xi^i$  и получить реализацию для промежутка времени, через который может произойти обрыв или новое ветвление:

$$\xi^{M+j} = -\frac{\ln \beta}{\lambda},$$

моделирование  $\xi^{M+j}$  проводится до тех пор, пока не будет выполнено условие

$$t_*^{M+j} + \xi^{M+j} \geq t_k + h.$$

Шаг 7. Получить реализацию вектора  $X$  в следующем узле сетки  $\{t_k\}$ :

$$X_{k+1}^i = \bar{X} + h_b f(t_k + h_a, \bar{X}) + \sqrt{h_b} \sigma(t_k + h_a, \bar{X}) \Delta W, \quad h_b = h - h_a.$$

Положить  $t_*^i = t_*^i + \xi^i$  и получить новую реализацию для промежутка времени, через который может произойти обрыв или ветвление рассматриваемой траектории:  $\xi^i = -\frac{\ln \beta}{\lambda^*}$ , моделирование

$\xi^i$  проводится до тех пор, пока не будет выполнено условие  $t_*^i + \xi^i \geq t_k + h$ .

**Шаг 8.** Проверить условия:

а) если  $i = M$ , то положить  $M = M + j$ ,  $t_{k+1} = t_k + h$ ,  $k = k + 1$  и перейти к шагу 2;

б) если  $i < M$ , то положить  $i = i + 1$  и перейти к шагу 3.

Замечания.

1. При условии  $\int_{R^n} \phi_0(x) dx = C \neq 1$  предварительно следует выполнить замену:  $\psi(t, x) = \frac{\phi(t, x)}{C}$ , тогда для новой функции  $\int_{R^n} \psi(t_0, x) dx = 1$ .

2. Предложенный подход может быть применен при  $(t, x) \in [t_0, T] \times \Omega$ ,  $\Omega \subset R^n$ , и заданных краевых условиях  $\phi(t, x)|_{\partial\Omega} = 0$  или  $\pi(t, x)|_{\partial\Omega} = 0$ , где  $\pi(t, x)$  – вектор-функция размеров  $n \times 1$ , образованная элементами

$$\pi_i(t, x) = f_i(t, x)\phi(t, x) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \frac{\partial}{\partial x_j} [g_{ij}(t, x)\phi(t, x)], \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

При такой постановке задачи помимо обрывов и ветвлений траекторий случайного процесса  $X(t)$  необходимо рассматривать поглощение или отражение на границе  $\partial\Omega$  [5].

3. Для повышения точности расчетов могут применяться методы численного решения стохастических дифференциальных уравнений, имеющие больший порядок точности, нежели стохастический метод Эйлера. Однако точность определяется не только выбранным методом численного решения стохастических дифференциальных уравнений, но и методом моделирования неоднородных пуассоновских потоков.

Преимущество разработанного алгоритма в первую очередь состоит в простоте реализации: можно применять известные методы численного решения стохастических дифференциальных уравнений и методы моделирования неоднородных пуассоновских потоков, при этом вычислительная сложность алгоритма зависит от вычислительной

сложности применяемых численных методов и генераторов псевдослучайных чисел. Алгоритм может применяться и для случая разрывных функций  $f_i(t, x)$ ,  $\sigma_{il}(t, x)$ ,  $\lambda(t, x)$  и  $\phi_0(x)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $l = 1, 2, \dots, s$ .

#### **Библиографический список**

Пантелеев А.В., Руденко Е.А., Бортакoвский А.С. Нелинейные системы управления: описание, анализ и синтез. – М.: Вузовская книга, 2008.

Михайлов Г.А., Аверина Т.А. Алгоритм «максимального сечения» в методе Монте-Карло // Доклады АН. – 2009. Т. 428. № 2. – С. 163–165.

Казаков И.Е., Артемьев В.М., Бухалев В.А. Анализ систем случайной структуры. – М.: Физматлит, 1993.

Рыбаков К.А. Сведение задачи нелинейной фильтрации к задаче анализа стохастических систем с обрывами и ветвлениями траекторий // Дифференциальные уравнения и процессы управления. – 2012. № 3. – С. 91–110. – <http://www.math.spbu.ru/diffjournal> (30.09.12).

Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. – М.: Советское радио, 1977.

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Добридникова О.Л., Москвичева Н.В.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

## **Анализ действующих методик расчёта лизинговых платежей**

Финансово-экономическая оценка инвестиционных проектов занимает центральное место в процессе обоснования и выбора возможных вариантов вложения денежных средств в операции с реальными активами. Поскольку лизинг является одной из форм инвестиционной деятельности, то известные и общепринятые экономические методы оценки инвестиций применимы в анализе и планировании лизингового процесса.

Лизинг, как форма инвестиций, имеет свои особенности, и поэтому, специально для организации и проведения лизинга разработаны разнообразные методики:

- Методика расчета общей суммы платежей и составления графика их выплат;
- Методические рекомендации по расчету лизинговых платежей разработанные Министерством экономики РФ и предназначенные для расчетов платежей финансового лизинга;
- Метод расчета платежей по лизингу, обеспечивающий безубыточность деятельности лизингодателя;
- Метод финансовых рент;
- Метод ПДС (потока денежных средств);

Рассмотрим особенности каждой из перечисленных методик.

Методика расчета общей суммы платежей и составления графика их выплат. Данная методика была разработана одной из самых первых и впервые опубликована в 1994 г. По этой методике в основу лизинговых платежей заложены амортизационные отчисления, плата за используемые ресурсы, комиссионные выплаты и платежи за дополнительные услуги лизингодателя.

Считалось, что данная методика приемлема для расчетов как финансового, так и оперативного лизинга. Для финансового лизинга в ней приводится вариант расчета остаточной стоимости лизингового имущества по окончании срока лизинга, а также суммы досрочного закрытия сделки. В сумму досрочного закрытия сделки финансового лизинга включаются три составляющих:

вся невыплаченная по лизинговому соглашению сумма лизинговых платежей;

остаточная стоимость имущества на момент окончания срока лизинга; неустойка, рассчитываемая как среднегодовая стоимость имущества за период с момента прекращения действия лизингового соглашения до полной амортизации оборудования, умноженная на сумму ставки за пользование кредитными ресурсами и ставки комиссионного вознаграждения, которые выражены в процентах.

Достоинством методики можно считать возможность расчета стоимости лизинга в любой момент действия лизингового соглашения. Процентное выражение платы за кредитные ресурсы и ставки комиссионного вознаграждения обеспечивает равнодолевое распределение их стоимостей на все лизинговые платежи.

Такой метод расчета суммы досрочного закрытия сделки финансового лизинга дается через определение стоимости лизинга на данный момент действия лизингового соглашения. Именно этот подход в определении величины лизинговых платежей стал основой для Методических рекомендаций Минэкономки РФ.

Методические рекомендации по расчету лизинговых платежей Министерства экономики РФ предназначены для расчетов платежей финансового лизинга, но предполагают иной алгоритм расчета, чем приведенный в первой методике, а именно: расчет общей суммы лизинговых платежей производится по годам.

Алгоритм расчета строится на том, что с уменьшением задолженности по кредиту, получаемому лизингодателем для приобретения имущества, уменьшается размер платы за используемые кредиты. Если ставка комиссионного вознаграждения лизингодателя устанавливается в процентах к остаточной стоимости имущества, то размер комиссионного вознаграждения также будет уменьшаться. Считается целесообразным осуществлять расчет лизинговых платежей в следующей последовательности:

- рассчитываются размеры лизинговых платежей по годам, охватываемым договором лизинга;
- рассчитывается общий размер лизинговых платежей за весь срок договора лизинга, как сумма платежей по годам;
- рассчитываются размеры лизинговых взносов в соответствии с выбранной сторонами периодичностью взносов, а также, согласованными ими методами начисления и способов уплаты.

Общая сумма лизинговых платежей по годам включает:

- величину амортизационных отчислений, причитающихся лизингодателю в текущем году;
- плату за кредитные ресурсы, используемые лизингодателем для приобретения имущества;
- комиссионное вознаграждение лизингодателя;

- плату лизингодателю за дополнительные услуги, предусмотренные договором лизинга;
- налог на добавленную стоимость, уплачиваемый лизингополучателем по услугам лизингодателя.

Методика предусматривает возможность выбора способа уплаты лизинговых платежей:

- метод "с фиксированной общей суммой", предполагающий начисление общей суммы платежей равными долями в течение всего срока лизинга;
- метод "с использованием аванса", предполагающий уплату лизингодателю аванса при заключении лизингового договора;
- метод "минимальных платежей", по которому в общую сумму лизинговых платежей включаются сумма амортизации лизингового имущества, плата за используемые лизингодателем заемные средства, комиссионное вознаграждение и плата за дополнительные услуги лизингодателя.

Методические рекомендации предполагают расчет лизинговых платежей на основании калькуляции затрат лизингодателя. Однако, приемлемость лизинга для арендатора, по-прежнему, не принимается в расчет.

В начале 2012 года Подкомитет Торгово-промышленной палаты и НП «Лизинговый союз» выступили с предложением по внесению изменений в описанные выше рекомендации. Минэкономразвития поддержал данную инициативу, в связи с чем, была создана рабочая группа по разработке проекта новых методических рекомендаций.

Методика определения лизинговых платежей в условиях высокой инфляциоснована на традиционном подходе к определению стоимости лизинга через калькуляцию затрат лизингодателя. Стоимость лизинга складывается из суммы амортизационных отчислений, платы за используемые кредитные ресурсы, комиссионных выплат, платежей за дополнительные услуги по лизингу и начисленного на эти суммы налога на добавленную стоимость. Суммарная стоимость лизинга составляет:

$$Pl = Pa + Pk + Pi + Pu + Pn, \quad (1)$$

где

$Pl$  - суммарная стоимость лизинга;

$Pa$  - величина амортизационных отчислений;

$Pk$  - плата за используемые кредитные ресурсы;

$Pi$  - размер комиссионных выплат лизингодателю;

$Pu$  - дополнительные расходы лизингодателя;

$Pn$  - величина налога на добавленную стоимость.

Авторы методики определения лизинговых платежей в условиях гиперинфляции считают, что необходимо иметь в виду следующее:

первоначальную стоимость лизинга можно считать близкой к его общей стоимости, только в условиях стабильной экономики;

если рассматривать величины платы за кредит и комиссионного вознаграждения лизингодателя, как составляющие первоначальной стоимости лизинга, то необходимо установить соответствующие им равные таксы интересов лизингодателя и лизингополучателя.

Определение объемов лизинговых платежей в зависимости от стратегии лизинговых выплат предполагает применение метода расчета дисконтированных денежных потоков. То есть, будущие арендные (лизинговые) платежи рассчитываются с учетом инфляционных ожиданий в будущие периоды времени. Коэффициент дисконтирования представляется как "значение инфляционных коэффициентов". Ставка дисконтирования берется на уровне ставки рефинансирования, устанавливаемой Центральным банком. Если стратегия лизинговых платежей (доли от полной стоимости лизинга, уплачиваемые в определенный момент времени) задана, то данная методика позволяет определить величину лизинговых платежей в каждый момент времени и суммарную стоимость лизинга.

Искомые величины получают в зависимости от:

- балансовой стоимости сдаваемого в лизинг оборудования;
- срока полной амортизации оборудования;
- срока лизинга;
- ставки выплаты за кредит;
- ставки комиссионного вознаграждения лизингодателя;
- ставки налога на добавленную стоимость;
- ставки дополнительных услуг, предоставляемых лизингодателем;
- уровня инфляции;
- стратегии лизинговых платежей.

Важным достоинством методики является возможность использования полученных результатов для выбора оптимальной стратегии расчета лизинговых платежей для лизингодателя и лизингополучателя.

*Метод расчета платежей по лизингу, обеспечивающий безубыточность деятельности лизингодателя* построен на определении размера лизинговых платежей на основе формулы аннуитетов, выражающей взаимосвязанное действие на их величину всех условий лизингового соглашения. Зарубежные специалисты применяют методику расчета лизинговых платежей почти идентичную приведенной методике. Формула расчета лизинговых платежей в соответствии с этой методикой имеет следующий первоначальный вид:

$$Слп = C * \frac{i/n}{(1 - ((1 + i/n)^{(-T*n)}))}, \quad (2)$$

где

*Слп* - сумма лизинговых платежей;

*T* - срок договора;

*i* - ставка лизингового процента в расчете на продолжительность периода платежей;

*n* - периодичность лизинговых платежей (количество в год);

*C* - стоимость лизингового имущества.

Для определения суммы лизинговых платежей, скорректированной на величину предполагаемой остаточной стоимости, применяется формула дисконтированного множителя:

$$Кост = \frac{1}{(1 + дост * ((1 + i/n)^{(-T*n)}))}, \quad (3)$$

где

*дост.* - доля остаточной стоимости;

*Кост* - корректировка на остаточную стоимость.

Если в лизинговом соглашении есть авансовый платеж, учитываемый в начале процентного периода, то в расчет суммы платежа вносится дополнительная корректировка:

$$Кав = \frac{1}{1+i}, \quad (4)$$

где

*Кав* - корректировка на авансовый платеж.

В окончательном виде сумма лизингового платежа, внесенного в лизинговое соглашение, будет равна:

$$Слп = C * \frac{i/n}{(1 - ((1 + i/n)^{(-T*n)})) * Кост * Кав} \quad (5)$$

В целях учета расходов лизингодателя и расчета лизинговых платежей, обеспечивающих безубыточность его деятельности, формулируется перечень расходов состоящих из инвестиционных и текущих затрат, а также расходов по обслуживанию кредита лизингодателя на приобретение предмета лизинга.

Под инвестиционными затратами понимаются: стоимость предмета лизинга, расходы по таможенным процедурам предмета лизинга, комиссионное вознаграждение торгового агента, расходы, связанные с транспортировкой предмета лизинга, расходы по хранению предметов лизинга до момента их ввода в эксплуатацию, расходы по установке и монтажу, расходы по обучению персонала и др.

Полная стоимость лизингового имущества рассчитывается с учетом всех инвестиционных затрат и НДС. Под текущими расходами понимаются расходы лизингодателя в течение срока договора лизинга, связанные с выполнением этого договора.

Описываемый метод расчета платежей по лизингу базируется на следующей группировке текущих расходов:

- эксплуатационные затраты;
- налоги, включаемые в состав затрат;
- налоги, относимые на финансовые результаты.

При обосновании объемов лизинговых платежей учитывается ряд специфических параметров лизингового договора:

- доля авансового платежа;
- срок договора;
- периодичность лизинговых платежей;
- годовая норма амортизационных отчислений;
- коэффициент ускорения амортизации.

Чистый доход - ключевой показатель предлагаемого метода. Положительное значение этого показателя обеспечивает безубыточность деятельности лизингодателя.

Основным соотношением метода безубыточности является следующее равенство:

$$Дч = Пч + A + B, \quad (6)$$

где

*Дч* - чистый доход;

*Пч* - чистая прибыль лизингодателя;

*A* - амортизационные отчисления;

*B* - выплаты по кредиту.

Расчеты могут выполняться как на весь срок лизинга, так и на отдельные временные интервалы. Данный метод обосновывает безубыточность лизинга для лизингодателя, но эффективность лизинга для арендатора не принимается в расчет.

*Метод финансовых рент.* В экономической теории, метод финансовых рент основан на равенстве начальной суммы инвестирования и суммарной текущей стоимости последующих платежей. Стандартная формула для расчета текущей стоимости накоплений отражает результаты инвестирования одной денежной единицы в конце каждого периода (амортизация единицы):

$$C = \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r}, \quad (7)$$

где

*C* - коэффициент ренты;

$r$  - ставка дисконтирования в долях единицы на период времени (одинаковая для всех периодов времени);

$n$  - количество выплат.

Необходимо разделить на полученный коэффициент начальную сумму инвестирования, чтобы получить величину каждого из будущих равных платежей, за весь период инвестиций.

Метод ПДС (потока денежных средств). Для определения, достаточно ли денежных поступлений от лизинговых платежей для покрытия расходов, лизинговые компании обязательно должны проводить дополнительные расчеты. При этом принимаются в расчет только те расходы, которые лизинговая компания будет нести в определенный период лизингового соглашения и комиссионное вознаграждение, добавляемое лизинговой компанией. Доходы и расходы лизинговой компании от иной, не лизинговой деятельности не принимаются в расчет. Поэтому, в действительности, метод ПДС имеет такую же основу, что и методика Минэкономки РФ.

Есть, однако, отличия метода ПДС (потока денежных средств) от метода составляющих (методика Минэкономки). Основная составляющая лизингового платежа - выплаты по банковскому кредиту, взятому для осуществления сделки (как процентов, так и основной суммы долга). Предполагается, что сумма кредитного финансирования равна стоимости передаваемого в лизинг имущества. Это график погашения кредита (равные выплаты, включающие погашение части основного долга и проценты на непогашенную часть). Формула для расчета такого графика соответствует (7).

Необходимо умножить на полученный коэффициент начальную сумму кредитного финансирования, чтобы получить величину каждого из будущих равных платежей по кредиту (включающих погашение части основного долга и проценты на непогашенную часть), за весь период кредитования. Проценты начисляются на непогашенную часть кредита, и их денежное выражение вычитается из величины полного платежа каждого периода, получая, таким образом, суммы погашения основного долга в каждом периоде времени. Далее необходимо прибавить к равным в каждом периоде времени суммам выплат по кредиту денежное выражение маржи лизингодателя и налога на имущество.

Особенность метода состоит в том, что лизинговая компания не испытывает трудности с выплатой кредита и больше при этом платит налогов, так как лизинговые платежи полностью покрывают эти расходы и демонстрируют большой доход.

Таким образом, существуют разнообразные методики для расчета лизинговых платежей, представляющие собой калькуляцию затрат

лизингодателя по организации и проведению лизинга. При этом как сумма лизинговых платежей должна обеспечивать не только прибыль лизингодателю, но и экономически эффективное финансирование арендатора. Автор статьи считает, что расчет суммы лизинговых платежей должен основываться на анализе эффективности лизинга для всех его участников. Если же расчеты показывают отсутствие приемлемой и для арендатора и для лизингодателя величины лизинговых платежей, то с экономической точки зрения от лизинга следует отказаться в пользу альтернативного варианта финансирования проекта.

#### **Библиографический список**

Газман В.Д. Финансовый лизинг / Учебное пособие - М.: Изд-во ВШЭ, 2010 г.

Газман В. Д. Метод расчета платежей по лизингу, обеспечивающий безубыточность деятельности лизингодателя. - М.// Лизинг - ревю, №№ 1, 2, 1998.

Методические рекомендации по расчету лизинговых платежей. Утверждены Минэкономики РФ 16.04.1996 г.

Трошин А.Н. Финансы и кредит / Учебник.-М.: ИНФРА-М, 2010

Шатравин. В. А.. Эффективность лизинговых операций: - М.: Ось - 89, 2006.

Штельмах В. Расчет лизинговых платежей исходя из потока денежных средств. Плюсы и минусы. - М.: Лизинг-курьер, № 1, 2000.

Моругин П.А., Дегтярев А.В.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

#### **Внедрение методики проектирования взаимодействия в процесс разработки программных продуктов в сфере аэрокосмического производства**

Проектирование взаимодействия отличается от проектирования интерфейсов, хотя многие российские производители программных продуктов их не различают. Интерфейс не связан напрямую с целями пользователя. Если при разработке концентрироваться только на интерфейсе, то рано или поздно встанет проблема нерешенной задачи пользователя. Сложно дать пользователю действительно удобные инструменты для работы, если не понимать его цель.

В российской индустрии разработки программного обеспечения довольно длительное время интерфейсы проектировали программисты. В оформлении интерфейса они практически всегда следуют модели реализации: отражения того, как работает программа. Классический пример — создание поля ввода для каждого поля таблицы базы данных.

Такой подход представляется не совсем корректным потому, что ещё есть так называемая ментальная модель пользователя — это то, как люди воспринимают вещи. Пользователи ценят продукты не за число строк программного кода, но за удобство использования.

Характерная особенность программного обеспечения в том, что чем раньше по шкале времени жизни проекта написан код, тем сложнее вносить в него изменения. Со временем, в каждом продукте накапливаются возможности, потребность в которых обнаружилась после начала разработки, внедрение которых оборачивается дополнительными издержками.

Как правило, в процессе разработки этап программирования обладает наиболее высокой себестоимостью. На рис. 1 представлено условное распределение трудозатрат программиста в зависимости от его квалификации. Чем более квалифицирован программист, тем больше времени он тратит на настройку окружения и меньше времени на собственно написание кода. К сожалению, не у всех компаний есть возможность привлекать исполнителей только высокой квалификации. Поэтому, одним из наиболее доступных способов снижения издержек при разработке является сокращение времени, затрачиваемого на программирование. Предварительное проектирование взаимодействия позволяет сократить временные затраты на разработку.

Часто, границы проекта определяются в терминах фиксированных сроков сдачи и необходимого перечня функций. Но своевременная сдача в эксплуатацию не гарантирует успешность продукта. На начальной стадии цикла создания продукта, необходимо выявить цель пользователя, а потом распределять ее на задачи. И чем меньше будут декомпозированы эти задачи, тем лучше.



Рис. 1. Условное распределение трудозатрат программиста в зависимости от его квалификации.

В результатах проектирования проектные решения должны описываться полно и подробно. Решения должны описывать достаточное количество исключительных ситуаций, чтобы разработчики

были уверены в том, что могут использовать результаты проектирования как руководство к действию.

Буквально до 2009 года [1], хорошим тоном при создании интерфейсов считалось до начала программирования рисовать каждый элемент управления со всем элементами технического дизайна. На выходе получались макеты, которые выглядели, как готовый продукт, но они не были готовыми продуктами. В процессе реализации, обязательно возникали несоответствия с функциональной моделью, ограничениями среды разработки, или бизнес-процессов заказчика. В этом случае, полученный интерфейс ощутимо отличался от презентованного на первоначальном этапе макета. При этом, ресурсы, которые расходовались на детальную прорисовку первоначального макета, были не меньше, если не больше всех затрат на программирование.

В течение последних лет, ведущие разработчики начали переходить на организацию процесса, при котором до начала программирования создается не детальный макет, а менее детальный прототип в серых блоках. Такой прототип позволяет заказчику оценить функциональность интерфейса: главное, ради чего обычно инициируется разработка нового интерфейса. В качестве средства первоначального проектирования макетов веб-сайтов обычно используется программный продукт AdobeInDesign. На рисунке 2 представлен пример прототипа интерфейса программы, создаваемой Студией Артемия Лебедева.

В качестве перспективы развития данного подхода автор видит отказ от создания макетов в серых блоках в пользу создания работоспособных прототипов на первой стадии создания продукта, опираясь лишь на результаты проектирования и технического задания. А элементы оформления и управления должны создаваться и прорабатываться дизайнерами, непосредственно, в процессе программирования.

Работа пользователя представляет собой концентрацию на задачах. Работа проектировщика взаимодействия должна выходить за пределы этой задачи, чтобы дать пользователю возможность наиболее полно и комфортно решать ее.

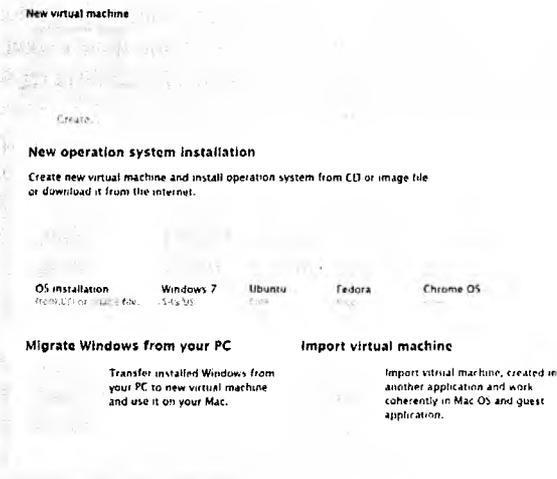


Рис. 2. Прототип интерфейса программы «Параллелс-десктоп».

Для проектировщика, самое важное в интерфейсах — это цель пользователя. Поэтому, проектирование взаимодействия с пользователем, а не проектирование интерфейсов должно являться основным принципом компаний, создающих программное обеспечение. Цели пользователей обычно определяются созданными на этапе проектирования персонажами. Аналогичной разработкой персонажей часто занимаются профессиональные маркетологи, определяя потенциальных покупателей продукта. Однако, при создании программных продуктов этот этап почему-то исключается. Программисты работают с кодом, а маркетологи оперируют понятиями каналов и рынков. Созданные персонажи объединяют эти сущности: у программистов и маркетологов появляется общая точка отсчета в виде результатов проектирования.

Проектирование продукта делает фазу программирования более предсказуемой и ускоряет весь процесс разработки, делая его более взвешенным, менее рискованным и менее дорогостоящим. Результаты проектирования помогают руководителям точнее понять, что именно создают программисты и концентрировать усилия предприятия в необходимых направлениях.

Некоторые программисты считают, что проектирование это самая творческая и самая интересная часть их работы. Однако, по сути, после проектирования программистам остается лишь формализовать чисто алгоритмическую составляющую программы [1].

Предварительное проектирование, как правило, требует создания более сложного кода, однако в масштабе жизненного цикла продукта

объем кода, как правило, получается меньшим. Стоимость программирования не сильно возрастает с увеличением сложности кода, однако значительно возрастает с увеличением его объема из-за затрат на тестирование, отладку и поддержку.

Дополнительными преимуществами предварительного проектирования является сокращение затрат на написание сопроводительной документации и техническую поддержку. Чем проще и понятнее для пользователей процесс взаимодействия, тем меньше необходимости создавать большие объемы сопроводительной документации и тем меньше число обращений в техническую поддержку.

Сегодня программисты считают проектировочную документацию не более чем рекомендацией, которой можно пренебречь. Для того, чтобы избежать этого, руководству следует принять решение о том, что программированию должно предшествовать проектирование. И дать понять участникам проекта, что результатам проектирования необходимо строго следовать и, что за качество и удобство использования продукта ответственным является проектировщик взаимодействия. В свою очередь, необходимо наделить проектировщика соответствующими полномочиями определять список функций и поведение программы. В противном случае, усилия проектировщика имеют ограниченное действие, если подключать его к разработке лишь на этапе бета-тестирования.

Многие компании, производящие программное обеспечение основывались программистами. Поэтому исторически в определении внешнего вида программных продуктов главенствует процесс программирования. Проектирование возможно сделать неотъемлемой частью процесса разработки только путем реинжиниринга бизнес-процессов. Его нельзя просто добавить к процессу на уровне одного из этапов разработки.

Еще несколько лет назад в индустрии программирования считалось нормальным, если разработчики тестировали свой код самостоятельно. Но со временем пришло понимание того, что эту часть работы должны выполнять профессиональные тестировщики, освобождая от нее программистов. Логичным представляется предположить, что в скором времени произойдет подобный постепенный переход к тому, чтобы проектирование взаимодействия стало частью процесса разработки. И на этап проектирования будет выделяться больше времени, чем на этап создание кода. На сегодняшний день обычно планируется обратное распределение времени по данным этапам.

## **Библиографический список**

Алан Купер. Об интерфейсе. Основы проектирования взаимодействия. СПб: Символ-Плюс, 2010, с. 299-300.

Джеф Раскин. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. СПб: Символ-Плюс, 2004.

Дженнифер Тидвелл. Разработка пользовательских интерфейсов. Изд-во «Питер», 2011.

Носова Н.А., Чернышева Н.Н., Ефимова Н.С.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

## **Формирование организационно-экономического механизма выбора концепции внедрения информационных систем для авиационного производства**

В российской промышленности осуществляются попытки научиться эффективному управлению производством за счет применения современных информационных технологий [1;2;3]. В связи с этим требуется формирование организационно-экономического механизма выбора концепции внедрения корпоративных информационных систем для предприятий авиационного производства. В настоящее время авиационное производство является одной из наиболее конкурентоспособных отраслей российской промышленности на мировом рынке. Для сохранения текущих и завоевания новых позиций требуется, совершенствование механизмов управления предприятиями авиационной промышленности, разработка и внедрение новых информационных технологий и повышение их экономической эффективности. В связи с этим, необходимо рассмотреть организационно-экономический механизм внедрения и экономического обоснования выбора корпоративных информационных систем для авиационного производства.

В России культура применения информационных технологий в экономике находится на этапе формирования, поэтому многие теоретические и методологические аспекты внедрения корпоративных информационных систем, а тем более вопросы построения эффективной системы управления предприятием на основе информационных технологий не имеют достаточной разработанности.

Механизм выбора концепции внедрения корпоративных информационных систем для предприятий авиационной промышленности в современных финансовых условиях направлен на решение следующих задач:

- систематизация существующих подходов и методов экономического обоснования внедрения корпоративных информационных систем для предприятий;
- совершенствование тендерного метода выбора базовой системы для внедрения корпоративных информационных систем для предприятий авиационной промышленности с использованием метода экспертных оценок;
- разработка системы показателей, на основе значений которых осуществляется выбор концепции внедрения корпоративных информационных систем для предприятий авиапромышленности;
- разработка информационного обеспечения организационно-экономического механизма выбора концепции внедрения корпоративных информационных систем для предприятий авиапромышленности;
- адаптация методов оценки экономической эффективности инвестиций в информационные технологии для оценки разработанного организационно-экономического механизма, выбора концепции внедрения корпоративных информационных систем для предприятий авиапромышленности.
- В применяемых в настоящее время методах выбора концепции внедрения КИС сформулирован ряд требований к информационным системам, которыми необходимо руководствоваться при выборе концепции внедрения системы:
- интегрированность системы: изменения в одной ее части должны автоматически влиять на показатели в других взаимосвязанных частях.
- процедуры в автоматизированных системах должны быть действительно автоматизированы.
- система должна давать руководителю возможность получать оперативную информацию в объеме достаточном для принятия оперативных решений.
- система должна быть легка в обучении и использовании, чтобы рядовой сотрудник мог научиться выполнять свои обязанности при ее помощи за максимально короткое время.
- в системе должна быть заложена возможность, без помощи программиста редактировать все необходимые отчеты и документы, менять их форму и создавать собственные форматы.
- в системе должны быть заложены процедуры контроля, сводящие ошибки к минимуму.

Одним из наиболее важных этапов на пути внедрения КИС остается предпроектная подготовка предприятия. По оценкам поставщиков ПО для бизнеса, до 30% затрат на проекты по автоматизации управления

предприятиями составляют затраты на предпроектное консультирование потенциального клиента. Также значительны расходы ресурсов самого предприятия на этой стадии. Ведь КИС - это лишь мощный технический инструмент. Поэтому, при принятии решений, касающихся политики предприятий авиастроительного производства в сфере информационных технологий, стоит акцентировать внимание не только на технических вопросах внедрения (приобретение ПО, компьютеров, настройка системы и т. п.), но главным образом на разработке и применении методологии внедрения информационной системы. Именно это обстоятельство определяет важность предпроектного, предваряющего автоматизацию этапа, включающего создание рациональных технологий управления бизнес- процессами, приведение всех форм учета предприятия, в том числе бухгалтерского, в соответствие с решаемыми задачами управления. В рамках предпроектного этапа:

- формализуется информация о действующих формах учета и документообороте предприятия;
- выявляются задачи, подлежащие автоматизации;
- проводится реинжиниринг бизнес - процессов с целью оптимизации управления;
- оценивается уровень знаний специалистов предприятия в области информационных технологий;
- определяется потенциально возможный уровень автоматизации управления предприятием.

Руководством предприятия определяется место проекта по разработке КИС в общей стратегии развития предприятия, последовательность автоматизации отдельных сегментов деятельности предприятия (видов деятельности, бизнес-процессов, структурных подразделений), требования к информационной системе с учетом имеющихся место ограничений.

Анализ бизнес-процессов предприятия позволяет определить общие требования к информационной системе и выделить специфические особенности бизнеса предприятия авиационной промышленности. Именно эти особенности, как правило, и являются определяющим фактором при принятии решения о выборе той или иной концепции внедрения информационной системы. Подготовленная с учетом общих и специфических требований спецификация информационной системы является основой при выборе конкретного программного комплекса из имеющихся на рынке. При этом, важно не только сопоставить характеристики систем с разработанной спецификацией, но и объективно оценить принципиальную возможность и стоимость необходимых доработок, обусловленных спецификой предприятия авиационной промышленности.

Выбор концепции разработки КИС напрямую зависит от методов управления используемых на предприятии авиационной промышленности, которые в свою очередь зависят от типа производства. Предприятия авиастроительного производства выпускают сложную наукоемкую продукцию, поэтому эта отрасль заинтересована во внедрении КИС.

Анализ методов выбора концепции разработки КИС, применяемых на практике в настоящее время показывает, что пробелы в этой области довольно значительны. Часть методов не содержит действенных механизмов экономической оценки эффективности разработки КИС на предприятии. Часто, в существующих методах нет эффективного механизма разделения систем на классы в соответствии с их возможностями. Многие методы основаны на нечетких, часто неизмеримых и трудно оцениваемых, показателях, на основе значений которых осуществляется выбор концепции разработки КИС.

Наличие перечисленных выше недостатков обуславливает необходимость разработки эффективного организационно-экономического механизма выбора концепции внедрения КИС для предприятий авиапромышленности. В рамках этого механизма должен быть усовершенствован тендерный метод выбора базовой системы внедрения КИС для предприятий авиационной промышленности с применением метода экспертной оценки, в частности:

- разработка четкой системы показателей, содержащая измеримые или легко экспертно оцениваемые показатели.
- определены источники информации о базовых системах.
- определены требования к экспертам, оценивающим концепции.

Поэтому предлагаемый организационно-экономический механизм выбора концепции внедрения КИС для предприятий авиационной авиапромышленности основан на экономическом обосновании выбора концепции внедрения КИС для предприятий, системе показателей, на основе значений которых осуществляется выбор концепции внедрения КИС для предприятий, и тендерном методе выбора базовой системы внедрения КИС для предприятий с использованием метода экспертных оценок. Основным результатом реализации механизма является выбор концепции внедрения КИС предприятия.

Под концепцией разработки КИС предприятия обычно понимается совокупность базовой системы, на основе которой разрабатывается КИС; жизненного цикла КИС; организационных решений и информационного обеспечения. Концепция разработки КИС характеризуется функциональностью системы, сроками, стоимостью и рисками разработки, внедрения и эксплуатации КИС (см. подробнее [1]).

Применение разработанного организационно-экономического механизма выбора концепции разработки КИС для предприятий авиационной промышленности обеспечит повышение эффективности инвестиций предприятия в информационные технологии. Экономический эффект от применения организационно-экономического механизма выбора концепции разработки КИС для предприятий авиационной промышленности достигается за счет следующих выгод:

- снижение риска потери инвестиций предприятия при вложении их в разработку и внедрение неэффективной системы;
- снижение стоимости разработки и внедрения КИС;
- снижение риска увеличения стоимости проекта в связи с возникновением незапланированных расходов;
- снижение расходов на разработку и внедрение КИС на предприятии за счет затрат на освоение системы сотрудниками (как пользователями, так и специалистами по информационным технологиям).

Отличительными особенностями авиационной промышленности, влияющими на организационно-экономический механизм выбора концепции внедрения КИС для авиастроительных предприятий, являются:

- взаимодействие с большим количеством внешних объектов (поставщиков, покупателей);
- длительный жизненный цикл продукции;
- высокая наукоемкость и трудоемкость изготовления продукции;
- большой объем опытных работ и испытаний;
- высокая стоимость продукции;
- высокие производственные, коммерческие и эксплуатационные риски.

Каждое предприятие в авиапромышленности имеет свою специфику, связанную с выпускаемой продукцией. Такая специфика оказывает влияние на выбор концепции внедрения КИС для предприятия.

На принятие решения о выборе концепции внедрения КИС предприятия авиапромышленности влияют следующие факторы:

- Эксплуатационные качества базовой системы:
- функциональность базовой системы,
- эргономичность базовой системы,
- перспективность базовой системы,
- надежность базовой системы,
- безопасность базовой системы,

Стоимость разработки, внедрения и эксплуатации системы (в том числе стоимость доработки базовой системы до требуемой функциональности, стоимость интеграции, стоимость оборудования);

Сроки разработки и внедрения системы (в том числе сроки доработки базовой системы до требуемой функциональности и сроки интеграции);

Риски разработки, внедрения и эксплуатации информационной системы.

Организационно-экономический механизм выбора концепции внедрения КИС для предприятий авиационной промышленности состоит из следующих основных этапов:

Подготовка к выбору концепции.

Выполнение данного этапа может занимать 1 – 2 месяца. Результатами выполнения задач этого этапа являются детальные требования к КИС предприятия, адаптированная система показателей.

Отбор концепций разработки КИС для экспертизы.

Выполнение данного этапа может занимать 1 – 2 месяца. Выполнение задач этого этапа может быть начато параллельно с выполнением некоторых задач первого этапа. Результатом выполнения задач этого этапа является концепций разработки системы.

Экспертиза концепций разработки КИС.

Выполнение данного этапа может занимать около 1 месяца. Выполнение задач этого этапа может быть начато только после выполнения всех задач второго этапа. Результатами выполнения задач этого этапа являются интеграционные оценки эксплуатационных качеств систем, обобщенная оценка стоимости, комплексные риски разработки и эксплуатации систем.

Сравнительный анализ концепций разработки КИС. Выбор концепции.

Выполнение данного этапа может занимать 1 – 2 месяца. Выполнение задач этого этапа может быть начато параллельно с выполнением некоторых задач третьего этапа. Результатом выполнения задач этого этапа является выбранная концепция разработки системы.

При использовании организационно-экономического механизма выбора концепции разработки и внедрения КИС в качестве специалистов по информационным технологиям могут быть привлечены специалисты в области информационных технологий из сторонних организаций (например, консультанты из консалтинговых компаний), не связанные с поставщиками базовых систем или сотрудники подразделения информационных технологий предприятия, для которого осуществляется выбор системы.

В статье обоснован выбор концепции разработки корпоративных информационных систем для авиастроительного производства.

Определено место разработанного механизма в модели жизненного цикла разработки системы. Применение разработанного механизма предприятиями авиастроительного производства позволит выбрать концепцию разработки корпоративной информационной системы, в наибольшей степени отвечающей требованиям предприятия.

Сделаны выводы о необходимости учета особенностей авиастроительной отрасли и специфике предприятия, для которого разрабатывается система, при выборе концепции ее разработки.

#### **Библиографический список**

Калачанов В.Д., Рыжко А.Л., Клеев И.В. , Рыбников А.И. Информационный менеджмент на предприятии авиастроения. М., 2011.

2. Комолов А. В. Моделирование бизнес-процессов предприятия в рамках разработки стратегии его развития: Стратегическое планирование и развитие предприятий. М., 2004.

3. Калачанов В.Д., Жидяев С.С., Рыжко Н.А. Оценка экономической эффективности внедрения процессно-ориентированных информационных систем при организации производства продукции в авиаприборостроении: Организатор производства. М., 2011

Комарова А.М., Прозоров Д.Е.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

#### **Управление созданием нововведений и маркетинг инноваций**

Социально-экономическая среда, в которой действуют отечественные авиационно-космические организации, постоянно меняется и скорость перемен неуклонно растёт. Для успешной и эффективной работы в этих условиях необходимо постоянно обновляться, предлагая рынку новые продукты и технологии. Инновации являются наиболее эффективным, но и наиболее рисковым источником устойчивого развития предприятий в условиях международной конкуренции.

Инновационная деятельность и управление изменениями являются двумя главными факторами, определяющими успех любой высокотехнологичной компании. Для управления инновациями необходимо постоянно исследовать перспективный ассортимент продукции на эффективность, следовать трендам потребительских предпочтений и тщательно анализировать общее экономическое состояние организации.

Планирование и разработка стратегии являются неперенным условием успеха инновационной деятельности высокотехнологичной организации.

Роль маркетинга наукоёмкой продукции состоит в том, чтобы проинформировать рынок высоких технологий о существовании нового продукта и его функциях, вызвать спрос на него и выгодно продать. Практика показывает, что это нелегкая задача, так как специфика и новизна высокотехнологичной продукции связаны с высоким риском и неопределенностью.

Так как нововведение является ключевым фактором успеха предприятия в целом, оно должна быть делом каждого работника. Специалист по анализу рынка нововведений постоянно должен быть в курсе всего, что происходит на рынке, участвовать в инновационном процессе. Роль менеджеров изменяется в зависимости от типа инноваций, с которыми они имеют дело. Общие принципы маркетинга всегда используются для представления новых товаров и услуг потребителям высокотехнологичной продукции.

При этом проблемы, с которыми приходится сталкиваться менеджерам предприятий авиационно-космической сферы, значительно отличаются в отношении представления на рынок принципиально новой продукции по сравнению с товарами потребительского рынка. Учитывая это, важно выяснить и четко определить значение термина «инновация» и различные ситуации, в которых он может использоваться.

Теория предлагает несколько подходов к проблеме определения понятия «инновация». В общем случае инновация состоит из двух компонентов: технические параметры и собственно новаторство. Инновационная матрица — традиционное оформление концепции, отражающей четыре главных типа инноваций. Она может быть получена путём простого связывания вышеуказанных компонентов. Методика построения матрицы основана на использовании подхода, суть которого заключается в изучении происхождения инноваций, а также в анализе движущих сил инновационного процесса.

Анализ инноваций традиционно основывается на использовании матрицы, представленной на рис. 1.

ВЛИЯНИЕ	СЛАБОЕ	СИЛЬНОЕ
СЛАБОЕ	<i>Дополнительная инновация (развитие)</i>	<i>Техническая инновация (изменение внутренней структуры)</i>
СИЛЬНОЕ	<i>Социальная инновация (изменение способа применения)</i>	<i>Радикальная инновация (революция)</i>

Рис.1. Восприятие технологического развития производителем.

Дополнительная инновация — тип инноваций, который можно рассматривать как еще один шаг к долгосрочному развитию продукции, еще одно улучшение с учётом потребностей покупателя.

Техническая инновация — это модификация, несущественно изменяющая способ использования продукта, но представляющая определенную выгоду для производителя (экономия времени, снижение издержек). Все изменения процесса производства, включая автоматизацию, входят в эту категорию инноваций.

Социальная инновация характеризуется незначительными технологическими изменениями, но довольно серьезными изменениями в привычках покупателей или способе использования продукции.

Радикальная инновация обязательно связана с изменениями в области технологии, а также с изменениями в предпочтениях потребителя, в его образе жизни и в способе использования новой продукции. Создание микропроцессора — типичный пример такой инновации.

Для практики управления нововведениями наибольшее значение имеет ответ на вопрос: как управлять процессом инноваций в рамках организации? Традиционный метод анализа рассматривает процесс инноваций в контексте отношений производитель-потребитель. Уделяя особое внимание продукции и потребителям, маркетинг позволяет создать модифицированный вариант матрицы, в котором сделана попытка учесть влияние инноваций на взаимосвязь продукт-потребитель. Специалисты по инновационному менеджменту придают первостепенное значение этой взаимосвязи, так как часто главной задачей является изучение реакции покупателей на внедрение инновации. При этом, реакция производителей не играет особой роли. Менеджер по маркетингу, помимо прочего, должен интересоваться

инновациями, когда потребитель рассматривает данный продукт как глобальный прорыв в науке, который сможет существенно улучшить его жизнь. Инновация должна рассматриваться в неразрывной связи с высокотехнологичной продукцией и реакцией потребителя, или другими словами, с рынком.

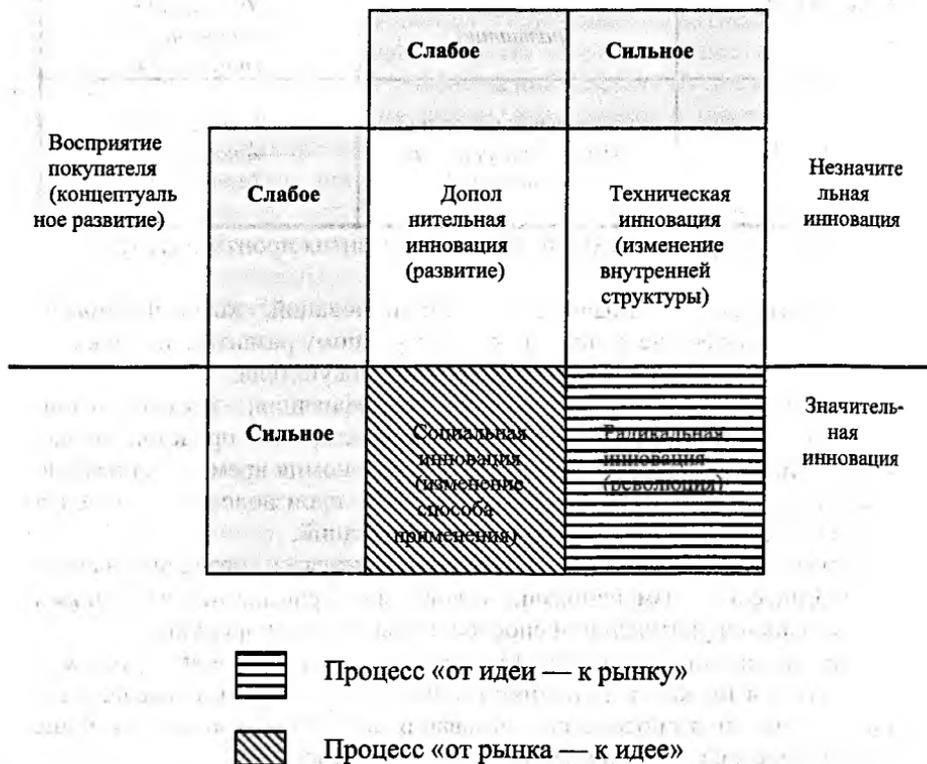


Рис.2. Восприятие технологического развития потребителем.

Инновация рассматривается с двух позиций, причем предпочтение отдается реакции покупателей (так же, как и в традиционном маркетинге). Это позволяет дифференцировать второстепенные и существенные инновации, в то время как для производителя единственное значение имеет деление изменений на коммерческие и технологические, причем последние являются для него более существенными.

Инновация часто трактуется как синоним технического прогресса. Но этого явно не достаточно для управления процессом коммерциализации новшества, создающего «прорыв», который вызовет в будущем сильную

реакцию потребителя. Радикальные технологические инновации объединяют существенные научные достижения, которые коренным образом изменяют один, а то и несколько аспектов повседневной жизни. Все научные разработки, напрямую связаны с этим типом инноваций. Значительные технологические изменения не всегда являются тем, что мы называем радикальной технологической инновацией.

Технологическая инновация считается радикальной только в том случае, если она сопровождается технологическим разрывом, или «прерывностью». Зависимость между количеством усилий, вложенных в улучшение технических характеристик продукции и достигнутыми результатами, выражается в виде S-образной кривой (рис.3).

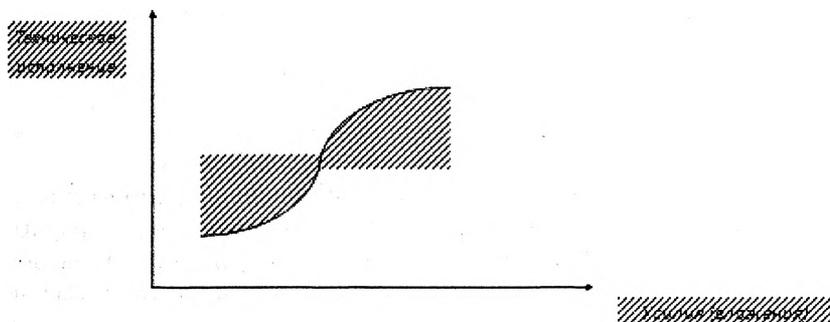


Рис.3. S-образная кривая.

Кривая отражает этапы внедрения, ускоренного роста и зрелости технологического проекта; эта кривая очень напоминает кривую жизненного цикла продукции. Момент, когда одна технология внезапно сменяет другую, иными словами, момент разрыва, может быть представлен парой S-образных кривых (рис.4).

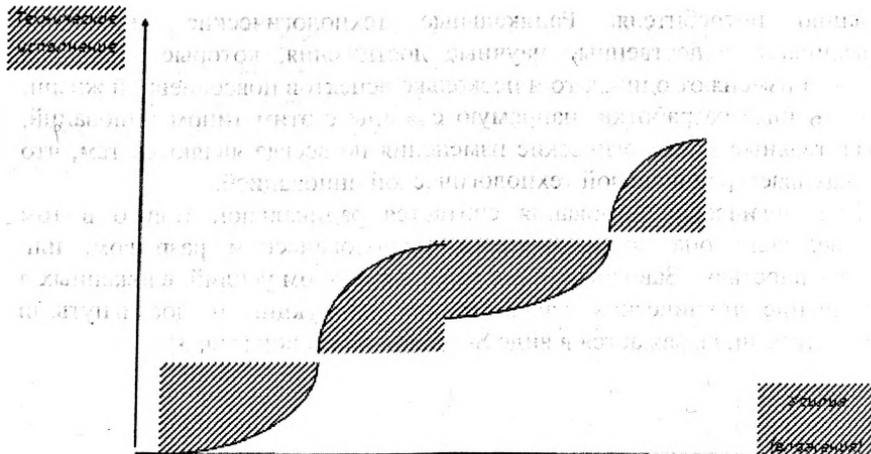


Рис.4. Пара S - образных кривых.

Очевидно, что инновации с точно определенным моментом разрыва, когда одна технология сменяет другую, представляют огромные возможности для менеджера. Они позволяют определить рынок для продукции, которая еще не существует и, чье назначение еще не определено из-за её новизны.

Эти проблемы, основанные на применении маркетинга, как средства для формирования потребностей покупателей, особенно актуальны для крупных авиационно-космических организаций, которые осознают необходимость проведения научных исследований, разработки продукции и маркетинга в единой системе управления инновационной деятельностью. Эта политика «внутрифирменного предпринимательства», объясняет, как компании, вовлеченные в этот процесс, находят способы минимизировать риск и неопределенность, неизбежные при реализации любой формы инновации. Какой бы ни была эта форма, каким бы ни был процесс, ее порождающий, радикальная техническая инновация всегда начинается с идеи (открытия, изобретения, концепции и т.п.), которая затем переносится на рынок. Таким образом, роль маркетинга состоит в поэтапной разработке взаимосвязанных стадий инновационного процесса, который гарантировал бы, что конечная продукция займет должное место на рынке.

Важно отметить, что результатом технологической инновации обычно является создание новой продукции, коммерческая же инновация порождает более разнообразные и почти неуловимые изменения, в ходе которых существующая продукция обретает новый имидж, который

является модификацией ее первоначального имиджа. Можно также утверждать, что дополнительная коммерческая инновация редко приводит к успеху, если она не основывается на какой-либо новой идее или концепции.

Понятно, что это совершенно иная форма инноваций, и она отличается от технологического усовершенствования продукции. При отсутствии возможности внедрить определенные технологические изобретения менеджер должен искать другие источники. Он должен заменять новые продукты новыми идеями, пригодными для практического внедрения, идеями, которые можно продать покупателю. Он должен следить за конкуренцией, прислушиваться к мнению покупателей, исследовать текущее состояние рынка, должен выявлять до сих пор не определенные нужды потребителей, пробелы, слабые места и несовершенства, которые могут существовать на данном рынке.

Таким образом, инновационный маркетинг в такой же степени зависит от исследований конкуренции, в какой традиционный маркетинг зависит от исследования и развития потребностей покупателей.

Коммерческая инновация, создаваемая только благодаря изучению ситуации, всегда ассоциировалась с товарами повышенного спроса, то есть, с престижной продукцией культурно-бытового назначения, которая традиционно противопоставлялась современной высокотехнологичной продукции. Радикальные коммерческие инновации достигаются за счёт проведения ряда незначительных изменений. Глобальные инновации стали возможны благодаря тому, что идея, стоящая за второстепенными изменениями, привела к коренным изменениям в привычках потребителя, причем этого изменения было достаточно для того, чтобы создать разрыв с прошлым.

И. Шумпетер был первым экономистом, который определил роль инноваций, как предоставление предприятию новой оригинальной перспективы. Он заявил, что её следует изучать с двух точек зрения: во-первых, необходимо дать четкое определение инновации, а во-вторых, понять роль инноваций в контексте корпоративной стратегии. Определение И. Шумпетера является прототипом радикальной инновации, которое подтверждается его известной фразой о том, что инновация — это форма «деструктивного созидания». Этот динамический процесс является конечным результатом долгих и дорогостоящих проектов, проводимых в рамках, так называемых исследований и опытных разработок. Последовательное претворение в жизнь данной стратегии позволяет компании в конечном итоге отвоевать у конкурентов лидерские позиции. Это невозможно осуществить без значительных инвестиций. И. Шумпетер сделал вывод

о том, что инновации могут более успешно и масштабно проводить крупные корпорации в силу того, что только они имеют доступ к необходимым фондам.

Многочисленные современные практические исследования, рассматривающие взаимосвязь между размерами компании и объемом вложений в процесс инноваций, не обнаружили явной зависимости между этими двумя факторами. Малые компании чаще всего провоцировали развитие инновационных процессов, что подтверждает практика создания принципиально новых товаров и технологий.

Чтобы объяснить состояние озабоченности по поводу происходящего на рынке, в котором постоянно находятся предприниматель и рыночный аналитик, часто используется термин «бдительность». Именно постоянная бдительность позволит высокотехнологичной компании определить рыночную нишу, в которую она сможет в конечном итоге поместить свою продукцию.

Процесс управления инновационным процессом вовлекает многочисленных участников на всех структурных уровнях организации. Широкая кооперация и сотрудничество являются необходимыми для понимания важности нововведений и настроя персонала в то время, когда компания переживает определенный внутренний дисбаланс, который вызывается процессом инноваций.

Хорошо организованная коллективная работа — сотрудничество между отделами маркетинга и научных исследований приносит успех всему инновационному проекту. Результаты этого сотрудничества перевешивают неуверенность, риск ошибки и большое количество недоделок, которые влечет за собой освоения новшества. Сотрудники организации должны быть вовлечены в долгий и сложный процесс создания инноваций, и каждый должен предвидеть финансовый риск, а также те последствия, которые повлечет за собой коммерческий успех инноваций в будущем.

Инновационный процесс обычно успешен в тех организациях, которые, вне зависимости от формы и структуры, демонстрируют определенные особенности и специальные приемы, которые способствуют успеху инновации. Поэтому, важно рассматривать инновацию не как абстрактное понятие, а как процесс, целиком вошедший в каждодневную работу современной высокотехнологичной компании.

#### **Библиографический список**

Завлин П.Н., Казанцев А.К., Миндели Л.Э. Инновационный менеджмент, Справочное пособие — Спб.: Наука, 2010.

Управление инновациями: HarvardBusinessPublishingCorp./Пер. с англ. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2008.

Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. — М.: Прогресс, 1982.

Прозоров Д.Е. Управление инновационными проектами. — М.: Доброе слово, 2011.

Захарова Л.Ф., Прозоров Д.Е., Секерин В.Д. Управление малой инновационной фирмой. — М.: Издательство МАИ, 2011.

Шашкова Т.А., Гусарова Ю.В., Лютер Е.В.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Метод оценки экономической активности промышленных предприятий города Москвы**

Экономическая активность является комплексной и динамичной характеристикой деятельности предприятий и эффективности использования ресурсов. Основываясь на обобщении различных точек зрения ученых-экономистов, можно дать уточненное и дополненное содержание понятия «экономическая активность». Итак, экономическая активность - это категория, отражающая комплексную оценку эффективного использования совокупности всех ресурсов предприятия, в том числе финансового и инновационного потенциалов, и позволяющая обеспечить увеличение конкурентоспособности за счет проведения мероприятий по стимулированию ресурсосбережения и реструктуризации неэффективных предприятий.

Учитывая специфику промышленных предприятий в условиях развития экономики, целесообразно рассматривать экономическую активность в следующих аспектах: производственном, финансовом, инновационном и инвестиционном. Можно сформировать схему взаимосвязи основных направлений экономической активности предприятий.

1737

1 10



Рис. 1. Понятие экономической активности.

Экономическая активность предприятия по своей сущности носит комплексный характер. Она затрагивает все сферы деятельности предприятия, вызывает изменения во всех ее областях, а также оказывают влияние на все ее составные части. В связи с этим, с целью совершенствования системы оценки экономической активности, ее необходимо рассматривать с точки зрения системного подхода к функционированию предприятия.

Таким образом, финансово-аналитическую модель мониторинга оценки экономической активности промышленных предприятий, можно рассматривать как многофункциональный контрольно-диагностический и информационно-аналитический инструмент, поскольку она позволяет:

- осуществлять комплексную оценку экономической активности промышленных предприятий;
- своевременно выявлять негативные тенденции в промышленном комплексе региона и предпринимать необходимые меры по стабилизации состояния хозяйствующих субъектов;
- формировать банк данных по предприятиям региона для предоставления различным категориям пользователей;
- получать агрегированные данные по предприятиям с определением уровня экономической активности и класса инвестиционной привлекательности.

После проведения анализа и выявления слабых сторон предприятия вводятся программы по повышению ресурсоэффективности действующих производств, мероприятия по созданию и развитию

высокотехнологичных производств, увеличению числа конкурентоспособных промышленных производств.

На наш взгляд, необходима некоторая модификация традиционной системы комплексного экономического анализа. Оценка экономической активности в данном случае должна состоять из этапов, представленных на рис. 2.

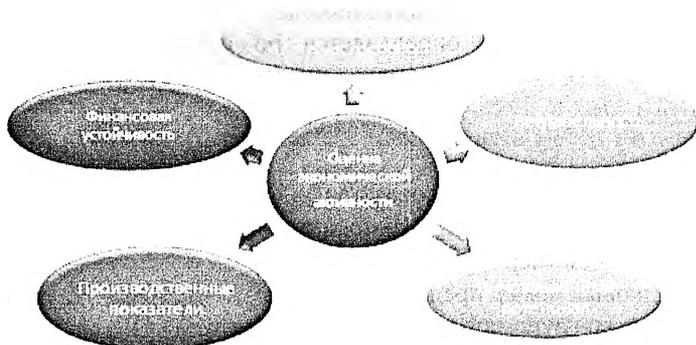


Рис. 2. Этапы оценки экономической активности.

### Этап 1. Расчет системы финансово-экономических показателей

Основной целью данного этапа оценки экономической активности предприятия является расчет показателей производственной, финансовой, инновационной и инвестиционной активности предприятия.

На рисунке 3 представлена предлагаемая система комплексного экономического анализа экономической активности, отличительной особенностью которой выступает охват всех сторон и этапов деятельности предприятия, интеграция количественных и качественных методов анализа, ориентация на выявление достижения основных целей деятельности предприятия, тесная связь с системой стратегического управления и принятия долгосрочных управленческих решений.



Далее данные показатели формируются в таблицу 1:

Таблица 1.

## Показатели финансовой активности

№	Наименование под- группы показателей	Составные элементы соответствующих подгрупп показателей		
		№	Наименование	Усл. обоз.
1	Показатели ликвидности и платежеспособности	1	Коэффициент текущей ликвидности	$K_{11}$
		2	Коэффициент абсолютной ликвидности	$K_{12}$
2	Показатели финансовой устойчивости	1	Коэффициент автономии	$K_{21}$
		2	Коэффициент обеспеченности собственными средствами	$K_{22}$
		3	Коэффициент оборачиваемости собственного капитала	$K_{23}$
		4	Коэффициент инвестиционной привлекательности	$K_{24}$
3	Показатели рентабельности	1	Рентабельность активов	$K_{31}$
		2	Рентабельность продаж	$K_{32}$
4	Показатели инновационного потенциала	1	Инвестиции в основной капитал	$K_{41}$
		2	Доля инновационных товаров и услуг	$K_{42}$
5	Показатели эффективности производственно-хозяйственной деятельности	1	Выработка труда	$K_{51}$
		2	Фондоотдача	$K_{52}$
		3	Обеспеченность оборотными активами	$K_{53}$

Данные рассчитываются по каждому предприятию отдельно.

## Этап 2. Рейтинговая (интегральная) оценка состояния предприятия

В данной части происходит расчет средних показателей в каждой группе. Необходимо рассчитать среднее значение для всех показателей в каждой группе, которое определяется по формуле (1), при этом, необходимо учесть количество анализируемых предприятий:

$$\overline{K_{ij}} = \frac{\sum_{m=1}^M K_{ijm}}{M}, \quad (1)$$

где:

$\overline{K_{ij}}$  - среднее значение j-го показателя в i-той группе;

$K_{ijm}$  - абсолютное значение j-го показателя в i-той группе;

i – порядковый номер группы показателей;

m – порядковый номер предприятия;

n – количество групп показателей (в нашем случае 4);

M – количество исследуемых предприятий.

Полученные данные, полученные на втором этапе, заносятся в таблицу.

### Этап 3. Стандартизация показателей.

В связи с различной размерностью исследуемых показателей, необходимо их стандартизировать, путем приведения к безразмерному виду.

$$S_{ij} = \frac{K_{ij}}{K_{ijm}} \quad (2)$$

где:

$S_{ij}$  – стандартизированный j-й показатель по i-той группе;

$K_{ij}$  – среднее значение j-го показателя в i-той группе;

$K_{ijm}$  – абсолютное значение j-го показателя в i-той группе;

Преимущество стандартизированного показателя состоит в том, что он является безразмерным и позволяет легко учитывать его в группе других показателей. Причем среднее отношение по любому обоснованному показателю для соответствующего показателя экономической активности предприятия будет характеризовать место данного предприятия в многомерном факторном пространстве.

### Этап 4. Замена абсолютных показателей на укрупненные

Для определения укрупненных показателей, необходимо произвести расчет суммы стандартизированных показателей в каждой группе по следующей формуле:

$$S_{Ymi} = \sum_{j=1}^i S_{ij} \quad (3)$$

Данные, полученные в ходе расчета укрупненных стандартизированных показателей экономической активности предприятия по каждой группе, заносятся в таблицу.

### Этап 5. Определение стандартизированного комплексного показателя экономической активности

С целью определения итогового стандартизированного результативного комплексного показателя – коэффициента экономической активности предприятия, необходимо выявить закономерности их формирования под влиянием отдельных факторов показателей.

При различном поведении показателей, важное значение имеет количественное их измерение на основе рейтинговой оценки. На основе группировки показателей, предлагаем использовать метод рейтинговой оценки.

Поскольку, в данном случае, мы определяем экономическую активность предприятия, целевыми критериями для промышленных производств являются:

- высокая рентабельность;
- высокая производительность;

• инновационность.

Поэтому самый большой коэффициент важности – 0,3 у показателей рентабельности. Коэффициент важности группы инновационных и производственных показателей равен 0,2, а группы показателей ликвидности и финансовой устойчивости имеют коэффициент важности равный 0,15.

Теперь необходимо рассчитать интегральное значение предприятия с использованием коэффициента важности ( $K_{важн}$ ) под влиянием рассматриваемых показателей в баллах, то есть, комплексный интегральный резульативный показатель экономической активности предприятия, который выглядит следующим образом:

$$S_{инт\ m} = \sum_{i=1}^n K_{важн} S Y m_i, \quad (4)$$

где

$S_{инт\ m}$  – комплексный интегральный резульативный факторный показатель экономической активности по предприятию  $m$ .

Используя указанный показатель, можно определить рейтинг эффективности экономической активности предприятия в анализируемой группе предприятий, а также дать предложения по стимулированию экономической активности предприятия.

Для более ясной оценки необходимо также посчитать отклонение от среднего значения итогового коэффициента экономической активности путем деления значения коэффициента по каждому предприятию на среднее значение по рассматриваемой группе:

$$S_{отн} = \frac{S_{инт\ m}}{\overline{S_{инт\ m}}} . \quad (5)$$

Отклонения и размах вариации в различных рассматриваемых группах будут разные и, исходя из полученных результатов можно, используя математические методы, задавать разные параметры. В данной выпускной работе будут использованы следующие параметры оценки предприятий:

- Уровень экономической активности высокий, если  $\frac{S_{инт\ m}}{\overline{S_{инт\ m}}} > 2,50$
- Уровень экономической активности средний, если  $1,75 \geq$

$$\frac{S_{инт\ m}}{\overline{S_{инт\ m}}} \geq 2,50$$

- Уровень экономической активности низкий, если  $\frac{S_{инт\ m}}{\overline{S_{инт\ m}}} < 1,75$

Соответственно, если предприятие имеет высокий уровень экономической активности, оно может претендовать на поддержку со стороны государства для увеличения конкурентоспособности экономики города.

Предприятиям со средним уровнем экономической активности рекомендуется проанализировать свою внутреннюю структуру, конкурентоспособность продукции и в соответствии с данной оценкой

делать вывод о целесообразности проведения программ по стимулированию экономической активности.

Предприятиям с низким уровнем экономической активности рекомендуется также провести анализ и найти пути для решения проблем.

Следовательно, для качественной интерпретации значений рассчитанных обобщающих показателей, полученных с применением методов комплексной оценки экономической активности предприятия, предложенная методика позволяет, прежде всего, проанализировать экономическую активность предприятия и дать рекомендации по ее стимулированию и реструктуризации. Определение на этой основе интегрального показателя экономической деятельности обосновывает правильность выбранного направления развития предприятия с позиций его состояния и сложившейся системы управления.

#### **Библиографический список**

Панагушин В.П., Лютер Е.В., Чайка Н.К., Михайловская Н.М. и др. «Экономика предприятия». 2009г. Ивако Аналитик

Лютер Е.В., Лапенков В.И. «Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия». 2009 г. Ивако Аналитик

Государственная программа города Москвы «Стимулирование экономической активности на 2012-2016гг.».

Подпрограмма «Реструктуризация и стимулирование развития промышленности в городе Москве с 2012-2016 гг.» государственной программы города Москвы «Стимулирование экономической активности на 2012-2016гг.».

Сайт ГОСКОМСТАТА - [www.gks.ru](http://www.gks.ru)

Сайт Правительства Москвы- [www.mos.ru](http://www.mos.ru)

Сайт Департамента предпринимательства, науки и промышленной политики г. Москвы – [www.dnpp.ru](http://www.dnpp.ru)

Юлдашев А.А., Дайнов М.И.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

#### **Внедрение метода качественно-количественного регулирования теплоснабжения авиапредприятий как способ повышения социально-эколого-экономического эффекта**

В соответствии с пунктом 6.4 «Производственная среда» международного стандарта ИСО 9001-2008 «...организация должна создавать производственную среду, необходимую для достижения соответствия требованиям к продукции и управлять ею». Среди физических факторов производственной среды, влияющих на качество

продукции авиапредприятий, выделим температуру воздуха на рабочем месте, как показатель микроклимата, актуальный практически для всех видов производства. При использовании системы централизованного отопления (СЦО) стабильность температуры будет обеспечена при выполнении равенства (1):

$$Q_{\text{п}} + Q_{\text{отопл}} = Q_{\text{отр}}, \quad [\text{ккал/час}] \quad (1)$$

где:  $Q_{\text{п}}$  – количество теплоты, выделяющейся в производственном процессе.

Источником теплоты является технологическое оборудование, производственный персонал и др.;

$Q_{\text{отопл}}$  – поступление тепла от СЦО;

$Q_{\text{отр}}$  – потери тепла через ограждающие конструкции.

Принцип создания  $Q_{\text{отопл}}$  представлен на рисунке 1.

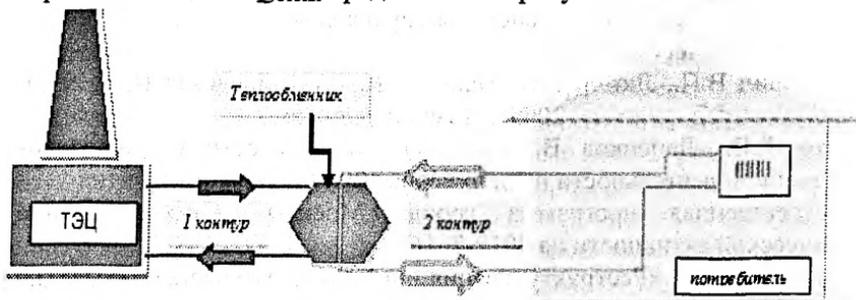


Рис. 1. Принципиальная схема централизованного теплоснабжения.

На теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) сжигается топливо, как правило, газ метан, реже мазут, уголь, подогревая технологическую воду до состояния пара с требуемыми параметрами. Вследствие сжигания происходит загрязнение окружающей среды вредными веществами  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , механическими частицами и др. Следствием такого загрязнения является повышение концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, загрязнение воды, почвы, что отрицательно сказывается на здоровье производственного персонала, населения прилегающих территорий, ухудшает социально-экономические показатели авиапредприятий. Кроме того, используемые виды топлива являются невозобновляемым природным ресурсом.

Полученный пар с температурой 540-565 °С при давлении 8-13 атмосфер направляется в паровую турбину, где тепловая энергия пара превращается в механическую энергию вращения ротора электрогенератора. На валу турбины установлен генератор переменного тока, преобразующий механическую энергию вращения турбины в электрическую энергию. Турбина ТЭЦ показана на рис. 2.

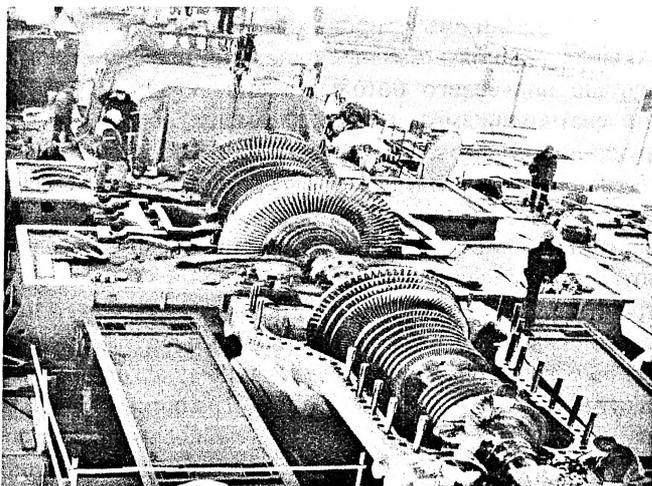


Рис. 2. Паровая турбина ТЭЦ

Турбина нуждается в непрерывном охлаждении. Температура охлаждающей жидкости, непосредственно циркулирующей у турбины, значительно выше 100 °С. Полученная от турбины тепловая энергия через теплообменник (на рис. 1 не показан) передается в тепловую сеть (1 контур), именуясь в дальнейшем «первичный теплоноситель». В тепловых пунктах происходит отбор тепла от первичного теплоносителя в контур 2 для нужд СЦО и приготовления горячей воды.

В большинстве производственных зданий авиапредприятий управление величиной  $Q_{\text{отопл}}$  осуществляется методом качественного регулирования – по установленному графику изменяется температура воды, подаваемой в СЦО, в зависимости от температуры наружного воздуха. Производительность такой системы определяет разность ( $\Delta t$ ) между температурой воды, подаваемой в систему ( $T_{\text{пр}}$ ) и возвращающейся из нее ( $T_{\text{обр}}$ ). Таким образом,  $Q_{\text{отопл}} = c \cdot m \cdot \Delta t$ .

Недостаток данного метода – отсутствие возможности учесть поступление  $Q_{\text{пр}}$  в каждое конкретное помещение, вследствие чего температура воздуха зачастую повышается сверх установленных величин. В этом случае для поддержания температуры на требуемом уровне применяются методы, не являющиеся энергоэффективными – открытие окон, использование вентиляции и др. Последний несет в себе увеличение финансовых затрат, в т.ч.:

- расходы на излишне потребленную тепловую энергию;
- оплата электрической энергии, потребленной двигателями вентиляторов.

Современный дизайн в производственных помещениях и административных зданиях авиапредприятий предусматривает, как правило, наличие подвесного потолка в виде квадратных панелей с встроенными светильниками, а также замену оконных блоков на звукоизолирующие и энергосберегающие стеклопакеты, что ещё больше актуализирует рассматриваемую проблему ввиду снижения потерь  $Q_{огр}$ .

К настоящему времени разработан ряд технологий, направленных на снижение потребления всех видов ресурсов, с общим названием «умный дом». Оптимизации поступления тепла  $Q_{отпл}$  способствует применение датчиков температуры воздуха в помещениях и вычислительное устройство, которое по заданному алгоритму управляет исполнительным механизмом. Последний ограничивает массу воды, поступающей в отопительный прибор, путем перераспределения или запирания потока – метод качественно-количественного регулирования [1]. В данном случае  $Q_{отпл} = c \cdot \Delta t \cdot \Delta t$ . Таким образом система отопления становится лишь вспомогательным теплопроизводящим устройством, призванным компенсировать недостаток  $Q_{пп}$ .

Иллюстрация метода качественно-количественного регулирования приведена на рис. 3 на примере двух отопительных приборов, последовательно подключенных к СЦО.

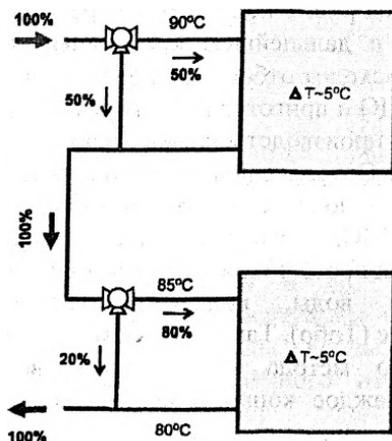


Рис. 3. Метод качественно-количественного регулирования.

Модернизация системы отопления авиапредприятий требует финансовых затрат и сопряжена с трудностями организационного характера, однако эффект от внедрения метода качественно-количественного регулирования не ограничен только обеспечением безопасных условий труда (социальный эффект) и исключением обозначенных выше расходов (экономический эффект). С расширением

масштаба мероприятий по внедрению указанного метода можно достичь снижения нагрузки на энергосистемы, в частности на теплоэлектроцентрали, вырабатывающие тепловую энергию, что позволит снизить затраты невозобновляемых природных ресурсов (газ, реже мазут, уголь), улучшить экологическую ситуацию (экологический эффект). Также возможно развитие экономики государства в соответствии с механизмами, заложенными в Киотском протоколе. Полученные выводы наглядно обобщены в таблице 1.

Таблица 1

Связь социально-эколого-экономического эффекта от применения метода качественно-количественного регулирования с масштабом его внедрения.

Масштаб мероприятия	Социально-эколого-экономический эффект
Одно помещение	Социальный – улучшение условий труда и конкретное помещение
Здания (объектовый уровень)	Экономический для предприятия – сокращаются расходы на оплату коммунальных услуг
Районный	Снижение нагрузки на ТЭЦ, возможность подключить к ТЭЦ большее количество потребителей без владения и эксплуатации дополнительных мощностей
Региональный	Улучшение экологической ситуации в регионе
Федеральный	Снижение затрат невозобновляемых природных ресурсов
Международный	Развитие экономики страны – торговля квотами в рамках Киотского протокола

Широкомасштабное внедрение указанного метода позволит получить значительный социально-эколого-экономический эффект как на отдельном авиапредприятии, так и в масштабах всей отрасли.

Результаты исследования были доложены на Седьмом Международном Аэрокосмическом Конгрессе IAC'12, посвященном 55-летию со дня запуска первого искусственного спутника Земли. [2].

#### Библиографический список

Межгосударственные строительные нормы МСН 4.02-02-2004. Тепловые сети.

Юлдашев А.А. От безопасных условий труда к улучшению качества жизни. Седьмой Международный Аэрокосмический Конгресс. Тезисы докладов. – М.: Изд.

Хоружевский А.И. – 486 с., ил.

**Применение критериев эффективности инновационной деятельности для оценки коммерческого использования научных экспериментов на российском сегменте международной космической станции**

Одной из основных целей при создании международной космической станции явилось выполнение научно-прикладных исследований и экспериментов (НПИиЭ) на борту станции.

Предлагаемая работа посвящается вопросам практического использования результатов НПИиЭ с применением принципов и показателей эффективности инновационных проектов.

В обеспечение эффективного использования РС МКС в 1999г. на основе конкурсного отбора была сформирована и утверждена «Долгосрочная программа НПИиЭ, планируемых на РС МКС» (ДП НПИиЭ), а в 2008г. была принята новая обновленная версия ДП НПИиЭ [1], которая в настоящее время включает более 150 научных исследований по 10 тематическим направлениям и является основой для разработки программ НПИиЭ для отдельных экспедиций МКС (см. таблицу 1).

Таблица 1

Распределение космических экспериментов ДП НПИиЭ для реализации на РС МКС по направлениям научно – технических исследований в 2008г.

№ п/п	Направления НПИиЭ	Количество экспериментов
1	Физико – химические процессы и материалы в условиях космоса	13
2	Геофизика и околоземное космическое пространство	13
3	Медико – биологические исследования	30
4	Дистанционное зондирование Земли	9
5	Исследование Солнечной системы	4
6	Космическая биотехнология	38
7	Технические исследования и эксперименты	33
8	Астрофизика и фундаментальные физические проблемы	4

9	Исследование физических условий в космическом пространстве на орбите МКС	6
10	Образование и популяризация космических исследований	6
Всего		156

Как можно убедиться из таблицы, медико-биологические исследования (МБИ) являются одним из направлений, отработанных на МКС и перспективных в плане коммерциализации, поэтому оно было выбрано в качестве объекта оценки в настоящей работе. Потенциальными областями практического использования результатов МБИ являются:

- обеспечение безопасности длительных космических полетов;
- расширение и углубление знаний о здоровом человеческом организме и его реакциях на экстремальные воздействия окружающей среды;
- внедрение новых методов и аппаратуры в практическую медицину;
- внедрение космических технологий в медицинскую практику;
- использование уникальных условий космической среды как модели для отработки методов и средств лечения и профилактики различных нарушений и патологий в организме человека, вызванных неблагоприятными условиями на Земле.

Кроме этого, по направлению МБИ Россией накоплен достаточный опыт в проведении экспериментов на борту станции, о чем говорит тот факт, что наибольшее число завершенных экспериментов (50 % от общего числа завершенных экспериментов) относится именно к данному направлению. Исходя из этих соображений, в качестве объектов применения принципов и показателей эффективности инновационной деятельности выбраны научные эксперименты направления МБИ на РС МКС.

Исходя из вышеизложенных перспектив практического использования результатов МБИ, проводимых на РС МКС, их (результаты) можно отнести к инновациям в соответствии со следующим определением. Инновация- нововведение, комплексный процесс создания, распространения и использования новшеств (нового практического средства) для удовлетворения человеческих потребностей, меняющихся под воздействием развития общества.

Жизненный цикл инновационного продукта состоит из следующих стадий: разработка продукта, выведение на рынок, развитие рынка (рост), стабилизация рынка (зрелость), падение рынка (упадок).

Применительно к практическому использованию результатов научных экспериментов по МБИ на РС МКС можно предположить, что

наиболее продолжительной и затратной может оказаться стадия разработки нового продукта.

Если инновационный проект требует привлечения инвестиций, то он является инвестиционным. Следовательно, для оценки эффективности инновационного проекта можно использовать показатели эффективности инвестиционного проекта с учетом особенностей инновационной деятельности.

Все показатели эффективности строятся на соотношении эффекта и затрат, т. е., для их расчета необходимо рассчитать прогнозные значения эффектов и затрат по инновационному проекту практического использования результатов МБИ на РС МКС.

Составляющими экономического эффекта являются:

- доход, получаемый за счет выпуска продукции, выполнения работ, оказания услуг;
- сокращение затрат на выполнение тех или иных операций, выпуск изделий или оказание услуг традиционными методами;
- стоимость предотвращенного ущерба благодаря использованию полученных результатов деятельности.

Применительно к МБИ, выполняемым на РС МКС, примером такой составляющей экономического эффекта как доход может быть выручка, получаемая от продажи аппаратуры для диагностики нарушений сердечной деятельности, созданной на базе научной аппаратуры (НА), применяемой в экспериментах на борту станции. Примером составляющей «сокращение затрат» – получение биопродукции в условиях космоса; примером составляющей «стоимость предотвращенного ущерба» – предотвращение ущерба благодаря снижению риска микробиологических повреждений космической техники и т.д. Составляющие экономического эффекта наглядно показаны на схеме (см. рисунок 1).



Рис.1. Составляющие экономического эффекта от прикладного использования результатов НПИИЭ, проводимых на РС МКС.

В данном случае проявляется и социальный эффект, получаемый благодаря проведению на борту МКС большого числа экспериментов по различным областям фундаментальной науки, накоплению фундаментальных знаний. Социальный эффект проявляется и в совершенствовании системы медицинского контроля, диагностики и профилактики.

В настоящей работе методика оценки экономического эффекта от использования ресурсов РС МКС по МБИ построена на основе совокупной стоимости проведения и сопровождения НЭ на борту РС МКС и коэффициента рентабельности.

Коэффициент рентабельности отдельного эксперимента отражает возможности прикладного использования результатов НЭ и его коммерческую привлекательность. Присваивается каждому эксперименту анализируемого направления по результатам анализа перспектив прикладного использования эксперимента и возможностей коммерциализации. Также в анализе задействованы данные ЕКА по внедрению результатов НПИ в наземное производство. А именно, данные по объему продаж на рынке некоторых приборов и оборудования, которые первоначально разрабатывались европейскими

специалистами для реализации космических проектов, и прогноз дальнейшего увеличения объема продаж такого оборудования.

В данной работе при проведении расчетов значения показателя «рентабельность» были приняты в диапазоне от 5 до 15% и разделены условно на три уровня:

- низкая рентабельность – 5-7% – НЭ не имеют явной коммерческой направленности, а носят фундаментальный характер;
- средняя рентабельность – 8-11% – НЭ имеют перспективы прикладного использования, но реализация на коммерческой основе на данном этапе представляется сложно осуществимой;
- высокая рентабельность – 12-15% – НЭ имеют широкие области прикладного использования и перспективны в плане коммерциализации.

Методика оценки совокупной стоимости проведения НЭ на борту РС МКС позволяет произвести оценку затрат на проведение НПИ и Э на борту РС МКС, в зависимости от использованных ресурсов, а также оценку операционных расходов ЦУПа в г. Королев (ЦУП-М), Главной оперативной группы управления РКК «Энергия» (ГОГУ) и Наземного комплекса управления (НКУ) на управление и сопровождение НПИиЭ на борту орбитальной станции.

В методике используется единая «тарифная сетка» ресурсов станции вне зависимости от того, куда они направляются.

Тарифы ресурсов станции, используемые в работе, определены для этапа функционирования РС МКС, в составе следующих модулей.

Служебный модуль (СМ), Стыковочный отсек-1(СО-1), малый исследовательский модуль-2 (МИМ-2), малый исследовательский модуль-1 (МИМ-1), пилотируемый транспортный корабль «Союз-ТМА», грузовой транспортный корабль «Прогресс-М, М1».

В качестве основных услуг (ресурсов) РС МКС в работе рассмотрены:

- доставка на станцию полезного груза (научного оборудования и расходных материалов);
- обеспечение внешних условий полета;
- обеспечение условиями внутренней среды;
- внутрикорабельная деятельность экипажа;
- внекорабельная деятельность экипажа («выходы»);
- обеспечение электроэнергией;
- информационное обеспечение на борту станции и передача данных по каналу «борт-Земля»;
- передача управляющих данных по линии «Земля-борт»;
- обработка и хранение целевой информации, поступающей с борта станции;
- возвращение на Землю оборудования и результатов экспериментов;

- доставка и возвращение экипажа;
- стыковка;
- дополнительные динамические операции на станции (коррекция орбиты);
- ориентация станции;
- утилизация ненужного оборудования, отходов и др.

Стоимость ресурса станции включает в себя затраты, связанные с изготовлением, доставкой и эксплуатацией оборудования, которое обеспечивает получение данного ресурса. Методика не учитывает затраты на разработку служебной и целевой аппаратуры, поддержание производства и капитальное строительство.

Совокупные затраты на проведение НЭ будут включать в себя сумму затрат на проведение эксперимента на борту орбитальной станции и затрат ЦУП-М по управлению и сопровождению НЭ.

Схема формирования совокупных затрат представлена на рис. 2. Приведенная структура отражает компоненты совокупной стоимости НЭ, выполняемых в рамках ДП РС МКС.

Совокупная стоимость оценивается отдельно для бюджетных экспериментов и экспериментов, выполняемых по контракту с коммерческими заказчиками.

Таким образом, при определении величины затрат на НЭ, как для федерального заказчика, так и для коммерческого заказчика, определяющей является совокупная стоимость услуг (ресурсов), необходимых для осуществления конкретного эксперимента на борту РС МКС.

Операционные расходы, необходимые для управления и сопровождения научных экспериментов, определяются в долях от их стоимости по видам работ.

Расчет совокупной стоимости и эффектов программы НПИ и Э выполнен для научных экспедиций МКС-23, МКС-24 по приведенной в работе методике.

Диаграмма распределения совокупной стоимости по экспериментам показана на рисунке 3.

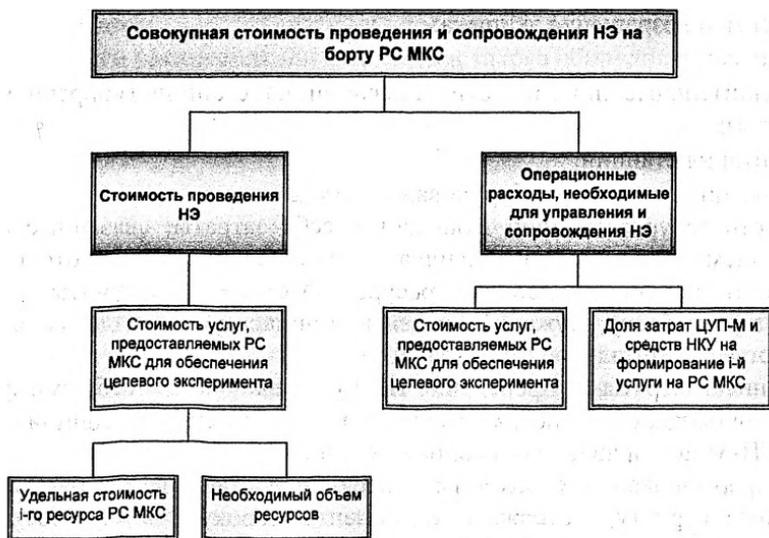


Рис. 2. Структура совокупных затрат на проведение и сопровождение НЭ.



Рис. 3. Распределение совокупной стоимости по экспериментам.

Результаты расчетов рентабельности, доходов и эффектов представлены в таблице 2.

Совокупная стоимость выполнения и сопровождения НЭ определяется количеством и стоимостью затрачиваемых ресурсов, о чем свидетельствует диаграмма (рис 3), построенная по данным таблицы 2.

Изложенные в работе методические положения оценки совокупной стоимости, эффектов и эффективности НЭ по направлению МБИ, а также расчеты этих величин для 23 и 24 научных экспедиций 2010г. на МКС могут быть использованы для формирования инновационных

проектов, реализующих наиболее практически значимые результаты экспериментов.

Таблица 2

Расчет рентабельности, доходов и эффектов.

Название эксперимента	Совокупная стоимость эксперимента	Рентабельность	Доход	Эффект
Сонокард	90044,98	15%	103551,7	13506,75
Пилот	354040,22	11%	392984,6	38944,42
Взаимодействие	34897,62	11%	38736,36	3838,74
Дыхание	20810,71	11%	23099,89	2289,18
Типология	50866,76	8%	54936,1	4069,34
Пневмокард	54380,61	15%	62537,7	8157,09
Полиген	5853,64	7%	6263,393	409,75

В качестве первого шага оценки инновационной перспективы можно проранжировать научные эксперименты в рамках направления МБИ по величине норматива рентабельности -  $R_n$ , закладываемого в оценку будущего инновационного продукта (табл. 2).

Наибольшую инновационную перспективу имеют научные эксперименты с нормативом рентабельности 15% - Сонокард и Пневмокард.

Эта оценка носит предварительный характер, и может существенно измениться, если будет дополнена расчетом затрат на разработку инновационного продукта и затрат по выводу этого продукта на рынок.

Кроме того, приведенные методические материалы и расчеты по ним позволяют в первом приближении сформировать денежные потоки (притоки и оттоки) по результатам эксперимен

тов, имеющим наибольшую инновационную перспективу. Причем, наибольшую неопределенность имеют расчеты доходной части инновационного проекта (денежных притоков), так как их оценка должна предвостаться комплексом маркетинговых исследований, включающим оценку конкурентоспособности инновационного продукта по сравнению с аналогами, производимыми с использованием традиционных технологий.

#### Библиографический список

1. Долгосрочная программа научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на российском сегменте МКС. Версия 2008г. ([url:http://knts.tsniimash.ru/src/files/dp.pdf](http://knts.tsniimash.ru/src/files/dp.pdf)), дата обращения 05.05.2011.

2. Белокрылова О.С. Теория инновационной экономики. - Ростов-на-Дону: «Феникс», 2009, 376с.

3. Горфинкель В.Я. Экономика инновации. - М.: Вузовский учебник, 2009, 416с.

## **Проблемы развития компетенций по организационным коммуникациям для корпоративных структур авиастроительной отрасли**

Структура отечественной авиастроительной отрасли начала формироваться в советскую эпоху, когда авиационная промышленность являлась одной из стратегически значимых оборонных отраслей, а ее развитие было одной из приоритетных государственных задач. Еще в 1991 г. СССР держал 40% мирового рынка гражданских самолетов, а боевые самолеты МИГ и вертолеты МИ являлись лидерами по эксплуатации в мире.

Коммерциализация отрасли в послеперестроечный период изменила принципы взаимодействия на межотраслевом уровне и между предприятиями промышленности. В январе 1992 г. было расформировано Министерство авиационной промышленности (МАП) СССР и создан авиационный департамент Министерства промышленности России. Затем, вплоть до создания Объединенной авиастроительной корпорации структурные перестройки отрасли не предполагали ее обособленности в виде отдельного значимого для экономики РФ сектора. В феврале 2006 г. Президент России Владимир Путин подписал указ о создании ОАО «Объединенная авиастроительная корпорация» (ОАО «ОАК»), в состав которой вошли все основные разработчики и производители авиационной отрасли (без вертолетостроения). К началу 2010 г. в составе ОАК было собрано около 80% всех авиационных активов России и компания де-факто превратилась в новое министерство авиационной промышленности, функционирующее в рамках бизнес-модели крупной корпорации. В состав ОАК вошли крупнейшие производители авиационной техники, в числе которых:

- ОАО «Воронежское акционерное самолётостроительное общество»;
- ОАО «Финансовая лизинговая компания»;
- ОАО «Казанское авиационное производственное объединение им. С.П. Горбунова»;
- ОАО «Новосибирское авиационное производственное объединение им. В.П. Чкалова»
- ОАО «Комсомольское-на-Амуре авиационное производственное объединение им. Ю.А. Гагарина»;
- ОАО «Авиационная холдинговая компания «Сухой»;

- ОАО «ОКБ «Сухой»;
- ОАО «Ильюшин Финанс Ко»;
- ОАО «ОАК – Транспортные самолёты»;
- ОАО «ОАК – Центр комплексирования»;
- ОАО «Научно-производственная корпорация «Иркут»;
- ОАО «Российская самолетостроительная корпорация «МиГ».

Развитие понятия корпоративной структуры в законодательной базе РФ поспевает за практикой его применения в российском менеджменте, ориентированном на зарубежные стандарты управления. Так, например, в состав одной корпоративной структуры ОАО «ОАК» вошли другие корпоративные структуры – Российская самолетостроительная корпорация «МиГ» (ОАО «РСК «МиГ»), ОАО «Научно-производственная корпорация «Иркут».

**ОАО «РСК «МиГ»** – крупнейшая российская промышленная корпорация по разработке, производству, логистической поддержке авиационной техники. Она стала первым отечественным производителем авиационной техники, объединившим в рамках единой юридической структуры профильные организации, обеспечивающие все элементы жизненного цикла производимых летательных аппаратов – от разработки концепции, эскизного и рабочего проектирования, постройки опытных образцов и их испытаний до маркетинга, серийного производства и технической поддержки в процессе эксплуатации, а также обучения летного и инженерно-технического персонала заказчика. Продуктовый ряд Корпорации включает современные истребители-перехватчики, многофункциональные боевые самолеты, в т. ч. вновь разработанные истребители унифицированного семейства МиГ-29К/КУБ, МиГ-29М/М2 и новейший МиГ-35. Корпорация обладает современной проектно-конструкторской и опытно-экспериментальной базой, хорошо оснащенными производственными мощностями, эффективными финансовыми и маркетинговыми структурами, а также развитой глобальной системой технической поддержки своей продукции. Эффективные маркетинговые соглашения и многолетние связи с крупнейшим российским экспортером вооружений – государственной компанией «Рособоронэкспорт» позволяют Корпорации эффективно работать практически на любых рынках по всему миру [1].

Внутренняя структура РСК представлена Инженерным центром (территориальная локализация – в Москве), Производственным центром (Москва, Луховицы, Калязин), летно-испытательным центром (Москва). Кроме того, ряд зависимых предприятий в Москве, Санкт-Петербурге и Ростове-на-Дону, представляют собой вместе со структурными подразделениями РСК и другими социальными группами влияния

взаимосвязанный комплекс, нуждающийся в построении организационных коммуникаций нового типа, соответствующих сегодняшней политике модернизации авиационного комплекса. Программа развития авиационной отрасли привлекла внимание к системному рассмотрению проблематики организационных коммуникаций внутри и вне корпоративного образования.

К числу групп взаимодействия во внутренней среде в данном исследовании отнесены различные категории персонала внутренних и самостоятельных подразделений РСК различных территориальных площадок, к числу групп взаимодействия во внешней среде – федеральные, региональные, муниципальные, общественные и образовательные структуры. Обоснованием выделения приоритетных направлений организационных коммуникаций является то, что качество и уровень развития научно-технического и кадрового потенциала авиастроения, наиболее значимых факторов успеха в конкурентном глобальном рынке авиастроения, обеспечивает образование и наука. Таким образом, первоочередными коммуникационными связями на ближайшую перспективу могут быть определены следующие группы взаимодействия:

1. ВУЗ – корпорация;
2. ВУЗ – предприятие;
3. ВУЗ – государство;
4. государство – корпорация;
5. предприятия – корпорация;
6. корпорация – корпорация;
7. внутрикорпоративные связи.

Схема взаимодействия, выделенных групп, представлена на рисунке 1.



Рис.1. Группы взаимодействия: а – инициатором коммуникационного взаимодействия выступает государство; б – инициатор – ВУЗ; в – инициатор – корпорация.

К основным целевым группам в системе организационных коммуникаций отнесены:

**Персонал предприятия** – часть целевой группы предприятия, без развития и поддержания отношений с которой не будет существовать корпорация вовсе. Персонал позволяет продвигать и поддерживать корпоративную культуру предприятия, не говоря уже о поддержании работоспособности данного предприятия.

**Взаимодействие предприятия с профильными ВУЗами страны.** Данный способ коммуникаций позволяет предприятию в довольно короткий срок получить персонал, с теми профессиональными навыками (организационными компетенциями), которые необходимы тому или иному предприятию отрасли, способный обеспечить работоспособность предприятия на том же и более высоком уровне.

**Взаимодействие с другими предприятиями отрасли** позволит предприятию реализовать проекты быстрее и с наименьшими финансовыми вложениями, нежели данный проект реализовывался бы единолично.

**Взаимодействие с госорганами.** Государственная поддержка корпораций оборонного комплекса играет определяющую роль в его производственной деятельности при финансировании проектов. Конкурентоспособная авиационная промышленность нуждается в государственной поддержке – в т.ч. финансовой – высокие риски реализации авиастроительных проектов, их долгосрочный характер – большая длительность жизненного цикла изделий (в т.ч. предпроизводственных стадий) – делает авиастроительные проекты малопривлекательными для частного капитала. Это обуславливает необходимость государственной поддержки развития отрасли (в форме

гарантирования получения кредитов или прямого государственного финансирования создания новой авиатехники и освоения ее производства).

В настоящее время перед авиастроительной отраслью РФ, в целом, и предприятиями отрасли, стоит задача перехода на инновационный путь развития. Переход отрасли авиастроения на инновационный путь развития включает достаточно большой спектр задач различного направления требующих решения, одним из основных направлений является реорганизация структур управления и организационных коммуникаций в целом.

На данный период времени основные проблемы перестройки системы организационных коммуникаций в авиационной промышленности России представлены:

Отсутствием адекватной современным требованиям системы управления и эффективных экономических инструментов, способных обеспечить инвестиционную привлекательность и стабильное функционирование отрасли.

Ориентацией в построении системы организационных связей на зарубежные стандарты без учета разработок отечественной теории и практики ее применения на предприятиях авиастроительной отрасли.

Несоответствием уровня развития организационных компетенций действующего и потенциального персонала отечественных авиастроительных предприятий требованиям модернизации отрасли.

Целям реализации перестройки системы организационных коммуникаций в отрасли авиастроения служит методология **коммуникационного менеджмента**, которая объединяет в себе управление всем комплексом корпоративных коммуникаций, включая: связи с общественностью – PR; внутрифирменные отношения; связи с правительством – GR (Government Relations), управление взаимоотношениями с клиентами – CRM (Customers Relationship Management), маркетинговые, финансовые, экологические коммуникации, а также взаимодействие с окружающим сообществом в месте дислокации компании или ее производства [2].

**Организационные коммуникации** как один из основных элементов коммуникационного менеджмента представляют собой процесс, с помощью которого руководители развивают систему предоставления информации большому числу людей и отдельным индивидуумам внутри организации, а также институтам за ее пределами. Они служат необходимым инструментом в координации деятельности подразделений организации и позволяют получать необходимую информацию на всех уровнях управления.

На предприятии организационные коммуникации могут быть разделены на **внутренние** (источник и получатель находятся внутри организации) и **внешние**. Эффективные внутренние, так же как и внешние коммуникации должны быть важнейшим элементом организационной культуры. Организационная культура – область достаточно новая и неосвоенная в должной мере авиастроителями, однако работа по созданию кодексов корпоративной этики одна из новых зон функциональной ответственности в ОАО «ОАК» и ОАО «РСК «МиГ». **Основная задача внутренних коммуникативных систем** – обеспечить эффективную циркуляцию значимой и необходимой информации внутри организации и, главное, доводить эту информацию до заинтересованных в этом сотрудников. В число внутренних коммуникативных систем входят:

- внутренние коммуникационные практики (бюллетени, внутренние СМИ, рабочие указания, отчеты, деловые совещания и дискуссии);
- системы управления знаниями;
- системы внедрения инноваций;
- системы и традиции внутреннего обучения;
- управление конфликтами.

**Внешние организационные** (внешнеорганизационные) коммуникации, в отличие от внутренних, направлены на обеспечение информационного взаимодействия организации с внешней средой (органами госрегулирования, поставщиками, потребителями, СМИ и др.). Система внешних коммуникаций отражает целостность управляемой системы и одновременно ее открытость, приоритетность действий работников организации, стиль управления, ситуации взаимодействия фирмы с другими объектами.

Таким образом, персонал предприятий авиастроительной отрасли должен наряду с базовыми инженерными знаниями и навыками (такими как: технологический процесс изготовления и сборки узлов и агрегатов ЛА, виды фрезерной обработки стрингеров, поясов лонжеронов и балок, типы штамповки, виды обработки корпусных деталей, способов упрочнения агрегатов ЛА, методы пластического деформирования (пневмодинамический, ударно-барабанный, гидробеструйный) должен обладать и управленческими компетенциями, включающие компетенции по организационным коммуникациям. Реализация развития данных организационных компетенций у персонала авиастроительных предприятий должна: в полной мере соответствовать требованиям современной системы управления, переориентировать систему управления на построение организационных связей на зарубежные стандарты с учетом специфики отечественного производства, а также привести в соответствие уровень развития

организационных компетенций потенциального и действующего персонала.

Одним из наиболее актуальных средств в период модернизации отрасли авиастроения выступает информационное обеспечение организационных изменений. Актуальность данного средства обусловлена тем, что успех проведения организационных изменений в первую очередь зависит от того насколько сотрудники организации осведомлены об этих изменениях и понимают, на что они направлены. Непонимание смысла изменений неизбежно вызывает сопротивление со стороны сотрудников, поэтому организационные изменения нуждаются в регулярном и полном информационном сопровождении, которое дает возможность каждому сотруднику понять смысл изменений как в масштабах всей организации, так и в его подразделении. Для успешной реализации информационного обеспечения организационных изменений трансляция ключевых посланий должна быть синхронизирована по всем видам и субъектам коммуникаций.

Число субъектов организационных коммуникаций формируется по группам действующего и потенциального персонала в соответствии с должным, функциональным и личностно-деловым статусом формирования требуемых компетенций у потенциального персонала предприятий авиастроительных отраслей, реализуется в профильных учебных заведениях. Первым в мире профильным для авиастроения вузов стоит МАИ – имеющий с 2009 г. статус национального исследовательского университета.

В рамках совершенствования учебного процесса, создания эффективной системы экономического и управленческого образования и обеспечения профессиональной подготовки высококвалифицированного персонала для предприятий авиационной отрасли и организации и развития коммуникационного взаимодействия, на кафедре 501 «Производственный менеджмент и маркетинг» ИНЖЭКИН МАИ (НИУ) уже более двух лет реализован и активно развивается компетентностный подход в обучении студентов специализации «Организация предпринимательской деятельности» в курсах «Управление персоналом» и «Организационное проектирование и развитие» (четвертый и пятый курсы очной формы обучения). Основные цели и задачи нового формата обучения: сокращение срока адаптации(профессиональной, организационной и социально-психологической); развитие у выпускников организационных и личностных компетенций; апробация различных инноваций в обучении; сокращение сроков адаптации молодых специалистов на предприятии; формирование ценных практических навыков, востребованных на сегодняшний день на предприятиях профильных отраслей.

Отличия нового формата обучения от традиционного: **новый формат чтения лекций** – лекции носят не тематический, а проблемный характер; увеличение доли **активных форм** – деловая игра, ситуационные семинары, совместная работа над реальным проектом, способствуют развитию организационных компетенций у студентов старших курсов. Для реализации данного формата обучения на кафедре №501 (специализация «ОПД») налажена система организационных коммуникаций с предприятиями: ОАО «РСК «МиГ», ОАО «Фазатрон – НИИР», ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина».

Опыт проведения занятий по новому формату обучения в ИНЖЭКИН МАИ в течение последних трех лет убедительно показал – построение развитой системы организационных коммуникаций для предприятий и корпораций авиа- и ракетостроения на системотехнических принципах, адекватной требованиям растущей конкуренции глобального рынка, возможно начинать с подготовки нового поколения лидеров авиа- и ракетостроения, владеющих навыками командной работы уже в стенах высших образовательных учреждений нового типа в национальных исследовательских университетах.

#### **Библиографический список**

Базадзе Н.Г., Касьянова М.К. Об опыте и перспективах развития социального партнерства корпораций оборонного комплекса с национальными исследовательскими университетами. МБА, №1 с.169-174, 2012.

Клочков В.В. монография «Управление инновационным развитием гражданского авиастроения», 2009.

Кузнецов В. С. Реструктуризация системы управления авиастроительного предприятия

Христенко В. заседание тематического форума Общероссийского народного фронта в рамках нулевого чтения федерального бюджета на 2012-2014 гг. «Устойчивое развитие реального сектора экономики – основа стабильности и стратегической ориентированности федерального бюджета на 2012 – 2014 гг.»

Базадзе Н.Г. Концепция организационного проектирования как инструмента создания организационного механизма инновационной экономики предприятий авиационной промышленности. Статья «Вестник МАИ» том 17 выпуск №4, 2010.

Базадзе Н.Г. Организационное проектирование эффективной работы на принципах бережливого производства. Научный альманах выпуск 13. Материалы по повышению квалификации преподавателей экономических дисциплин: Проблемы производственного, корпоративного менеджмента и управления персоналом наукоемкого производства. – М., Доброе слово – 152 с., илл., табл. Стр. 29-44, 2009.

### **Проблемы проведения исследований на международной космической станции**

Современная наука давно достигла такого уровня, когда изучения Земли и околоземного пространства ей стало мало. Стремление человека взглянуть за границы известного и жесткая конкурентная борьба между странами привели к интенсивному изучению космоса. Затраты на космические исследования на данный момент занимают значительную долю в бюджетах большинства достаточно развитых экономик, поэтому достижения в этой области можно рассматривать как один из важнейших показателей уровня благополучия страны. Из-за невероятно быстрых темпов роста, развитие космических исследований невозможно без широкого и разностороннего сотрудничества государств. Таким образом, объективный ход истории привел к тому, что космическое пространство, с одной стороны, дало странам еще одну возможность доказать свое превосходство в конкурентной борьбе, с другой же - стало ареной расширяющегося международного сотрудничества. Яркое противостояние этих двух направлений является одним из признаков, присущих освоению космоса на данном этапе развития нашей техногенной цивилизации.

Примером, доказывающим существование этой проблемы, является Международная космическая станция. За этим названием скрываются более 400 тонн современных материалов и прогрессивной человеческой мысли. Многие страны внесли свой вклад в строительство МКС. Для ее конструирования и эксплуатации используются самые передовые технологии. Эти и многие другие аргументы доказывают грандиозность и исключительность проекта. Но, если спросить среднестатистического человека о влиянии Международной космической станции на общее развитие человечества, наверняка, он не сможет найти исчерпывающего ответа. Хотя на самом деле это влияние значительно. Взять, к примеру, эксперимент «Каскад», согласно которому проводится «исследование процессов культивирования клеток микроорганизмов, животных и человека в условиях микрогравитации, для получения концентрированной биомассы с высоким содержанием клеток, обеспечивающих повышенный выход целевых биологически активных веществ (БАВ)»[1]. Микроорганизмы и БАВ, полученные таким способом, станут более устойчивыми по отношению к отрицательным факторам хранения и использования. Из такой формулировки даже неспециалист может понять последствия удачного исхода эксперимента, а именно: повышение полезного эффекта от единицы биопрепарата и

снижение его стоимости. Таким образом, осуществляемые на МКС исследования дают возможность развиваться современной медицине, технике и даже гуманитарным наукам.

Но не все так гладко, когда дело касается экономики или политики. С точки зрения этих двух сфер Международная космическая станция представляет собой целый комплекс спорных точек. Станция делится на два сегмента: американский и российский. Структура собственности не устанавливает каких-либо четких границ, но согласно статье №5 Межправительственного соглашения о космической станции, юрисдикция каждого из партнёров распространяется только на тот компонент станции, который за ним зарегистрирован[2]. Разделение ресурсов между странами - очень сложный вопрос, требующий множества дополнительных соглашений. Нельзя не отметить трудности, возникающие у российской стороны, когда дело касается энергетики, необходимой для эксплуатации станции и осуществления экспериментов. Единственным источником энергоснабжения на МКС являются солнечные батареи, расположенные на американском сегменте. Следствием таких ограничений является то, что доля, занимаемая Россией на Международной космической станции, оказывается недостаточной для полноценного раскрытия научного потенциала и получения желаемого эффекта. В стесненных условиях приходится очень тщательно отбирать наиболее значимые эксперименты, остальные осуществлять по остаточному принципу.

Всего в проекте можно выделить 9 направлений исследований, каждое из которых раскрывает какую-либо область науки[3]. Наиболее перспективными на данный момент являются «Космическая биотехнология» и «Медико-биологические исследования». Они составляют 50% в общем количестве проводимых на МКС в данный момент экспериментов. Целью работ в области первого направления является «изучение влияния факторов космического полета на биообъекты и биотехнологические процессы», поиск и экспериментальная отработка перспективных биопродуктов. Нельзя не отметить возможное прикладное применение результатов подобных экспериментов. Например, организация производства некоторых препаратов или веществ в условиях космоса, усовершенствование наземных производств, получение новых биообъектов с исключительными свойствами. Медико-биологические исследования направлены на обеспечение возможности более комфортного и продолжительного нахождения человека в условиях космоса. Получаемые результаты могут быть в дальнейшем использованы при осуществлении длительных перелетов к другим планетам, в настоящий же момент - разработанные оборудование и технологии могут быть

внедрены в здравоохранение и народное хозяйство. Например, проводимый в 2005-2008 гг. эксперимент «Фарма» выявил особенности применения Ацетаминофена, популярного обезболивающего средства, не только в условиях космоса, но и на поверхности Земли. Остальные направления исследований занимаются изучением физических и химических процессов в условиях космоса, получением новой информации об окружающем Землю бескрайнем пространстве, разработкой новых способов дистанционного зондирования, созданием более совершенной техники и технологий. Существуют исследования даже гуманитарной направленности. Например, «Образование и популяризация космических исследований», одной из задач которого является «создание условий для привлечения молодежи к самостоятельной научно-исследовательской деятельности»[4]. Здесь встает еще одна проблема, касающаяся всей отрасли в целом: нежелание молодых специалистов работать в научной сфере и, как следствие, «устаревание» кадров.

Чтобы осуществить все многообразие экспериментов прибегают и к международной кооперации. Наглядным примером этого является сотрудничество Европейского космического агентства и Роскосмоса при реализации проекта «Плазменный кристалл»[5]. Эксперимент направлен на изучение плазменно-пылевых структур и жидкостей при условиях микрогравитации. Исследования в этой области ведутся с 2001 года и дают серьезные результаты.

Таким образом, можно сделать вывод, что для прогрессивного развития страны проведение космических экспериментов просто необходимо. Но это довольно дорогостояще и трудозатратно. Решить эту проблему можно при помощи международного сотрудничества, внедрения результатов исследования в быт и культуру, а также налаживания производства уникальных веществ в условиях микрогравитации. На данный момент трудно судить о всех перспективах, которые открываются, благодаря осуществлению проекта Международной космической станции. Возможно, будут достигнуты длительные перелеты или изобретены лекарства от неизлечимых на данный момент болезней. Возможно, будут найдены новые источники энергии, которые позволят остановить загрязнение планеты. А возможно, технологии разовьются до такой степени, что люди смогут прилетать на орбиту как на отдых. Но все это останется лишь в мечтах, если не решить проблемы, мешающие развитию космических исследований.

## **Библиографический список**

Сайт координационного научно-технического совета по программам научно-прикладных исследований на пилотируемых космических комплексах, <http://knts.tsniimash.ru>, 10.09.2012.

Соглашение о создании Международной Космической Станции гражданского назначения.

Официальный сайт Федерального Космического Агентства ФГУП ЦНИИМАШ, <http://www.mcc.rsa.ru/mks.htm>, 28.08. 2012.

Официальный сайт Центра управления полетами, <http://www.mcc.rsa.ru>, 12.09.2012.

Сайт РКК «Энергия», раздел «Международная Космическая Станция», <http://www.energia.ru/rus/iss>, 02.09.2012.

Золотов А.А., Афанасьева О.А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Обзор рынка программного обеспечения в области систем управления социальными медиа-средствами**

В настоящее время различные компании активно используют в своем бизнесе возможности, предоставляемые социальной медиа – средой. Для этого компании регистрируются в разнообразных социальных сетях путем создания своих учетных записей. Учетная запись идентифицирует информационный узел компании в сети Интернет. В попытке решить проблемы, связанные с увеличением числа учетных записей компаний и их управлением в социальном медиа пространстве, появился новый рынок программного обеспечения. С целью согласованного взаимодействия через множество точек соприкосновения с клиентами компании начинают использовать Системы Управления Социальными Медиа (СУСМ). В марте 2010 года, список поставщиков СУСМ состоял из 10 производителей, на сегодняшний день их насчитывается более 30.

Система управления социальными медиа представляет собой программное обеспечение, которое использует определенные бизнес-правила сотрудников и партнеров для управления несколькими учетными записями в социальных медиа, таких как Вконтакте, Facebook, Twitter, YouTube и других. Эта система поддерживает такие функции, как многоуровневое управление, организация документооборота, построение логических схем ведения кампаний и возможность их интеграции в масштабах всего предприятия. Успех работы этих инструментов зависит от бизнес - стратегии, ориентированной на определенные процессы, от квалификации персонала, а также от возможности измерять результаты.

Это программное обеспечение быстро становится незаменимым для компаний. Робин Грант из агентства We Are Social подтверждает это:

"Когда у вас есть несколько людей, связанных между собой, как со стороны компаний, так и агентств, вам особенно нужен инструмент для управления диалогом." [1]

Несмотря на быстрый рост на этом рынке, ни одно решение не в состоянии удовлетворить всем потребностям зрелых покупателей.

Рассмотрим тенденции, наблюдаемые на рынке программного обеспечения СУСМ:

**Перенасыщенность рынка, запутанность финансирования и низкие барьеры для входа.**

Основной тренд заключается в том, что возникает огромное количество стартапов, которые предлагают один и тот же продукт. Это в первую очередь обусловлено следующими действиями:

Неконтролируемое распространение модели фриимиум-бизнеса.

Модель фриимиум-бизнеса предполагает запуск определенного сервиса, который изначально является бесплатным, возможно спонсируемым рекламой, до тех пор пока не достигает определенных целей, в основном заключающихся в высоком распространении сервиса, после этого добавляются платные функции. Этому рынку менее двух лет, но мы наблюдаем высокие темпы его развития - многие крупные производители ПО, такие как HootSuite, TweetDeck и другие предлагают фриимиум приложения.

Финансирование со стороны инвесторов, излишне увеличивающее рост рынка.

Рынок ПО СУСМ извлек выгоду из-за стремительного инвестирования, с частным финансированием и с финансированием "бизнес-ангелов" обычно в диапазоне от шестизначных до семизначных чисел. Например, инвестиции в Wildfire Interactive начались с 100.000 долл. США от фонда Facebook, теперь компания стоит в десятки раз больше, несмотря на то, что была прибыльна с первого дня своего основания. Для поставщиков СУСМ размеры сделки в среднем скудные 35.000 долл. США в 2010 году [2]. Такие низкие барьеры вступления вызвали быстрый рост рынка.

Технологические продукты, способствующие появлению рыночных клонов.

Благодаря упрощенному и открытому программному интерфейсу у социальных медиа, огромное количество разработчиков быстро подключились к этому рынку. В результате, покупатели и агентства сбиты с толку из-за избытка поставщиков.

**Несостоятельность производителей удовлетворить корпоративных покупателей.**

Несмотря на рост количества производителей программного обеспечения, большинство из них не в состоянии удовлетворить

покупателя. Чтобы проиллюстрировать это, можно привести следующие тенденции:

Покупатели разочарованы в связи с отсутствием мониторинга и аналитики возможностей ПО СУСМ.

Покупатели ПО СУСМ высказывают мнение, что мониторинг является одной из главных потребностей, и большинство из них не удовлетворены тем, что таких функций не существуют или они являются слишком упрощенными. Более того, специальные системы мониторинга имиджа компаний, которые имеют возможности документооборота, например Radian6, считаются полноценными только в некоторых случаях.

Большой риск при использовании открытых программных интерфейсов социальных медиа.

Бренды, маркетинговые агентства и производители ПО, выражают озабоченность по поводу использования интерфейсов социальных медиа, т.к. многие из них до сих пор работают медленно и не всегда надежно.

Агентства заполняют пробел, вызванный отсутствием технологий.

Исторически сложилось так, что агентств помогали вести и развертывать цифровые маркетинговые кампании для своих клиентов. Сейчас агентства расширяются в области ведения кампаний, проходящих в социальных медиа. Данные 2011 года показывают, что в среднем на агентские услуги в области социальных медиа крупные корпорации тратят 228.000 долл. США в год[3]. В то время как дебаты внутри компаний по поводу того - тратить деньги на внутренние ресурсы или на аутсорсинг продолжаются, мы наблюдаем разделение агентств на три типа:

1. Традиционные агентства коммуникаций такие, как Weber Shandwick & Edelman, предлагающие услуги управления сообществам, которые рассчитаны на широкие маркетинговые задачи.

2. Агентства социальных медиа такие, как We Are Social и LiveWorld, которые специализируются на целенаправленном взаимодействии с клиентами.

3. Провайдеры аутсорсинга бизнес-процессов такие, как CapGemini, предлагают переподготовку сотрудников call-центра, а так же возможности по управлению сообществами.

Чтобы эффективно использовать ПО СУСМ, компания прежде должна подготовить компанию изнутри, и провести аудит готовности. Для этого необходимо определить в чем бизнес нуждается больше всего, и определить цели присутствия в социальных сетях.

Когда учетные записи в социальных медиа распространяются по всей организации, компании подвергают свои бренды неоправданному риску.

Часто можно наблюдать, когда сотни учетных записей создаются на основе краткосрочных маркетинговых кампаний, и, в конечном итоге, остаются без присмотра. Чтобы снизить риск потери клиентов и обеспечить согласованную работу компании, необходимо понимание текущей социальной деятельности.

Кроме того, не все сотрудники, имеющие отношения к социальным медиа, должны иметь равные доступы, поэтому сначала необходимо определить их роли и обязанности. Например, централизованной организации с несколькими пользователями, возможно, потребуется один или два уровня разрешений, а распределенной организации может потребоваться от двух до пяти уровней разрешений, например, для различных бизнес-единиц, дочерних компаний, в зависимости от продвигаемых продуктов или географических расположений партнеров. При выборе программного обеспечения, необходимо проанализировать существующую систему документооборота, и не покупать сначала ПО, а затем пытаться адаптировать компанию к новой системе

В отличие от традиционных средств массовой информации, социальные медиа дают возможность штатным сотрудникам, как правило, неопытным в сфере корпоративных коммуникаций, взаимодействовать с клиентами в общественных местах. Разработка системы интеллектуальных ресурсов (ИР) предприятия - стиля руководства, который показывает, что работает, а что нет - решает эту проблему. Некоторые производители ПО СУСМ предлагают встроенные библиотеки ИР, которые могут облегчить распространение контента и его координацию. Для обеспечения последовательного обмена сообщениями, некоторые производители также предлагают процесс утверждения, в котором сотрудники изначально отправляют контент на утверждение вышестоящему руководству, и только затем публикуют.

Таким образом, взаимодействие с широкой аудиторией потенциальных клиентов требует от компаний проведения систематической работы, которая начинается с образования, профессиональной подготовки сотрудников, проработки макетов рабочих процессов, тщательного тестирования и так далее. Использование специализированного программного обеспечения способно упорядочить эту деятельность.

#### **Библиографический список**

1. Джереми Овианг. "List of Social Media Management Systems (SMMS)." Март, 2010. <http://www.web-strategist.com/blog/2010/03/19/list-of-social-media-/management-systems-smms>
2. Шарлин Ли. "How Corporations Should Prioritize Social Business Budgets". Февраль, 2011.

Тихомиров А.А., Прозоров Д.Е.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

### **Менеджмент и маркетинг высокотехнологичной продукции**

Главные составляющие менеджмента современных авиационно-космических организаций – стратегическое планирование и маркетинг - являются неизменным условием их успешной инновационной деятельности в конкурентной среде. Практика работы на рынках высокотехнологичной продукции показывает, что фирме недостаточно иметь хорошую продукцию, необходимо ещё отслеживать появление новых инновационных идей и технологий и планировать их освоение с целью сохранения конкурентоспособности. Основная цель маркетинга наукоемкой продукции состоит в том, чтобы успешно выйти на рынок высоких технологий с новым продуктом, давая уверенность потребителю в качестве инновации и способности фирмы-производителя поставлять её вовремя, обеспечивая хороший уровень послепродажного обслуживания.

В маркетинговой политике необходимо делать акцент на наиболее важных показателях фирмы, таких как устойчивое финансовое положение, наличие постоянных покупателей, связей с научно-исследовательскими организациями, дистрибьюторских соглашений. В противном случае, фирма останется в тени своих более крупных и опытных конкурентов. В инновационной среде, характеризующейся быстрыми технологическими изменениями и наличием большого числа поставщиков однотипной высокотехнологичной продукции, покупатель неизбежно столкнётся с многочисленными заявлениями о превосходстве той или иной продукции, стараясь в то же время сладить с проблемой её быстрого морального устаревания. Задача менеджеров инновационной фирмы состоит в том, чтобы убедить покупателя приобрести именно её продукцию. Продавцу необходимо развеять сомнения покупателей и на это должна быть направлена вся его маркетинговая стратегия. Поэтому многие практики считают, что формула успеха "имя + репутация" решает всё в наукоемкой сфере.

Опыт показывает, что для того, чтобы обеспечить финансирование процесса разработки нового продукта необходимо убедить потенциальных инвесторов в жизнестойкости рискованного предприятия. Также необходимо, чтобы в жизнеспособности продукта были убеждены дистрибьюторы, представляющие одно из важных звеньев

маркетинговой цепи. Фирмы, не имеющие репутации на рынке, будут испытывать трудности с привлечением необходимого капитала.

Быстрое развитие новых технологий до определённой степени стало проблемой для банков. Не каждый представитель отделения банка может уверенно разобраться в осуществимости того или иного технического предложения. Так, например, британский “Барклай-банк” преодолел эту проблему, создав разветвленную систему связей с различными правительственными и научно-техническими организациями, которые могут оценить продукцию, разработанную на основе новых технологий. Но, по мнению экспертов, сама по себе способность правильно оценить инновационный проект с технической стороны не играет столь уж большой роли. Важно ответить на вопросы: “Существует ли рынок для новой продукции?” “Удовлетворяет ли продукция рыночные потребности?” “Может ли инновационная фирма продать эту продукцию?”. На наш взгляд, большинство проблем возникает по причине того, что инновационные фирмы не уделяют серьёзного внимания маркетингу.

Строительство “моста к покупателю” должно вестись систематическим образом, с известной долей терпения. Один за другим должны строиться “уровни силы” и в конечном итоге все решает не столько техническое “ноу-хау” и привлекательная высокотехнологичная продукция, сколько уровень взаимодействия с потребителями. Как только появился первый покупатель, необходимо позаботиться о распространении благоприятной устной информации о новом товаре. В долгосрочном плане намного выгоднее затратить силы и время на удовлетворение потребностей первых покупателей, чем прилагать усилия по использованию всех возможных каналов проникновения на рынки сбыта. Плохие новости распространяются быстро, а хорошие могут оказать большее влияние, чем самая лучшая рекламная компания. Этот канал влияния бывает трудно определить и проанализировать с достаточной точностью, но важно отметить, что он существует и вносит ощутимый вклад в успех, имидж и репутацию фирмы.

Эксперты полагают, что промышленные предприятия ведут себя аналогично частным покупателям, когда речь идет о применении ими инновационной продукции. Таким образом, лишь малая доля рынка будет изначально готова принять новый продукт, тогда как основной рынок будет воспринимать его постепенно, по мере того, как со временем будут появляться свидетельства успеха продукта. Эти “свидетельства” в значительной степени появляются благодаря устным каналам влияния, мнению первых пользователей, среди которых могут быть лидеры, формирующие мнение, то есть весьма влиятельные лица.

Эффективный маркетинг наукоёмкой продукции базируется на способности воспринять органично присущие рынку сопротивление и неопределённость и решимости инновационной фирмы сделать всё, что в её силах для терпеливого преодоления этих барьеров систематическим образом. Исследования и разработки также несут в себе неопределенность, поэтому следует тщательно планировать НИОКР, включая их финансирование. Только успех на стадии НИОКР позволяет инновационному предприятию укреплять свои позиции на рынке.

Отправной точкой всякого инновационного бизнеса является спрос на предлагаемые новые товары и услуги. Типичный предприниматель в первую очередь думает о своем продукте или своей услуге и полагает, что люди желают купить то или другое. Инновационный предприниматель ориентирован скорее на предложение и думает о рыночном спросе во вторую очередь. Ключевой вопрос состоит в том, почему предприниматель решил заняться именно этим продуктом или именно этой услугой? Ответ в широком смысле заключается в том, что он может делать дело лучше других, или всегда мечтал организовать собственный бизнес и имел соответствующее “ноу-хау” и опыт в инновационной сфере. Это важные доводы, но их недостаточно. Нужен ещё рынок и люди, которые олицетворяют этот рынок, и будут покупать продукт или услугу предпринимателя по цене, достаточной для получения им прибыли. Никто не даст предпринимателю денег и не сделает на него ставку, если он не представит убедительных свидетельств того, что существует группа людей, которые с большой вероятностью будут у него покупать. Предприниматель не продает некому абстрактному рынку. Он продает людям. Рынок состоит из людей — потенциальных покупателей. Предпринимателю необходимо ответить на вопросы кто они, где находятся и почему будут покупать новый товар.

Хотя технология и может быть частью маркетинговой стратегии, в последней обычно присутствует тонкая, но куда более важная материя человеческих отношений. Инновационный предприниматель должен твёрдо запомнить: покупатели, в отличие от него, не испытывают той же гордости за технологическое превосходство продукта, и если предприниматель желает продать свою продукцию, ему следует сконцентрировать свое внимание на факторах, далеких от технологических.

С точки зрения рынка, наукоёмкая продукция может быть классифицирована как эволюционная, характеризующаяся последовательными модернизациями, и революционная продукция. Маркетинг первого класса продукции сравнительно легок, так как потенциальные клиенты уже знакомы с продукцией и задача состоит в

том, чтобы убедить их, что новая продукция лучше и дешевле старой. Однако, в этом случае продукция конкурентов также появляется на рынке быстро.

Продукцию, разработанную на основе совершенно новых принципов, трудно выводить на рынок, её нелегко воспринимают даже грамотные и “научно подкованные” потребители. Суть маркетинга состоит в том, чтобы познакомить покупателя с выгодами, которые дает лично ему продукция или услуга предпринимателя.

Маркетинг должен быть ориентирован на покупателя. Если предприниматель знает и понимает своих покупателей, то у него есть все шансы продать свою продукцию. Для многих научных предпринимателей знать покупателя — тяжелая задача, поскольку они, как ученые или “технари” подчас не отличаются общительностью, обществу людей предпочитают окружение приборов. Выход из затруднения инновационный предприниматель может найти, наняв профессионального специалиста по маркетингу или менеджера по сбыту, но часто, особенно на стадии становления инновационной фирмы, это бывает невозможно, поэтому следует использовать следующие принципы:

1. Тщательный подбор первых покупателей. Рынок наукоёмкой продукции неоднороден. Он состоит из разных потребителей, некоторые из которых склонны пробовать новое, а другие — ничего не менять. Между этими крайностями находятся те, кого в той или иной степени можно убедить, но которым требуется время для размышлений и пример идущих впереди. Лидеры, за которыми идут остальные — это те, кто формирует тенденции, энтузиасты нового, “фанаты”. Инновационный предприниматель может затратить огромные усилия, пытаясь продать товар другим категориям покупателей. Энтузиасты выковывают общественное мнение, и если им нравится продукция предпринимателя, они с упоением будут рассказывать о нём всем остальным. У предпринимателя появляются первые покупатели, рекламирующие его продукцию. Правда, если энтузиасту продукция или услуга по тем или иным причинам не понравится, то предпринимателя ждет катастрофа. Только после того, как продукция или услуга воспринята энтузиастами, стоит приступать к реализации более масштабных маркетинговых мер для вовлечения легче всего поддающихся убеждению людей из средней группы представителей целевого рынка. Это дороже, но на предпринимателя работает опыт пользователей-энтузиастов.

2. Продукция должна иметь “изюминку”. В глазах покупателей наукоёмкая продукция должна быть особенной. Инновационный предприниматель всегда убеждён в новизне и превосходстве своей

продукции. С другой стороны, характеристики продукции, которые кажутся предпринимателю уникальными, в глазах покупателей таковыми не являются. Для потребителей могут иметь значение совсем другие факторы, и предпринимателю необходимо

иметь это в виду, продумывая свою стратегию перед выводом продукции на рынок. Технические характеристики, возможно, отойдут на второй план. Легкость в эксплуатации, качество, цена, соответствие стилям труда и отдыха могут оказаться куда более важными. Так, например, рыночному успеху факсимильного аппарата содействовала не технология, а лёгкость его использования и то, что он позволил повысить эффективность бизнеса. Забота о покупателях может оказать влияние на развитие собственно технологии.

Большое значение имеет также качество наукоёмкой продукции. Технически совершенный продукт может потерпеть полный провал, если он ненадежен. Энтузиасты, купившие подобный продукт, почувствуют себя обманутыми и быстро расскажут об этом всем, кто только захочет их слушать. Изделие так и не увидит рынок. Необходимо найти средства уменьшения сопротивления тех потребителей, которые неохотно меняют свои привычки. Одно из этих средств — деньги. Распространение первой партии продукции бесплатно или по низким ценам может сработать одинаково хорошо и в случае программного продукта, и в случае моющего средства. Таким образом, преодолевается сопротивление покупателя и снижается его риск. Кроме того, предприниматель показывает свою уверенность в том, что покупатель вновь вернется к нему и заплатит сполна. Предпринимателю следует иметь в виду этот способ или способ типа “если Вам не понравится наш товар, мы гарантируем возврат денег”. Другой способ состоит в том, чтобы заставить покупателя задуматься о нежелательных для него последствиях, если он не приобретет данную продукцию. Допустим, он может отстать в стиле жизни или эффективности своего бизнеса. В этом случае у предпринимателя должны быть готовы примеры, когда покупатели, приобретшие его товар, добились успеха.

### 3. Предпринимателю следует развивать философию услуг.

Современный бизнес характеризуется высоким уровнем конкуренции и повышенными запросами покупателей. Побеждают те компании, которые развивают философию услуг, делая покупателя счастливым и сохраняя ощущение счастья и через год после приобретения продукта. Все хорошо знакомо с ситуацией, когда фирма-продавец обещает золотые горы, лишь бы мы купили его товар, но после того, как мы сделаем покупку он просто не желает оказать нам какую-либо техническую поддержку. Готов ли предприниматель поставлять запасные части и через пять лет после продажи своей продукции?

Главная цель, которую должен преследовать предприниматель, выводя на рынок наукоёмкую продукцию, состоит в том, чтобы покупателю было легко строить с ним свои отношения. Если эту цель удастся достичь, то покупатели будут вновь и вновь к нему возвращаться.

Важным аспектом деятельности инновационной фирмы является организация долгосрочного сотрудничества между научно-исследовательским отделом и маркетинговыми структурами. Так как продукция, которую компания решила производить, предназначена для продажи на специфическом сегменте рынка, исследователь должен быть информирован о запросах покупателя и об изменениях в его поведении. Ему необходимо быть в курсе всех текущих тенденций и изменений на рынке наукоёмкой продукции, включая конкурентов.

Специалист по маркетингу должен быть обязательно знаком со всей продукцией, представленной на рынке и ее техническими характеристиками, так как именно он является связующим звеном между компанией и ее покупателями. Не зная сути технологических процессов, он не сможет предоставлять информацию, которая будет заключаться не только в определении продукта, но и в точной оценке его потенциальных возможностей. Помимо совместных усилий отделов маркетинга и научных исследований фирмы, в инновационный процесс вовлекаются и управляющие. Многие инновационные компании создают проектные и рабочие группы, которые включают представителей от каждой стадии инновационного процесса. Эти группы, работают вместе, обеспечивают быструю и эффективную разработку инноваций за счёт постоянного обмена информацией, касающейся идеи выпуска новой продукции, а также проведения корректирующих изменений по ходу разработки проекта.

Таким образом, для того чтобы сохранить преимущество на рынке, высокотехнологичная компания должна продолжать инновации, улучшая и расширяя ассортимент товаров и услуг. Ни один рынок не может долго сохранять стабильность; возможность предсказать и впоследствии управлять множественными рыночными изменениями является основной задачей маркетинга инновационной компании в настоящее время.

#### **Библиографический список**

1. Экономика для инженера // Под ред. Д. Пальмерио и Ю.А. Комарницкого. Глава 20: Инновации и экономический рост. — М.: Доброе слово, 1998.
2. Захарова Л.Ф., Прозоров Д.Е., Сикерин В.Д., Управление малой инновационной фирмой. — М.: Издательство МАИ, 2011.
3. Прозоров Д.Е. Управление инновационными проектами. — М.: Доброе слово, 2011.

4. Джеффри А. Мур. Преодоление пропасти: маркетинг и продажа хайтех товаров массовому покупателю. — М.: Вильямс, 2006.

Ямщиков Н.А., Дегтярев А.В.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **О некоторых особенностях оценки рыночной стоимости предприятия авиационной промышленности**

При определении рыночной стоимости бизнеса в соответствии с международными стандартами и принятой в России практикой могут использоваться три принципиально различных подхода (затратный, рыночный и доходный), внутри которых могут быть варианты и различные методы расчётов.

Процесс оценки состоит из следующих этапов: заключение Договора на проведение оценки, включающего задание на оценку; сбор и анализ информации, необходимой для проведения оценки; применение подходов к оценке, включая выбор методов оценки и осуществление необходимых расчетов; согласование (обобщение) результатов применения подходов к оценке и определение итоговой величины стоимости объекта оценки; составление отчета об оценке.

Поскольку исходная информация для формирования рыночной стоимости предприятия авиационной промышленности составляет государственную тайну, в процессе определения рыночной стоимости возникают ряд особенностей.

Применение всех трех подходов к оценке не является обязательным и иногда ведет к получению необъективных результатов.

При необходимости определения рыночной стоимости предприятия авиационной промышленности целесообразно отказываться от применения сравнительного подхода, объясняя это отсутствием сделок по компаниям-аналогам, а также специфику оцениваемого предприятия.

Расчеты по затратному подходу приводятся справочно, при итоговом согласовании подходу присваивается нулевой вес. Затратный подход не отражает корректно стоимости нематериальных активов, таких, как: деловая репутация предприятия; сложившийся уникальный коллектив квалифицированных специалистов, решающих сложнейшие научные и технические задачи; деловые связи и долгосрочные контракты предприятия, в том числе с иностранными партнерами; государственная поддержка предприятия (в рамках федеральных целевых программ). Кроме того, стоимость зарегистрированных

нематериальных активов в рамках затратного подхода так же определить корректно крайне сложно по следующим причинам: отсутствуют данные об условиях предоставления предприятием авиационной промышленности своих разработок и других НМА компаниям производителям военной и гражданской техники; так же отсутствуют данные об объемах и стоимости продукции, выпускаемой производителями с использованием разработок оцениваемой компании. Таким образом, стоимость нематериальных активов, как зарегистрированных, так и незарегистрированных, в рамках затратного подхода может быть недооценена.

Метод дисконтирования денежных потоков в рамках доходного подхода обладает следующим преимуществом: учитываются будущие ожидания инвестора, уровень отдачи активов, прогнозируемые сценарии развития бизнеса. Неоспоримым преимуществом доходного подхода является то, что это единственный подход, который учитывает будущие ожидания развития бизнеса. Основные трудности, связанные с применением данного подхода, заключаются в сложности формирования обоснованного прогнозного денежного потока, определения уровня риска. Однако, данный подход дает наиболее адекватные результаты только в условиях развитого рынка, при условии достаточно полной информационной обеспеченности.

Возникает необходимость корректировки итоговой стоимости на недостаточную ликвидность и на неконтрольный характер.

В общем виде рыночная стоимость пакета акций определяется из соотношения

$$V_{\text{пак}} = CK^* \times d \times ((1 \pm k_{\text{контр.}}) \times (1 - k_{\text{ликвид.}})), \quad (1)$$

где

$d$  — относительный размер, в долях единицы, оцениваемого пакета акций (оцениваемой доли) в 100% обыкновенных акций (уставном капитале) предприятия;

$k_{\text{контр.}}$  - премия за контроль (+); скидка на неконтрольный характер пакета акций;

$k_{\text{ликвид.}}$  - скидки на недостаточную ликвидность.

Владелец малого пакета акций закрытой компании находится в довольно невыгодном положении. Вложенные им в акции средства «заморожены». Для таких пакетов рынок может отсутствовать вовсе, по крайней мере, в отношении их продажи, так как единственным потенциальным покупателем могут оказаться лишь другие акционеры, либо сама компания.

Ликвидность — способность ценной бумаги быть быстро проданной и превращенной в денежные средства без существенных потерь для держателей.

Исходя из этого, скидка за недостаточную ликвидность определяется как величина или доля (%), на которую уменьшается стоимость оцениваемого пакета для отражения недостаточной ликвидности. Высокая ликвидность увеличивает стоимость ценной бумаги, низкая — снижает по сравнению со стоимостью аналогичных, но легкорезализуемых бумаг.

И доходный, и затратный подходы приводят к результатам, которые не могут рассматриваться как «рыночная стоимость 100%-ного участия в предприятии», которая, с наибольшей вероятностью, реализовалась бы на дату определения стоимости в сделке, обстоятельства которой удовлетворяют требованиям, содержащимся в определении термина «рыночная стоимость».

В первом случае результатом является текущая стоимость денежного потока (или иного), а во втором — рациональные затраты на формирование активов и обязательств оцениваемого предприятия. Применение к этим величинам скидки за недостаточность контроля (при оценках пакетов менее 100%) вовсе не гарантирует, что, приобретя пакет по такой стоимости, его новый владелец сможет с высокой вероятностью его за ту же сумму продать «через час после покупки».

То, что процесс «повторной продажи» потребует временных и, вероятно, финансовых затрат, должно быть отражено посредством применения к описанному выше промежуточному результату оценки скидки за недостаточную ликвидность. Если «первоначальной базой оценки» были цены в сделках с аналогичными пакетами акций, то и это не всегда означает возможность реализации объекта оценки в те же сроки (с учетом размера оцениваемого пакета), которые характерны для использованных аналогов.

Разница между ценой продавца и ценой покупателя, которая наблюдается в отношении акционерных обществ, акции которых котируются на организованном рынке ценных бумаг, может рассматриваться как мера их ликвидности. Инвестор, который покупает актив, а затем передумывает и решает сразу же его продать, заплатит разницу, равную спреду продавца и покупателя.

Для того чтобы оценить скидку за отсутствие ликвидности, используя спред продавца и покупателя в качестве индикатора, необходимо связать спред продавца и покупателя с переменными, определяющими уровень ликвидности закрытой компании.

Для того чтобы оценить скидку за отсутствие ликвидности, используя спред продавца и покупателя в качестве индикатора, необходимо связать спред продавца и покупателя с переменными, определяющими уровень ликвидности закрытой компании. Размер скидки за недостаток ликвидности закрытой компании является функцией нескольких переменных. Среди них: годовая выручка закрытой компании, ( $REV - revenues$ ); чистая прибыль закрытой компании; денежные средства закрытой компании, как доля от годовой выручки.

В монографии Дамодарана – Инвестиционная оценка, Инструменты и методы оценки любых активов представлен спред продавца и покупателя для закрытой компании по отношению к выручке, фиктивной переменной для положительной прибыли и денежным средствам как проценту от выручки.

$$Spread = 0,145 - 0,0022 \ln (REV) - 0,015(DERN) - 0,016(Cash / REV) , (2)$$

Где	<i>Spread</i> -	спред продавца и покупателя (скидка на недостаток ликвидности);
	<i>REV</i> ( <i>revenues</i> )	- выручка закрытой компании за последний завершённый финансовый год, млн. долл.
	<i>DERN</i> -	<i>discountforearnings</i> = 1, в случае положительной чистой прибыли за последний завершённый финансовый год; 0 – в случае отрицательной чистой прибыли.
	<i>Cash</i> -	денежные средства на балансе компании на дату оценки, млн. долл.

Доказательное обоснование выбора адекватного размера данной скидки (как и скидок/премий, отражающих уровень контроля) в большинстве случаев крайне сложно.

Премия за контрольный характер - величина, на которую увеличивается доля контрольного пакета акций в общей стоимости предприятия с учетом контрольного характера оцениваемой доли в уставном капитале.

Стоимость контрольной доли в уставном капитале всегда выше стоимости миноритарной доли в уставном капитале.

Следует подчеркнуть, что применяемый размер скидок находится внутри обычно применяемого ряда, основанного на эмпирических

данных. Стоимость контрольной доли в уставном капитале всегда выше стоимости миноритарной доли в уставном капитале.

Элементы контроля, ответственные за превышение стоимости контрольного пакета (доли) над миноритарным пакетом (долей), включают в себя следующие права: определение политики компании и путей ее развития; назначение руководителей компании; приобретение и продажа активов компании; продажа и ликвидация компании; установление размера или отмена выплат дивидендов по итогам деятельности компании; учреждение совместных предприятий, слияние с другими компаниями, поглощение других компаний; определение приоритетных партнеров.

Статистические данные по сделкам купли-продажи контрольных пакетов акций публикуются в ежегодном издании MergerstatReview. Изучение данных о величине премии за контроль дает возможность косвенно определить величину скидки на миноритарный пакет акций компании.

Статистические данные свидетельствуют о том, что средняя величина определяемой косвенным образом скидки на миноритарный пакет акций за период с 1980 по 1997 гг. варьировалась в пределах от 21 % до 31%. Эти данные основаны на ценах, предлагаемых за эти акции на рынке в течение 5 рабочих дней до объявления о слиянии или продаже компании. Результаты исследований показывают, что цены на акции в преддверии таких объявлений, как правило, начинают расти значительно раньше, чем за 6 дней. Поэтому скидка на миноритарный пакет акций, определенная на основе содержащихся в MergerstatReview статистических данных, может оказаться несколько заниженной.

### **Библиографический список**

Гражданский кодекс РФ. Ч. I - II // Федеральный закон № 15 - ФЗ от 26.01.1996 г.

Федеральный закон Российской Федерации «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» от 29 июля .1998 г., №135-ФЗ в редакции Федерального закона Российской Федерации от 14.11.2002 г. №143-ФЗ.

Федеральный стандарт оценки «Общие понятия оценки, подходы и требования к проведению оценки (ФСО №1) (утв. приказом Минэкономразвития РФ от 20 июля 2007 г. №256).

Федеральный стандарт оценки «Цель оценки и виды стоимости» (ФСО №2) (утв. приказом Минэкономразвития РФ от 20 июля 2007 г. №255).

Федеральный стандарт оценки «Требования к отчету об оценке» (ФСО №3) (утв. приказом Минэкономразвития РФ от 20 июля 2007 г. №254).

Основы оценочной деятельности: учебник/ В.Е. Кацман, И.В. Косорукова, А.Ю. Родин, С.В. Харитонов – М.: МФПУ «Синергия», 2012.

Оценка стоимости ценных бумаг и бизнеса: учеб. пособие /И.В. Косорукова, С.А. Секачев, М.А. Шуклина – М.: МФПА, 2011.

Оценка стоимости имущества: учеб. пособие /под ред. Косоруковой И.В. МФПУ «Синергия», 2012.

Семенов Р.С., Зуева Т.И.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Разработка предложений по преодолению финансовой несостоятельности предприятия**

Обеспечение эффективного функционирования организации требует экономически грамотного стратегического управления финансово-хозяйственной деятельностью.

Для большинства российских предприятий, занимающихся научно-производственной деятельностью, история создания которых относится еще к периоду бывшего СССР, не решены до конца проблемы в связи с переходом на рыночные отношения. Поэтому актуальным для данных предприятий является анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности и выработка предложений по преодолению финансовой несостоятельности, что и будет рассмотрено в данной статье на примере ОАО «Криогенмаш».

Сферы, цели деятельности ОАО «Криогенмаш» и основные конкурентные преимущества предприятия представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сферы, цели деятельности и конкурентные преимущества предприятия.

Сферы деятельности	<ul style="list-style-type: none"><li>• воздухоразделительные и газоразделительные установки;</li><li>• системы хранения, транспортировки, заправки и газификации жидких криогенных продуктов;</li><li>• имитаторы космоса и криотермовакуумные установки;</li><li>• рефрижераторы и ожижители природного газа, водорода и гелия;</li><li>• мембранные установки для получения регулируемых газовых сред.</li><li>• цикл работ – от разработки до строительства объекта «под ключ», производство и поставки технических газов.</li></ul>
--------------------	--

Цели деятельности	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сохранение лидирующих позиций компании на отечественном рынке криогенного оборудования;</li> <li>• Расширение экспорта;</li> <li>• Увеличение объемов производства, в том числе продуктов с высокой добавленной стоимостью;</li> <li>• Повышение комплексности предоставляемых услуг, увеличение доли проектов «под ключ»;</li> <li>• Оптимизация затрат;</li> <li>• Создание условий для раскрытия творческого потенциала работников;</li> <li>• Повышение капитализации компании.</li> </ul>
Основные конкурентные преимущества	<ul style="list-style-type: none"> <li>• реализация проектов «под ключ» в сжатые сроки, с учетом индивидуальных требований заказчика;</li> <li>• широкий спектр современных решений с оптимальным соотношением цена/качество, 20 % ценовое преимущество по отношению к основным конкурентам;</li> <li>• установленный парк оборудования и налаженная работа с заказчиками (90 % технических газов в России и СНГ производится на оборудовании «Криогенмаш»);</li> <li>• мощная научно-исследовательская база, использование современных систем проектирования;</li> <li>• сервисное обслуживание и быстрая поставка запасных частей развитие бизнеса по производству и снабжению техническими газами;</li> <li>• предприятие работает на рынке более 55 лет, его имя – хорошо известный бренд.</li> </ul>

Для диагностики вероятности банкротства предприятия была проанализирована внешняя и внутренняя среда предприятия (рис.1) и проведена интегральная оценка финансовой устойчивости на основе скорингового анализа [4]. Сущность метода – классификация, по степени риска, исходя из фактического уровня показателей финансовой устойчивости и рейтинга каждого показателя, выраженного в баллах на основе экспертных оценок. Динамика изменения уровня платежеспособности предприятия представлена в таблице 2.

Результаты SWOT –анализа предприятия.

**Сильные стороны:** Наличие ключевой компетенции в области разработки и производства оборудования производства и использования технических газов, мощная производственная база; широкая клиентская база; наличие собственной базы НИОКР, возможность по разработке и изготовлению оборудования по индивидуальному проекту.

**Возможности:** Увеличение доли в портфеле заказов проектов «он сайт», расширение экспорта, увеличение государственных заказов для оборонного и космического комплексов; развитие производства

оборудования и комплексных решений для производства сжиженного природного газа.

**Слабые стороны:** Высокая конкуренция со стороны иностранных производителей технических газов и оборудования для их получения на формирующемся рынке «он-сайт» - проектов; опасность утраты ключевой компетенции в отрасли в связи с высокой изношенностью производственных фондов, низким уровнем мотивации персонала, снижающейся (не растущей) квалификацией персонала из-за преклонного возраста ключевых специалистов и других проблем в управлении персоналом.

**Угрозы:** Потеря позиций вследствие сильной конкуренции со стороны иностранных производителей технических газов и оборудования для их получения; вступление России в ВТО может обострить конкуренцию с иностранными производителями оборудования; стареющий персонал предприятия, особенно в части инженерно-технического состава, опасность потери наработанного опыта по многим направлениям.

Таблица 2

Динамика изменения уровня платежеспособности предприятия за период 2005-2010 годы

Показатели	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Рентабельность совокупного капитала, %	3,08	11,53	4,55	2,87	-7,43	-20,53
Коэффициент текущей ликвидности	0,90	1,63	1,68	1,70	0,95	0,98
Коэффициент финансовой независимости (автономия)	0,26	0,18	0,17	0,14	0,06	-0,11
Оценка, баллов (класс)	12,5 (IV)	41,5 (III)	35 (III)	27 (IV)	0 (V)	0 (V)

Как видно из приведенной выше таблицы, в 2006, 2007 годах предприятие улучшало свое финансовое положение, но по-прежнему относилось к «проблемным предприятиям» (III класс), в 2008 г. – риск банкротства увеличился (IV класс), а в 2009-2010 гг. – предприятие оказалось в числе предприятий с высочайшей долей финансового риска (V класс).

Показатели финансовой и хозяйственной детальности предприятия, полученные в результате анализа и диагностики, сведены в таблицу 3.

Таблица 3.

Динамика изменения показателей финансовой и хозяйственной деятельности.

Наименование показателя	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Стоимость чистых активов, тыс. руб.	365,328	468,533	618,918	724,880	826,697	-750,000
Коэффициент автономии	0,26	0,18	0,17	0,14	0,06	-0,11
Отношение заемных и привлеченных средств к собственным, %	282	471	488	597	1 467	1 056
Коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами	0,39	0,40	0,27	0,41	-0,05	-0,02
Коэффициент инвестирования	0,86	0,75	0,8	0,74	0,39	-0,32
Коэффициент абсолютной ликвидности	0,04	0,41	0,59	0,01	0,01	0,11
Коэффициент оборачиваемости	1,59	1,20	0,89	0,73	0,55	0,67
Прибыль (убыток) от продаж, тыс. руб.	117323	201429	426104	356663	87842	-692000
Рентабельность продаж	6,2	9,3	13,5	10,3	3,3	-29,2
Производительность труда, руб. чел.	726 867	975 908	1 124 254	1 148 832	1 012 736	1 089 826
Амортизация к объему выручки, %	1,68	1,54	1,59	2,17	4,7	5,74

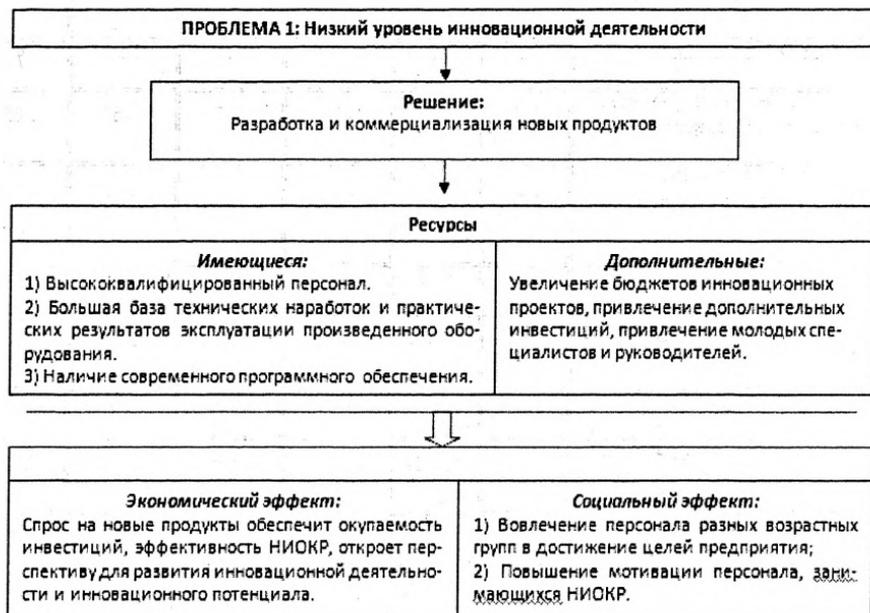
Таким образом, были выявлены проблемы финансово-хозяйственной деятельности предприятия, предложены способы решения проблем, проанализирована возможная экономическая и социальная эффективность предлагаемых мероприятий. Результаты представлены на рис. 2,3,4,5,6.

Был проведен анализ рисков предприятия, и сделано заключение, что наиболее вероятными рисками, которые могут привести к ухудшению его финансового состояния являются:

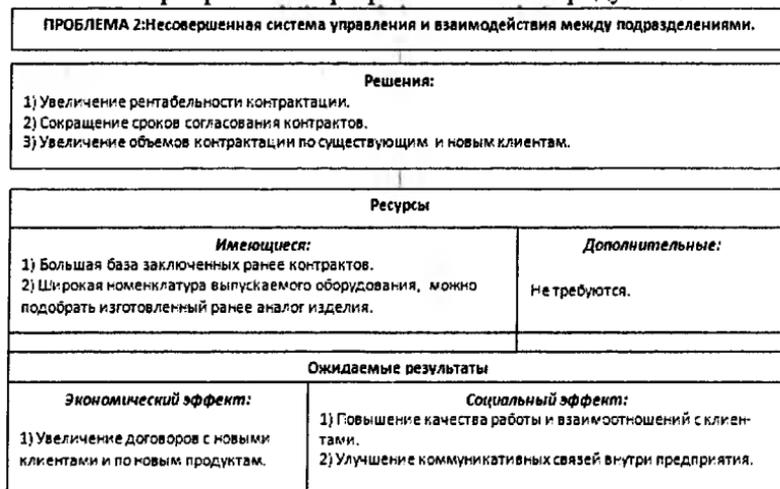
- 1) Спад спроса со стороны ключевых потребителей – металлургических и нефтехимических предприятий;
- 2) Общий спад производства и ухудшение инвестиционного климата в России;
- 3) Рост конкуренции в отрасли со стороны российских и западных производителей;
- 4) Увеличение темпов инфляции.

Внутренние риски предприятия не так существенно влияют на финансовое состояние предприятия, однако управленческие риски могут

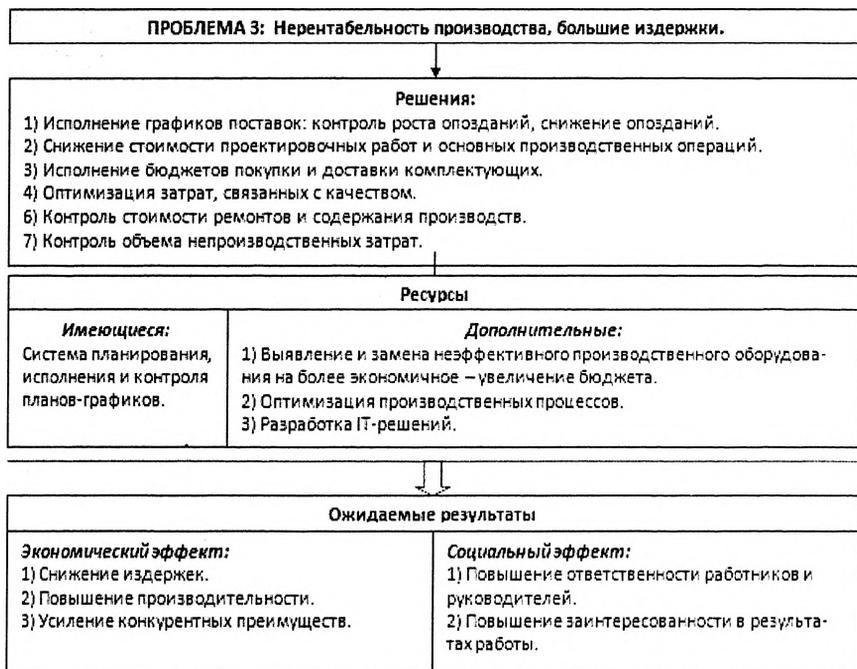
серьезно повлиять на деятельность предприятия. И их необходимо учитывать.



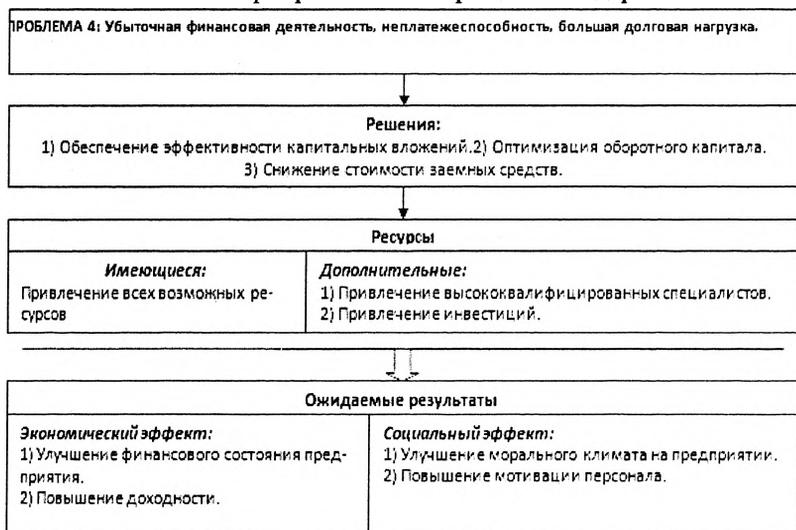
**Рис. 1. Мероприятия по разработке новых продуктов.**



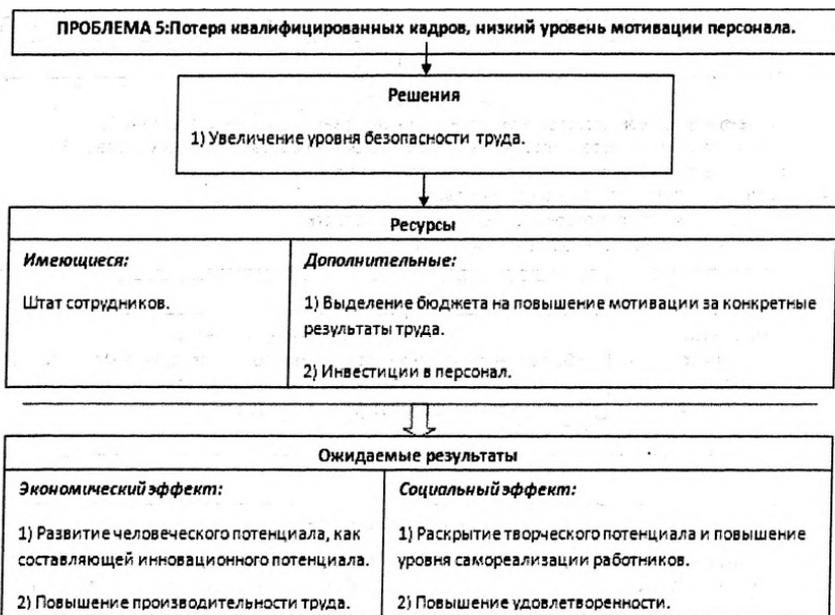
**Рис. 2. Мероприятия по совершенствованию работы с клиентами и повышению эффективности управления**



**Рис. 3. Мероприятия по сокращению издержек.**



**Рис. 4. Мероприятия по оздоровлению финансового состояния.**



**Рис.5. Мероприятия по развитию персонала.**

Анализ полученных в ходе исследования результатов позволяет сделать вывод о том, что в результате разработанных мер создадутся предпосылки для улучшения финансовой деятельности предприятия и будет создана платформа для его экономического роста.

#### **Библиографический список**

Позднякова В.Я. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятий: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2010.

Герасимова В.Д. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности промышленного предприятия: учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2011.

Васильева Л.С. и др., Финансовый анализ: учебник. – М.: КНОРУС; 2010.

Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2003.

[www.cryogenmash.ru](http://www.cryogenmash.ru) – «Криогенмаш» - разработка криогенного оборудования. 20.11.2011 г.

[www.gks.ru](http://www.gks.ru) – «Федеральная служба государственной статистики», 12.12.2011 г.

### Проблемы повышения конкурентоспособности в отрасли авиадвигателестроения

Глобализация экономических процессов придает конкуренции всеобъемлющий характер, выражающийся в преодолении границ конкретных рынков, и сопровождается высокой интенсивностью и агрессивностью. Место России в рейтинге государств по индексу глобальной конкурентоспособности GCI (рис.1.) требует активного поиска путей стратегического прорыва страны в число ведущих государств системы мирового хозяйства и разработки эффективного механизма его осуществления [2].

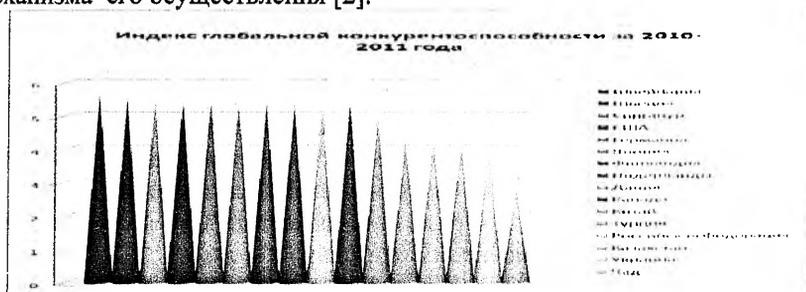


Рис. 1.1. Распределение стран по GCI

В условиях современной гиперконкуренции необходимо форсирование решения проблемы конкурентоспособности, прежде всего, в базовых отраслях экономики, в т.ч., и в авиационной промышленности.

Основными тенденциями мирового авиадвигателестроения является рост стоимости и времени разработки двигателей: при переходе от поколения к поколению сроки и объем затрат на их создание, в общем случае, примерно удваиваются. В этих условиях наращивание российского научно – технического задела и оформление методологии разработки перспективных двигателей рассматривается как неперемное условие обеспечения конкурентоспособности будущих конструкций.

Конкурентоспособность создаваемой продукции является индикатором активности и экономической мощи производителей (в данном случае, авиационных двигателей) и рассматривается как базовая основа установления их равноправного партнерства с зарубежными предприятиями на приоритетных мировых рынках авиатехники.

Авиационное газотурбинное двигателестроение является одной из самых высокотехнологичных отраслей промышленности. К числу стран, способных самостоятельно разрабатывать и производить авиационные газотурбинные двигатели (ГТД) различного назначения и класса, относятся США (General Electric Aircraft Engines, Pratt & Whitney), Великобритания (Rolls-Royce PLC), Франция (SNECMA GROUP), Россия (ОАО "Авиадвигатель", ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют», ОАО "Уфимское моторостроительное производственное объединение" (УМПО) и другие). К основным газотурбинным авиадвигателям, выпускаемым в настоящее время в России, можно отнести: ТРДДФ АЛ-31Ф, ТРДДФ РД-33, ТРДД ПС-90А и их модификации, ТВД ТВ3-117, ТВД ТВ7-117, ТРДД Д-436 также и его модификации.

Одной из стратегических задач Корпорации «Оборонпром» в области двигателестроения является восстановление и поддержка современной инженерной мысли в сфере создания газотурбинной техники для разработки и организации серийного производства современных конкурентоспособных на мировом рынке двигателей. Ключевыми результатами реализации «Стратегии развития газотурбинного двигателестроения до 2025 г.» должны стать следующие: рост его объемов производства в 2 и 4 раза — соответственно к 2015 г. и к 2025 г., вдвое - увеличение производительности труда (ориентир - 2015 г.) и в 6–8 раз (2025 г.) [3]. Достижение этих показателей - реальный путь увеличения доли отечественных моторостроителей с 10% до 70% в сегменте вертолетостроения, сохранения 90-% использования российских двигателей при расширении продаж самолетов, повышения конкурентоспособности российского двигателестроения на мировом рынке.

Одним из показателей состояния мирового рынка двигателестроения является относительно высокий и устойчивый спрос на авиадвигатели военного назначения. Результатом работы российских предприятий на данном сегменте рынка явился ряд крупных контрактов, среди них: контракты на поставку двигателей семейства АЛ -31 в Китай (54 ед. по контракту от 2003 г., 100 ед. - от 2007 г. и 122 ед. - от 2009 г., а также для моторизации истребителей J-10 (корпорация SAIC)) [4]. В гражданском авиадвигателестроении активизация конкуренции на соответствующих сегментах рынка двигателей обусловлена ростом заказов на новые авиалайнеры (проекты CFMI (двигатель CFM56, развертывание двигателей семейства Leap (Airbus A320NEO, Comac C919 , Boeing 737MAX)) и P&W (PW1100G для Airbus A320NEO); компании GE (с GE9X) , Rolls-Royce (проектируемый RB3025), P&W (также PW1000G); создания

семейства МС-21 и др.). Ускоренное развитие национальной аэрокосмической промышленности в ряде государств, рост темпов освоения производства авиатехники четвертого поколения (включая и по лицензиям) ведет к обострению борьбы за покупателей продукции авиастроения (в т.ч., двигателей) и повышает значимость проблемы обеспечения ее конкурентоспособности.

Конкурентоспособность двигателя следует рассматривать как совокупность его качественных и стоимостных характеристик, которая придает ему отличительные свойства от двигателя - конкурента и обеспечивает преимущества на конкретном рынке в заданный промежуток времени. Комплексный подход к построению модели ее определения, учитывающий системное свойство учитываемых индикаторов, позволит повысить адекватность отражения реальной конкурентоспособности двигателя и, на этой основе, разработать модели поведения субъектов оценки.

#### **Библиографический список**

Антонов Г.Д., Иванова О.П., Тумин В.М. Управление конкурентоспособностью организации: Учеб. Пособие.- М.: Инфра-М, 2012. -300с. – (Высшее образование: Бакалавриат).

[www.weforum.com](http://www.weforum.com) - Доклады Всемирного экономического форума, дата обращения 15.09.2012.

[www.minprom.gov.ru](http://www.minprom.gov.ru) - сайт МИНПРОМТОРГ, 18.09.2012.

<http://topwar.ru> – журнал Военное обозрение, 28.09.2012.

Лелес Я.И., Малыхина М.А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

#### **Исследования в рг-деятельности аэропорта «Шереметьево»**

Актуальность изучения роли маркетинговых исследований в современных связях с общественностью обуславливается тем, что PR в настоящее время применяется в мировом масштабе, как мощное средство политического, культурного и коммуникационного воздействия.

Для того чтобы организовать эффективную PR-коммуникацию с этими целевыми аудиториями, требуется с помощью инструментария маркетинговых исследований выявить предпочтения, интересы, привычки и вкусы субъектов коммуникации.

В условиях глобализации общества транснациональным компаниям для выхода на новые рынки необходимо выявлять и учитывать в разработке коммуникационных программ национальные и культурные особенности различных стран, что обуславливает практическое

значение применения маркетинговых исследований в международных связях с общественностью.

Роль маркетинговых исследований не ограничивается только оценкой эффективности PR-коммуникаций. Особое значение приобретают маркетинговые исследования целевых аудиторий связей с общественностью: клиентов компаний, для которых разрабатывается PR-концепция, журналистов, партнеров, поставщиков, журналистов и главных редакторов СМИ, государственных органов и т.д. Знание потребностей, предпочтений и особенностей целевых аудиторий помогает построить результативную коммуникацию с ними.

Исследования позволяют отслеживать процесс работы на всем протяжении проводимой кампании, начиная от сбора информации на этапе прогнозирования и заканчивая оценкой эффективности проведенных мероприятий. Исследование в связях с общественностью направлено на распознавание существующих проблем, определение их происхождения, свойств, содержания и закономерностей поведения, выявление местоположения этих проблем в системе накопленных знаний, а также определение путей их решения.

Связи с общественностью как современный инструмент воздействия на общественное сознание и диалога с общественностью в международной практике применяются чаще всего в политических, культурных и экономических процессах.

Так, в политической сфере на коммуникационные процессы влияют наднациональные единицы различного масштаба: политические и военные блоки (например, НАТО), коалиции правящих групп («Большая восьмерка»), континентальные или региональные объединения (например, Европейский союз), всемирные международные организации (ООН и её специализированные подразделения). В культуре доминирует тенденция к глобализации и сближению различных культур. По М. Маклюэну средства массовой коммуникации превращают нашу планету в «большую деревню». Глобализация ведет к унификации культур, тем не менее, культурные особенности различных стран сохраняются. В этих двусторонних процессах сближения культур при сохранении идентичности каждой из них важную роль должны играть специалисты по формированию информационных потоков, профессионалы в области коммуникационной политики.

Важные изменения в последнее время произошли в международной экономической деятельности: интернационализация мировой экономики, что нашло свое выражение в стремительном росте международной торговли и капиталовложений за рубежом; оздание транснациональных корпораций (ТНК), что привело к созданию гигантских организаций, глобально ускоривших промышленное

развитие, усилению позиций предпринимателей; становление международной финансовой системы, обеспечивающей более свободную конвертируемость валют; вступление все новых стран, включая Россию, во всемирную торговую организацию. Происходит глубокая трансформация институциональных основ мирового рынка. Национальные экономики постепенно теряют самостоятельность. Они активно интегрируются в единый планетарный экономический механизм с универсальной системой макроэкономического регулирования. Современный мировой рынок – это, прежде всего, высоко сегментированный рынок, зоны влияния на котором строго закреплены за соответствующими странами. Рынок высоких технологий, производства перспективной и наиболее наукоемкой продукции закреплён за промышленно развитыми странами, а точнее за странами «большой семерки».

В современном мире происходят изменения и в системе управления. В информационном обществе усиливается значение нематериальных (интеллектуальных и организационных) ресурсов. Развивается инновационный менеджмент. Приоритет отдается управлению человеческими ресурсами, интеллектуально-человеческим потенциалом. Возрастает значение специалистов по связям с общественностью в активизации интеллектуально-человеческого потенциала, как в рамках отдельной компании, так и в условиях транснациональной корпорации. Репутация компании зависит от ее имиджа среди работников, местных жителей, клиентов, местного правительства и социальных групп. Часто, для поддержания репутации на местных рынках транснациональные корпорации обращаются за помощью в международные агентства по связям с общественностью. Компании стремятся адаптировать к местным условиям международные коммуникации. Сообщение имеет одинаковый смысл во всех странах, но формы его подачи различаются в зависимости от рынка, культурной специфики страны и традиций.

На современном этапе, таким образом, изменяются модели и механизмы связей с общественностью на международном уровне. Изучение моделей и системы международных связей с общественностью ведется с 90-х годов XX века в рамках Европейской ассоциации по образованию и исследованиям в сфере связей с общественностью. Модели международных связей с общественностью могут быть как двухсторонними (страна – общественное мнение), так и многосторонними.

Таким образом, в современных условиях возрастает роль специалистов по связям с общественностью, своей деятельностью формирующих коммуникативное пространство информационного общества. Система международных связей с общественностью

становится все более интегрированной. Она соединяет в себе чисто государственные приоритеты, интересы отдельных компаний и транснациональных корпораций. Успех международной коммуникационной кампании зависит от оперативности и создания монополии в сфере производства информации. Приоритет при воздействии на мировое общественное мнение отдается международным каналам массовой коммуникации. Они подвергаются тщательной регламентации и контролю в плане распространения информации, требуют жесткой, системной организации. Основными механизмами международных связей с общественностью, помимо СМИ, выступают дипломатические службы, структуры и организации культурного сотрудничества, представительства за границей, международная деятельность корпораций. Информационно-аналитические, маркетинговые консалтинговые структуры, превращаясь в мощные консорциумы, могут решать глобальные задачи, учитывая специфику локальных рынков услуг в сфере связей с общественностью, обслуживать на основе долгосрочных и достаточно гибких договоров транснациональные корпорации. Результатом становится выработка целого комплекса мер по улучшению не только коммуникационного, но и стратегического менеджмента компаний.

В любой коммуникационной или PR-кампании выделяют три этапа: анализ; реализация; оценка эффективности, к которым можно также добавить этап планирования после первоначального анализа и после оценки эффективности проведенных мероприятий. Маркетинговые исследования, используются на первом и третьем этапах: проводятся исследования для выявления проблемы и получения общего понятия о рынке, в рамках которого будет проводиться PR-кампания, а после ее реализации исследования проводятся с целью выявить эффективность проведенной кампании.

Специфика международных исследований заключается в обширности поля исследования и в технических трудностях сбора информации. Навыки маркетинговых исследований, приобретенные на национальном рынке, зачастую трудно использовать на иностранном рынке из-за его особых характеристик:

Широта исследований и технические трудности вызывают опасения у фирм, предполагающих провести международные маркетинговые исследования.

Исследования рынка - лишь один из компонентов работы по сбору информации, где различные источники, находящиеся под контролем фирмы, используются в дальнейшем в соответствии с потребностями предприятия, интегрируются, как правило, в глобальную систему информации. Когда предприятие уже представлено на рынке, ему

следует прибегнуть к помощи своего зарубежного и местного персонала, своих агентов по сбыту или даже, в рамках соглашения о сотрудничестве, своих привилегированных клиентов.

Современный рынок – многогранное явление со сложной структурой, подчиняющееся закону спроса и предложения. Действие рыночного механизма проявляется в сложных процессах, определяющих состояние рынка, темпы и основные пропорции его развития. Поскольку рынок представляет собой определенную систему, обладающую установленной внутренней структурой, а также иерархией отдельных элементов, в основу его анализа должен быть положен системный подход. Например, в соответствии с концепцией развития товарных рынков РФ, они делятся на секторы по видам товаров; в свою очередь, в каждом секторе выделяются биржевой, оптовый и розничный рынки. Содержание маркетинговых исследований определяется товарной структурой и типом рынка.

Больше всего распространены исследования, позволяющие получить оценку рыночной ситуации и потребительских предпочтений.

Методологические основы маркетингового исследования складываются из сложного комплекса общенаучных, аналитико-прогностических подходов и методов, а также методических приемов, заимствованных из разных областей знаний. Его можно назвать сложным сплавом статистики, эконометрии, социометрии, квалиметрии, бихевиоризма и специфических неформальных маркетинговых приемов. Исключительно важную роль играют статистические методы сбора, обработки и анализа массовых количественных данных.

Таким образом, использование маркетинговых исследований в мировой практике широко варьируются в зависимости от компании и типа требуемой информации. Расширение и выход любой компании на международную арену требует тщательной подготовки и обширных исследований целевой аудитории.

Накопленный в мире опыт применения маркетинговых исследований в связях с общественностью предлагается применять в практической деятельности современных российских международных аэропортов. В качестве примера приведем применение маркетинговых исследований для решения имиджевых задач ОАО «Международный аэропорт Шереметьево».

В российских средствах массовой информации сформировался образ аэропорта Шереметьево как государственного предприятия, обладающего рядом вытекающих свойств и преимуществ: преемственностью традиций «главных воздушных ворот» страны, деловой добросовестностью и высокой ответственностью перед законом, инвестиционной надежностью и т.п. Основной аудиторией

аэропорта долгое время являлись отраслевое и деловое сообщество и органы власти. Проекты развития, такие, как, например, строительство и запуск терминала D, представлялись преимущественно с деловой стороны. Даже когда обслуживавшая терминал D компания «Аэрофлот - Российские авиалинии» не справлялась с сервисными задачами (что вполне естественно, поскольку раньше у этого авиаперевозчика не было опыта аэропортового обслуживания), «на суд общественности» ситуация представлялась в разрезе коммерческих и «политических» отношений между ОАО «Международный аэропорт Шереметьево» и ОАО «Аэрофлот», хотя авиапассажиров не очень интересует, кто именно за что отвечает и «кто виноват»; если они не получают ожидаемого качества услуг.

Выбор в качестве приоритетной целевой аудитории внешних корпоративных коммуникаций так называемых «стейкхолдеров» (заинтересованные стороны), а не пассажиров, привел к тому, что пиковые периоды пользования аэропортом (сезон отпусков, каникулы, крупные международные мероприятия в Москве) регулярно генерировали в средствах массовой информации многочисленную критику в его адрес по качеству услуг. В эти периоды в «имиджевом балансе» аэропорта в российских масс-медиа начинали преобладать негативные публикации. Во многих случаях делалось сопоставление с аэропортом Домодедово, где преобразования в лучшую сторону были более заметны.

Центр общественных связей (далее - ЦОС) ОАО «Международный аэропорт Шереметьево» и PR-агентство проанализировали проблемную ситуацию и выявили необходимость включения работы с пассажирами в инструментарий управления репутацией аэропорта, но в рамках существовавшей системы коммуникаций сделать это было сложно. Например, обслуживание «делового» направления коммуникаций, от которого было невозможно отказаться или сократить, просто не оставляло времени и места для ведения столь же развернутой и наполненной коммуникации в адрес пассажиров. Ориентировать PR-активность (понимая под PR-коммуникацией двустороннее взаимодействие) на пассажиров мешала парадигма, в которой пассажиры являются, в первую очередь, объектами «информационно-справочного обслуживания». Информационная работа аэропорта с ними в течение десятилетий строилась вокруг сопровождения расписаний и изменений в них, «донесения» правил поведения в аэропорту и иных видов односторонней коммуникации. Считалось достаточным, чтобы пассажиров «полно и своевременно проинформировали», иными словами, доводили до них преимущественно справочную информацию. Новые технологии коммуникации применялись, но строились на той же

основе. Например, веб-сайт аэропорта прекрасно развивал современный принцип выдачи информации «по запросу пользователя», но характер этой информации оставался односторонним и по преимуществу справочным.

У аэропорта должна быть система коммуникации с пассажирами, стоящая вне рамок существующих коммуникационных процессов, отличная от них и не «зараженная» идеями «информационно-справочного обслуживания». Такие возможности, в частности, предоставляют социальные медиа как альтернативные традиционным СМИ каналам взаимодействия. История возникновения и организации коммуникационного проекта «Секретный пассажир», являющегося примером объединения инструментов маркетинговых исследований и связей с общественностью, началась с момента, когда 11 января 2010 года популярный блогер и общественный деятель Алексей Навальный на основе личных впечатлений опубликовал в своем «живом журнале», имеющем аудиторию свыше 50 тысяч читателей, пост под названием «Шереметьево-2 как Россия», где рассказал с подробным описанием проблемы качества аэропортового обслуживания, как он возвращался в Москву через аэропорт Шереметьево-2 (терминал F).

Запись собрала 1050 комментариев, участники дискуссии обсудили пробки на въезде, очереди на таможенном и пограничном контроле, хамство сотрудников аэропорта, дороговизну кафе, темы обсуждений также коснулись удобства парковок и подъезда, времени процедур регистрации, пограничного и таможенного контроля, чистоты терминала.

Личный вызов Алексея Навального, обращенный к генеральному директору Шереметьево Михаилу Василенко, стал определяющим моментом для принятия руководством аэропорта решения о запуске проекта по прямому двустороннему взаимодействию с пассажирами, который решал бы одновременно и задачи «обратной связи», и задачи коммуникации.

Так был дан старт развертыванию системы «прямой связи пассажиров с высшим руководством ОАО «МАШ». Инструментально PR-проект аэропорта строится на трех основных блоках:

- Программа «Секретный пассажир», которая обеспечивает широкие возможности для наиболее активных пассажиров-критиков принять участие не только в обсуждении, но в решении проблем и контролировать качество обслуживания. Одновременно проект поставляет статистические данные для анализа.

- Персональный блог генерального директора ОАО «МАШ» Михаила Василенко в «Живом журнале»; блог выступает информационной базой проекта и полностью отображает его ход, а также работает «агрегатором

жалоб», площадкой получения комментариев и дискуссий между читателями, источником перепостов и освещения работы аэропорта в социальных медиа, а также инструментом генерации общественной поддержки аэропорту;

- Работа пресс-службы аэропорта по информационному сопровождению в традиционных СМИ проекта в целом и отдельных информационных поводов в виде коротких информационных кампаний.

Основополагающий элемент комплекса - программа «Секретный пассажир» — это эффективный канал «обратной связи», который наряду с методиками мониторинга качества услуг представляет дополнительные сведения о пожеланиях пассажиров Международного аэропорта Шереметьево и позволяет руководству аэропорта принимать оперативные решения по улучшению качества обслуживания. Программа исследований была оперативно разработана в начале февраля 2010 года и отчасти опиралась на опыт международной программы Airport Service Quality (ASQ), в которой участвует и ОАО «МАШ» как член Международного совета аэропортов (Airports Council International). Однако, в отличие от методики ASQ, основанной на т.н. «слепом» послеполетном анкетировании, программа «Секретный пассажир» предполагает создание широкой группы постоянных пользователей, которые систематически регистрируют свои впечатления и замечания по работе аэропорта и представляют соответствующие отчеты.

Михаил Василенко после встречи с Алексеем Навальным завел собственный блог с целью обеспечить прямой контакт с потребителями услуг аэропорта, так как просто существование сайта, на котором можно оставить жалобу, с точки зрения налаживания диалога не столь эффективно. Блог предоставляет возможность быстрого неформального контакта. Кроме того, благодаря блогу легче понять, что для людей особенно важно, какие претензии встречаются чаще всего.

В своем блоге А.Василенко объявил о старте программы «Секретный пассажир»: любой регулярный посетитель аэропорта старше 18 лет, совершивший не менее 20 перелетов, может отправить электронное письмо в Центр по качеству, экологии и охране труда аэропорта Шереметьево и получить чек-листы, в которых должен оценить качество услуг и оставить свои комментарии. Вопросы касаются удобства парковок и подъезда к аэропорту, времени процедур регистрации, пограничного и таможенного контроля, чистоты терминала, удобства информационных указателей. Наибольшую ценность для аэропорта представляют те пассажиры, которые часто летают и готовы участвовать в программе постоянно. Разумеется, существуют анкетирование пассажиров и услуги так называемых

«тайнственных покупателей» — наемных ревизоров, которые за деньги отчитывались о своих впечатлениях от пребывания в аэропорту. Однако, по словам Михаила Василенко, именно «секретные пассажиры» в силу систематического участия в программе способны не только обозначить проблему, но и отследить изменения.

Работа общественного контроля принесла результаты: сразу несколько «секретных пассажиров» пожаловались, что к терминалу F трудно подъехать. Чтобы решить проблему, в аэропорту приняли меры, в частности, привезли эвакуатор для машин, брошенных на проезжей части. Администрация аэропорта и раньше знала о проблеме, но недовольство «секретных пассажиров» ускорило ее решение.

Работа «секретных пассажиров» — это одна из форм экспертной оценки. Участники программы летают часто, знают, что обычно представляют собой процедуры оформления пассажиров и могут сравнить их прохождение в главных аэропортах мира.

Всего 20% полученных в результате программы жалоб относятся к работе самого аэропорта. Остальные — к таможенникам, пограничникам, базирующимся в Шереметьево авиакомпаниям. Алексей Навальный предполагает, что информация от «секретных пассажиров» нужна, в том числе, и для того, чтобы повлиять на службы, напрямую не подчиняющиеся руководству ОАО «Международный аэропорт Шереметьево».

По данным Центра по качеству и сертификации ОАО «МАШ», который ведет мониторинг и анализ анкет, присланных «секретными пассажирами», за период действия программы оценки, которые авиапутешественники давали работе персонала и сервису в аэропорту, улучшились в среднем на 30%.

Так «секретные пассажиры» отметили улучшение транспортной обстановки на привокзальной площади Терминалов F и E (рост оценки составил 22%), чистоты территории, площадей и туалетов (улучшение на 43% и 63% соответственно), ассортимента магазинов (рост оценки на 32%). На 20% возросла оценка работы «Аэроэкспресса» после введения нового расписания движения поездов. Оценка предполетного досмотра показала рекордный рост на 46% после введения новой технологии спецконтроля, по которой пассажиры больше не снимают обувь. Также положительно отмечена «секретными пассажирами» работа пограничников по распределению персонала паспортного контроля по прилету и повышению вежливости общения с гражданами (зафиксировано улучшение на 50%).

Аэропорт «Шереметьево» является международным авиаузлом, через который в день проходят десятки тысяч пассажиров, половина из

которых являются иностранными гражданами: прилетают в Россию, делают пересадки на международных рейсах, улетают. Мнение людей, пользующихся услугами не только российских, но и других аэропортов международного класса очень важно при организации работы ОАО «Шереметьево». Сравнивая услуги и качество обслуживания с лучшими аэропортами, иностранные пассажиры могут оказать неоценимую помощь в построении структуры обслуживания, предложить новые идеи в решении проблем.

Программа «Секретный пассажир», проводимая в ОАО «МАШ» с 2010 года, изначально направлена на исследование мнений российских граждан, часто пользующихся услугами аэропорта. При этом, продолжая исследовательскую программу и в 2011 году, ощущается необходимость учитывать мнение иностранных пассажиров, пользующихся услугами аэропорта «Шереметьево» не так часто, как это необходимо для участия в программе, соответственно не так сильно заинтересованных в улучшении условий, как постоянные пассажиры.

Для осуществления исследований с охватом международной аудитории можно дополнительно разработать новую анкету, выполненную на основных мировых языках (английский, французский, испанский), и включающую в себя элементы, учитывающие, что анкета обращена к иностранному гражданину, в большинстве случаев не часто пользующемуся именно ОАО «Шереметьево», но имеющему опыт широкого пользования услугами многих других аэропортов, а так же определить мотивационную программу, которая должна заинтересовать пассажиров в участии в данном исследовании.

В первую очередь, анкета должна быть ориентирована на международную аудиторию, и в отличие от работы с российскими пассажирами, которым предлагается зарегистрироваться в программе, предоставив необходимые подтверждения.

Таким образом, исследования являются важным инструментом PR-деятельности современного аэропорта. Программа «Секретный пассажир» Международного аэропорта Шереметьево — инструмент повышения качества обслуживания пассажиров и укрепления репутации аэропорта.

#### **Библиографический список**

- И. С. Березин. Маркетинговые исследования. М., 2012.  
С. Блэк. Public Relations: международная практика. М., 1998.  
Р.Р. Гестеланд. Кросс-культурное поведение в бизнесе. Маркетинговые исследования, ведение переговоров, менеджмент в различных культурах. М., 2003.  
С. В. Карпова. Международное рекламное дело. М., 2010.



# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ

Чундышко М.Р., Кошелев Б.В.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

## Электронное учебно-методическое пособие по изучению приемоиндикатора

Состояние спутниковой навигации в России в настоящее время характеризуется следующими факторами. Во-первых, завершением восстановления созвездия отечественных навигационных спутников ГЛОНАСС, во-вторых, началом выпуска на ряде отечественных предприятий авиационных приемоиндикаторов ГНСС, и, наконец, внедрением в воздушном пространстве России элементов концепции CNS/ATM. Эти факторы, подкрепленные соответствующими Постановлениями и распоряжениями директивных органов Российской Федерации, предопределили необходимость обновления спутниковой навигационной аппаратуры на отечественных воздушных судах.

Модернизация бортового навигационного оборудования, благодаря расширенным функциональным возможностям, позволяет расширить спектр решаемых задач, но в то же время остро ставит вопрос о необходимости переподготовки летного состава гражданской авиации для эксплуатации приборов нового поколения. Для решения этой проблемы необходимо создание различных современных средств обучения летного состава, среди которых могут входить авиационные тренажеры, электронные учебно-методические пособия с интерактивным режимом и имитаторы новых приборов и систем.

В настоящее время в авиационных учебных центрах гражданской авиации России имеется ограниченное количество полнофункциональных тренажеров, которые, как правило, включают стандартный набор штатного оборудования. Их доработка с учетом проведенной модернизации бортового оборудования за последние годы экономически неоправданна. Наиболее целесообразным выходом из сложившейся ситуации является разработка электронных учебно-методических пособий с интерактивным режимом и компьютерных имитаторов работы вновь устанавливаемых систем. В соответствии с рекомендациями ИКАО это направление получило достаточно широкое применение под названием СВТ (ComputerBasedTraining – компьютерное (тренажерное) обучение). Основная цель СВТ – учебно-методическое обеспечение процесса самостоятельной подготовки и переподготовки авиационного персонала. При таком виде обучения

слушатели получают знания о назначении, принципе работы, составе, основных технических характеристиках, летной эксплуатации прибора, а также отыскании и устранении неисправностей, техническом обслуживании прибора.

Компьютерные имитаторы новых образцов авионики предоставляют возможность индивидуального обучения при минимальном участии инструктора, так как обычно содержат справочные материалы по работе прибора, всплывающие подсказки по процедурам эксплуатации и анимированные схемы выполнения наиболее важных процедур. Они позволяют отработать моторные навыки работы с прибором, отработать различные сценарии функционирования прибора при полете по заданному маршруту из пункта А в пункт Б.

Кроме того, компьютерные имитаторы новых образцов авионики воздушных судов имеют низкую стоимость эксплуатации, доступны для авиакомпаний и помогают постоянно поддерживать необходимый уровень знаний и практических навыков летчиков по работе с прибором.

Целью работы является создание обучающего пособия для подготовки пилотов к летной эксплуатации бортового оборудования спутниковой навигации TSS (производство ЗАО ТРАНЗАС), работающего по сигналам ГЛОНАСС и GPS.

Для достижения цели работы необходимо решить следующие задачи:

- Разработать структуру и интерфейс пособия.
- Обработать технический материал и представить его в удобном для эффективного восприятия виде.
- Разработать имитатор прибора, выполняющий ряд основных функций.

Основными требованиями к разрабатываемой интерактивной программе являются:

- возможность провести обучение в очень сжатые сроки (6-8 академических часов)
- максимально дружелюбный интерфейс пользователя,
- простота и наглядность представления материала,
- минимальные требования к характеристикам программного обеспечения ПК
- краткость изложения материала
- наличие «подсказок»
- основные сценарии режимов полета.

Учебное пособие разрабатывалось в формате интерактивной обучающей программы (CBT - ComputerBasedTraining), и состоит из двух взаимосвязанных частей:

На основе руководства по эксплуатации БОСН TSS было создано учебное пособие в виде презентации в среде PowerPoint для облегчения

усвоения материала, в первую очередь его наглядной подачей – слайды с пошаговыми действиями в виде графических образов и рисунками видов экрана устройства (Рис:1).

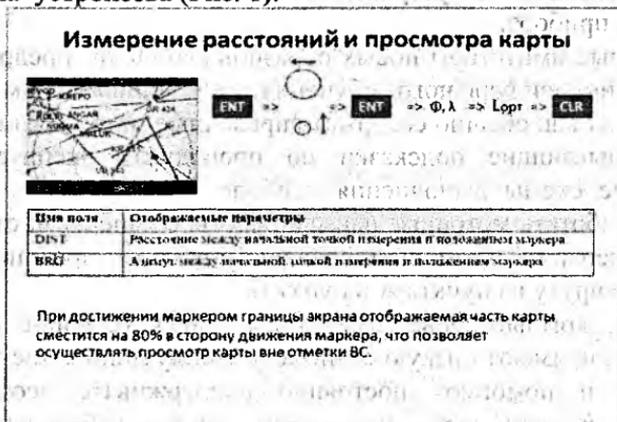


Рис. 1. Работа с картографическим экраном прибора.

Разработан электронный имитатор БОСН ТСС в программной среде Power Point, предназначенный для практической отработки основных полетных операций при наземной подготовке. Электронный имитатор удобен для поддержания новых знаний на необходимом уровне, когда необходимо вспомнить некоторые особенности программы, прежде чем садиться за штурвал (после отпуска или болезни пилота).

Среда Power Point выбрана из-за общедоступности для обычного пользователя (не профессионала) и легкости в использовании. Программа-имитатор позволяет работать с активизированным изображением передней панели прибора (Рис.2)

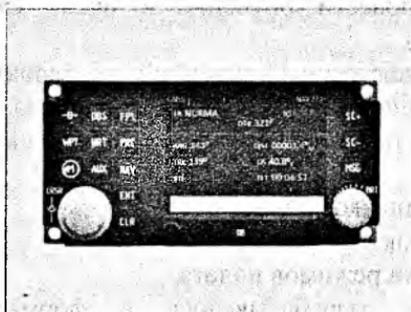


Рис. 2. Пример экрана программы в среде Power Point.

Основная часть программы отображает действия функциональных клавиш. Здесь представлена работа с Базами Данных, отображение навигационной информации в разных режимах работы прибора, выполнение основных полетных процедур и действия пилота в предполетной подготовке.

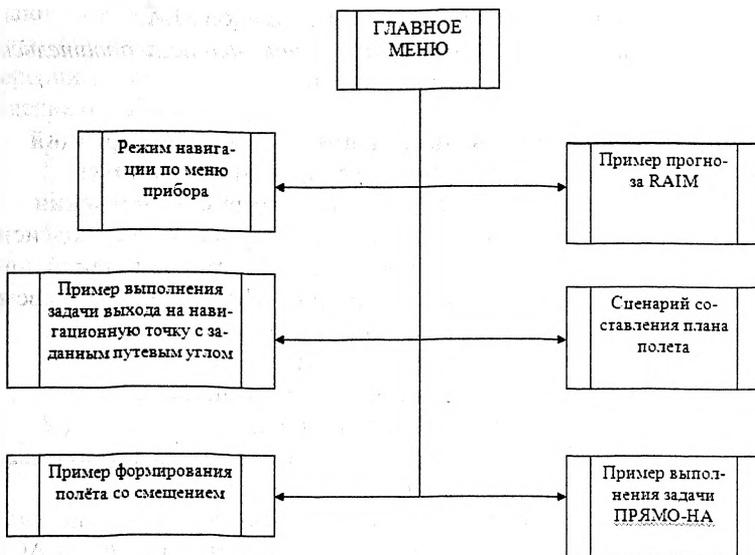


Рис. 3. Структура программы-имитатора TSS (ЗАО ТРАНЗАС).

Структура программы имеет линейно-смысловую последовательность, но эта последовательность лишь рекомендуемая.

Режим навигации по меню прибора позволяет с помощью ручек управления и кнопок прибора провести обзорную «экскурсию» по режимам и экранам прибора.

Выполнение режимов DTO (полет «Прямо На»), OBS (полет заданным курсом на точку, полет с параллельным смещением, прогноз RAIM и составление полетного плана проходит по четко заданным сценариям, включая добавление стандартных процедур вылета, прибытия и захода на посадку (соответственно SID, STAR и APR).

Пробное обучение в АУЦ ГАЗПРОМ АВИА показало, что обучение по разработанному электронному пособию можно провести за 6-8 академических часов (4 часа работа с пособием и 2 часа работа на компьютерном имитаторе). По результатам апробации после соответствующей доработки предполагается принять разработанные учебно-методические материалы в качестве учебно-методического обеспечения АУЦ ГАЗПРОМ АВИА.

## **Библиографический список**

Бортовое оборудование спутниковой навигации TSS Руководство по технической эксплуатации, 2008 г.  
<http://avia.transas.ru/>

Леонов Е.Н., Рябухина М.И., Романов М.А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Разработка подсистемы проведения он-лайн конференций и подсистемы адаптивного тестирования учащихся в автоматизированной системе дистанционного обучения**

Данная работа посвящена разработке и реализации подсистем, входящих в состав автоматизированной системы дистанционного обучения. Даная СДО разрабатывается на кафедре 302 московского авиационного института в течение последних лет.

Рассматриваются следующие подсистемы:

- подсистема проведения онлайн-конференций;
- подсистема адаптивного тестирования.

Первая система служит для автоматизации процесса преподнесения знаний. Вторая – для проверки знаний.

Обоснована необходимость разработки подсистемы проведения онлайн-конференций, в рамках разрабатываемой АСДО, сформулированы основные задачи, определены необходимые алгоритмы и разработано информационное обеспечение.

Для разработки подсистем применена технология клиент-сервер в виде веб-приложения.

#### **Подсистема проведения онлайн-конференций**

Для обучения учащихся и взаимодействия преподавателей со студентами система АСДО содержит подсистему проведения онлайн-конференций.

Обоснована необходимость разработки подсистемы проведения онлайн-конференций, в рамках разрабатываемой АСДО, сформулированы основные задачи, определены необходимые алгоритмы и разработано информационное обеспечение. Для разработки подсистем применена технология клиент-сервер в виде веб-приложения.

Главной задачей проведения видеоконференций является процесс предоставления знаний, в качестве лекций и других видах занятий, обеспечивая максимальный уровень взаимодействия.

Рассмотрим различные методы взаимодействия образовательного процесса, представленные на рис. 1.1.

При создании системы используется принцип максимальной заинтересованности в обучении на основе участия в онлайн-конференциях, а также средств оценки усвоения материала дисциплины.

График представлен в двух направлениях: интерактивность и зависимость от времени и дистанции. Очевидно, что видеоконференции занимают наиболее выгодную позицию, за исключением пункта «личное общение». Также стоит отметить пункт «Компьютерные конференции», средства и методы которых реализуются в подсистема проведения онлайн конференций.

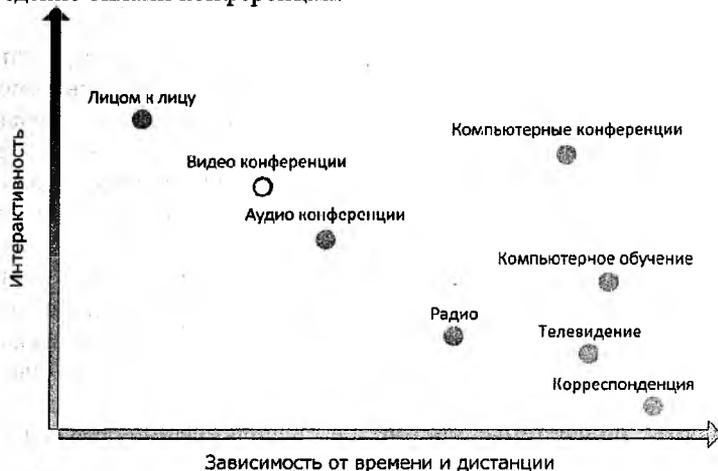


Рис. 1. Методы взаимодействия.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что разработка данной подсистемы будет востребована в любой системе дистанционного обучения.

Список задач, решаемых с помощью подсистемы проведения онлайн конференций:

**Со стороны преподавателя:**

- проведение конференций;
- оповещение о конференциях;
- демонстрация материалов при помощи интерактивной доски.

**Со стороны студента:**

- поиск требуемого материала;
- обсуждение материала;
- контроль расписания занятий;
- участие в конференциях;
- обсуждение и усвоение материала с повторным просмотром.

Основной функцией подсистемы является создание виртуального класса, вне зависимости от положения его участников, а также удаленное использование учебных материалов, удобный поиск.

### Подсистема адаптивного тестирования

Изложен подход к решению задач адаптивного компьютеризированного тестирования знаний на основе экспертных систем, определена структура такой подсистемы, сформулированы задачи для подсистем тестирования, представлен разработанный алгоритм адаптивного тестирования, отображена инфологическая модель предметной области.

Для обеспечения максимальной информативности результатов контроля необходимо, чтобы средняя сложность предъявляемого обучаемому теста соответствовала его гипотетическому уровню обученности. Практически это можно осуществить с помощью адаптивного тестирования, последовательности предъявления заданий в самом процессе тестирования с учетом ответов испытуемого на уже предъявленные задания.

Один из возможных подходов получения экспертной оценки знаний обучаемого — использование технологий искусственного интеллекта и экспертных систем - гарантируют эффективный способ построения базы знаний, отражающей знания преподавателя-эксперта для оценки обучаемого.

Особенность подсистемы состоит в использовании технологии построения идей систем искусственного интеллекта (СИИ) при ее разработке для реализации адаптивного тестирования. Применение СИИ необходимо в следующих пунктах алгоритма:

- выбор следующего вопроса тестирования;
- определение итоговой оценки знаний.

При разработке системы продукций, составляющей основу базы знаний экспертной системы, соответственно проводится опрос экспертов, учитывается мнение и личный преподавательский опыт экспертов, т.к. особенность систем представления знаний в подсистеме заключается в том, что они моделируют деятельность человека, осуществляемую часто в неформальном виде.

Идея работы с разрабатываемой подсистемой состоит в следующем: на основе опроса эксперта выставляется атрибут **Sloj** – сложность каждого вопроса из набора тестов. Для тестируемого в профиле присутствует атрибут "Умность" ( $Um$ ) [8].

Основная идея заключается в предъявлении тестируемому следующего по порядку задания соответствующей трудности (**Sloj**). Оно выбирается компьютером из общего банка заданий в зависимости от результата предыдущего ответа (показателя  $Um$ ).

Показатели Sloj и Um пересчитываются в процессе тестирования.

Логика выбора следующего вопроса задается в БЗ с целью выдавать каждый последующий вопрос, касающийся тематики предыдущего.

При правильном ответе на вопрос показатель Um увеличивается в зависимости от сложности вопроса. При неправильном ответе - увеличивается, либо уменьшается, также исходя из сложности вопроса.

При построении цепочки вопросов в базе знаний выстраивается несколько сценариев последовательности вопросов, которые создаются на основе опроса экспертов (преподавателей).

В этом смысле можно сказать, что тест «адаптирует сам себя» к уровню способностей тестируемого. Конечной желаемой целью процедур компьютерного адаптивного тестирования является разработка теста, который обнаруживал бы практически одинаковую валидность и надежность в отношении всего диапазона тестируемого с целью имитировать логику процесса оценки знаний тестируемого при прохождении им экзамена или зачета офлайн.

Задача составления и редактирования теста является одной из базовых задач подсистемы тестирования. Подсистема тестирования предоставляет удобный интерфейс для ввода тестов, составленных профессионалами, исключая неоднозначность любого рода. Интерфейс, реализованный с помощью приложения phpMyAdmin, предоставляет преподавателю все необходимые инструменты для решения данной задачи.

### **Заключение**

Разработанная подсистема проведения онлайн конференций успешно справляется с поставленными задачами, при разработке использовались продукты лицензированные открытым лицензионным соглашением GNU, таким образом, при развертывании системы нет необходимости покупать дорогостоящие программные продукты, помимо этого, выбранные решения обеспечивают кроссплатформенность разработанной системы.

Интеллектуальная подсистема адаптивного тестирования в составе АСДО позволяет контролировать процесс обучения и проверки знаний учащихся, тем самым упрощая ту сложную процедуру, которую используют научные сотрудники и преподаватели. Выявлены цели данной подсистемы для АСДО. Исследованы различные подходы к построению алгоритма адаптивного тестирования, выбран и составлен алгоритм, оптимальный для решения поставленной задачи, выполнена программная реализация данной подсистемы. Функционал позволяет реализовать цели подсистемы, и методы функционала позволяют улучшить и облегчить процесс дистанционного обучения, позволяя

проводить адекватный контроль знаний учащихся с разным уровнем подготовки.

Румянцева О.Ю.,Зубанова С.Г.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

### **Роль технического перевода в подготовке специалистов для аэрокосмической отрасли**

Космическая наука и применение космической техники играют важную роль в получении фундаментальных знаний о Вселенной и в области образования, здравоохранения, экологического мониторинга, рационального использования природных ресурсов, принятия мер в случае стихийных бедствий, составления прогнозов погоды и моделирования климата, спутниковой навигации и связи, а также в обеспечении благосостояния человека, социальном и культурном развитии.

Сегодня более 130 стран мира осуществляют космическую деятельность с учетом собственных потребностей, опираясь на тот экономический, технологический и ресурсный потенциал, а также на возможности, предоставляемые мировым рынком космической продукции и услуг. Космические средства позволяют, не замыкаясь в рамках национальных границ, на принципиально новом уровне решать задачи наблюдения, природопользования, экологического контроля, информационного обеспечения фундаментальных космических исследований.

Космический рынок – один из самых молодых в мировой экономике. Долгое время он был сильно политизирован и только с окончанием холодной войны, распадом двухполярного миропорядка, этот рынок получил шанс полностью деполитизироваться. Глобализация открывает возможности использования истинно рыночных походов к разработке, производству, продаже и эксплуатации космической техники.

Интенсивное развитие рынка космических услуг влечет за собой появление ряда технологических, экономических, правовых проблем.

Одна из конкретных задач возникает в связи с динамичным развитием аэрокосмической науки и техники и, в частности, в связи с тем, что профессиональная коммуникация в этой сфере в последние десятилетия приобретает международный характер.

Принимая во внимание, общую заинтересованность всего человечества в достижении прогресса в области исследования и использования космического пространства в мирных целях и выгоды космической техники и ее применения для решения беспрецедентных задач по достижению устойчивого развития, отметим возрастающий

интерес к космической отрасли, как со стороны ее технической составляющей, так и с позиции использования особенностей научно-технического перевода и изучения аэрокосмической терминологии.

Технический перевод – это инструмент, который позволяет обмениваться научно-технической и узкоспециализированной информацией между людьми, говорящими на разных языках. При упрощенном подходе под техническим переводом понимают перевод технических текстов. В основе технического перевода лежит формально-логический (коллективный) стиль, который характеризуется точностью, незомональностью и безличностью.

По своей сути – это перевод технических текстов: документов, словарей, справочников, инструкций, контрактов. Его считают одним из самых сложных видов по 5 основным причинам:

- Нужна максимальная точность;
- Ошибки в терминах и понятиях могут изменить весь смысл;
- Текст необходимо оформлять по стандартам и ГОСТам;
- Во всех текстах используется научно-деловой стиль речи;
- Технический перевод текста должен быть построен логично, ясно и точно.

К техническому переводчику предъявляют очень много требований. Либо нужен "технический специалист" с очень хорошим знанием языка, либо "лингвист" с глубокими знаниями в тематике.

Но в обоих случаях, переводчик должен:

- знание как минимум одного иностранного языка в степени, достаточной для понимания текста оригинала;
- знание языка, на который выполняется перевод (родного языка), в степени, достаточной для грамотного изложения;
- хорошее знание специальной терминологии как на языке оригинала, так и на языке перевода;
- хорошее знание аэрокосмической техники;
- владение различными видами технического перевода;
- оптимальным является наличие у переводчика помимо лингвистического образования еще и специального технического образования.

Основные особенности перевода технических текстов, в первую очередь, проявляются именно в обязательном знании переводчиком всех терминов, касающихся данной технической области перевода, он должен понимать не только смысл переводимых слов, но и учитывать все нюансы их применения.

Специфика перевода технических текстов требует от соответствующего специалиста немалого опыта, развитого языкового

чутья, глубоких знаний в профессиональной сфере, которые приобретаются в процессе практики.

Стоит отметить, что при письменном техническом переводе обязательно выдерживается стиль оригинального документа. Обычно все документы научно-технического характера имеют основные черты. Это – четкий и краткий характер изложения, строгое соблюдение технической терминологии, ясная логическая последовательность информации, однозначность и конкретность при трактовке фактов. Все требования к оригиналу автоматически переносятся и к переведенному документу.

Значительные трудности при переводе технической документации возникают, когда слово имеет несколько значений. Важно выбрать то, которое не искажает не только смысл перевода, но и дает правильную трактовку термина для конкретного технического случая.

Разбираться в хитросплетениях названий узлов агрегатов или новых деталей машин – кропотливая и трудная работа. Существуют международные сокращения, понятные во всем мире, которые не требуют перевода, но так как часто необходимо приводить их расшифровку, нужно хорошо разобраться в предполагаемом назначении изделия и в принципе его работы. Немало трудностей возникает и с переводом новых технических слов, которые в нашей стране еще официально не прижились. В таком случае специалисту приходится искать и выбирать разнообразные варианты подходящих тематических русских слов, полностью соответствующих первоисточнику.

При устном переводе переводчик работает в непосредственном речевом (а иногда и личностном) контакте с коммуникантами, часто в условиях, когда возможна обратная связь с одним или обоими участниками межъязыкового общения. Он вынужден воспринимать устную речь, независимо от ее правильности, темпа, особенностей произношения или манеры речи оратора, и обеспечивать взаимопонимание между говорящим и слушающими. Преодолению связанных с этим трудностей способствует присутствие переводчика при создании текста оригинала, возможность учесть обстановку общения, восполнить упущенную информацию на основе знания предмета и цели разговора и предшествующих этапов обсуждения, личного знакомства с присутствующими Рецепторами, пониманием ими обсуждаемого вопроса, привычными для них доводами и формулировками. При наличии обратной связи с оратором появляется иногда возможность переспросить, уточнить высказанную мысль, выяснить значение незнакомого термина. При наличии обратной связи со слушающими возникает возможность следить за их реакцией, доходчивостью перевода, регулировать темп речи переводчика, а иногда

и оратора и т.п. При личном контакте переводчика с коммуникантами он может прибегать к помощи жестов, наглядной демонстрации, дополнительным пояснениям. В подобных случаях перевод нередко дополняется элементами адаптивного транскодирования, а порой переводчик выступает в роли дополнительного участника коммуникации, отвечая на вопросы и выполняя просьбы одного или обоих коммуникантов.

Одно из условий оптимизации научно-информационного обмена в аэрокосмической отрасли – развитие и дальнейшее совершенствование языковых средств передачи информации, среди которых основную роль играют термины, т. е. слова и словосочетания, называющие и обозначающие понятия науки и техники.

Термином называется слово (словосочетание), передающее точное название и описание определенного понятия, относящегося к той или иной сфере авиастроения. Терминологическая лексика дает возможность наиболее точно, четко и экономно излагать содержание данного предмета и обеспечивает правильное понимание существа трактуемого вопроса.

По мнению профессора Шалай В.В., связь между расширением научно-информационного обмена и изучением терминов обусловлена тем, что, во-первых, многие методы разработки и проектирования автоматизированных систем базируются на методах работы с терминами; а во-вторых, интеграция образования, совершенствование информационного обмена, научно-технического перевода, разработки вспомогательных языков международного научного общения невозможны без решения терминологических проблем.

В сфере проектирования и эксплуатации ракетных комплексов большую роль играет редакторская подготовка текстов различных видов: документов по изобретательству, описаний открытий, текстов проектной, конструкторской, технологической документации и собственно научной литературы (результатов исследований). Многие вопросы терминопотребления присущи всем жанрам научной литературы. Это касается прежде всего отношения к стандартизованным терминам. В изданиях научной литературы необходимо соблюдать требования стандартов, касающихся базовых терминов (например, системы СИ), а также объема и содержания основных терминов и особенно терминов из смежных терминосистем, иначе неизбежны информационные потери, неясности текста. При этом нужно учитывать, что жесткое требование соблюдать стандартизованные термины во многих случаях, в частности в научной литературе, может препятствовать главному - расширению и углублению знаний о понятиях.

Различают две группы недостатков терминов: обусловленные особенностями развития данной науки (работа над ними ведется в ходе пересмотра и совершенствования терминосистем) и связанные с ошибками терминопотребления (устраняются в процессе уточнения и правки конкретного текста). Исходя из двойственности природы термина - его принадлежности к логико-понятийной системе науки и лексической системе языка - можно выделить в этой работе две стороны: внеязыковую (экстралингвистическую), связанную с особенностями терминологических систем конкретных отраслей знания, и внутриязыковую (лингвистическую), обусловленную спецификой термина как лексической единицы.

При переводе терминов мы можем встретиться со следующими моментами:

- часть терминов, имеющих международный характер, передается путем транслитерации и нуждается в переводе: antenna- антенна, composite- композит, blooming- блюминг;
- некоторые термины имеют прямые соответствия в русском языке и передают соответствующими эквивалентами: hydrogen- водород, tailplane- хвостовая часть самолёта;
- известная часть терминов при переводе калькируется, т. е. передается с помощью русских слов и выражений, дословно воспроизводящих слова и выражения английского языка: single-needleinstrument - однострелочный аппарат, superpowersystem - сверхмощная система;
- нередко случается, что словарь не дает прямого соответствия английскому термину.

В этом случае переводчик должен прибегнуть к описательному переводу, точно передающему смысл иноязычного слова в данном контексте: trailingedge - задняя кромка крыла, carbon-fibre-reinforcedplastic - пластик, армированный стеклотканью; wetwing - крыло со встроенными топливными баками, wingairfoil - аэродинамическая поверхность крыла, with stub ends -крыло, концы которого не доходят до стенок аэродинамической трубы, laminar-flow - ламинарный профиль.

Изучение студентами МАИ технической терминологии на английском языке из области самолетостроения и аэрокосмоса, составление иноязычных терминологических словарей будут иметь все более возрастающую востребованность. В этой связи повышается и роль второго высшего образования в МАИ на направлении подготовки «Перевод и переводоведение», а также актуализируется для выпускников технических факультетов МАИ магистратура Института иностранных языков.

### **Библиографический список**

Журнал «Космос на рубеже тысячелетий», М., 2000 г.

Ланшаков В.Л., Ланшакова Н.В., Шалай В.В. Редактирование терминологии для проектирования и эксплуатации ракетных комплексов для интеграции образования: Журнал «Технические науки №4», М., 2008 г.

Англо-русский словарь по авиационно-космическим материалам. М.: РУССО, 1997 г.

# УПРАВЛЕНИЕ В СФЕРЕ СОЦИАЛЬНОГО ИНЖИНИРИНГА

Копцева Д.В., Гурьева Л.С.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

## Поведение персонала в ситуации изменения требований компетенции

В настоящее время стало модным проявлять интерес к организационным изменениям. Это объясняется тем, что во многих фирмах изменение условий окружения и технологии вызывает необходимость соответствующих организационных изменений.

Чем быстрее реакция организации на внешние изменения и реализация ответных действий, тем быстрее организация выйдет из зоны нестабильности и сможет конкурентоспособно функционировать в новых условиях окружающей среды.

Обновление организации представляет собой процесс замены устаревших и неспособных в должной мере выполнять свои функции ее элементов новыми или дополнение их ранее не существовавшими с целью приблизить ее возможности к требованиям жизни [4].

При осуществлении организационных изменений неизбежно возникает сопротивление изменениям. Сопротивление организационным изменениям является одной из основных проблем стоящей перед развивающейся организацией.

В литературе сопротивления организационным изменениям в основном рассматриваются в контексте различных концепций организационного развития с двух противоположных позиций.

Одним из тех, кто считает сопротивление неестественным процессом, который идет в разрез с нормой. И. Ансофф под сопротивлением понимает многогранное явление, вызывающее непредвиденные отсрочки, дополнительные расходы и нестабильность процесса изменений. С точки зрения исследователя стратегии, сопротивление является проявлением иррационального поведения организации, отказа признать новые черты реальности, размышлять логически и реализовывать на практике выводы логического мышления [1].

С другой позиции на сопротивление смотрят представители наук о поведении, они утверждают, что сопротивление представляет собой естественное проявление различных психологических установок в отношении рациональности, согласно которым группы и отдельные индивиды взаимодействуют друг с другом. Преобразования, особенно имеющие стратегический характер, всегда вызывают сопротивление у

членов организации, в результате чего возникают отсрочки начала этого процесса, саботаж тех или иных мероприятий, связанных с внедрением новшеств [7].

Принято выделять два вида сопротивления изменениям: конвенциональное и рутинное. Первое чаще всего связано с открытыми коллективными подготовленными акциями, тогда как второе в основном бывает скрытым, индивидуальным и спонтанным.

Существует ряд достаточно универсальных методов преодоления сопротивления стратегическим изменениям. В двух разных классификациях предложенных Э. Хьюзом, Дж. Котлером и Л. Шлезингером, можно выделить что-то общее.

У Хьюза и Котлера с Шлезингером указывается то, что стимулирование к участию, поддержка, являются важными методами преодоления сопротивления. Также подчеркивается значение авторитета руководителя, что помогает применять скрытые и явные меры принуждения. Большое внимание уделяется методу информирования персонала, который подразумевает открытие каналов связи, обмен объективной информацией и знание достигнутых результатов изменения. Очень важна взаимосвязь и взаимодействие в коллективе, достижение общего понимания, чувство принадлежности к группе, так как авторитет группы для ее членов помогает согласовать групповую работу для снижения противодействия [9].

На конкретном примере ситуации с изменениями в организации и реакцией на них, было проведено исследование в государственной корпорации, выдвинуты гипотезы по поводу наличия и реальных причин сопротивления. Предполагалось, что проблема ситуации в несоответствии компетентности сотрудников новым требованиям к работе в связи с переходом на новые международные стандарты финансовой отчетности (МСФО).

Есть два варианта толкования соотношения понятий компетенция и компетентность: они либо отождествляются, либо дифференцируются. Согласно первому варианту, наиболее эксплицитно представленному в Глоссарии терминов ЕФО (1997), компетенция определяется как:

- способность делать что-либо хорошо или эффективно;
- соответствие требованиям, предъявляемым при устройстве на работу;
- способность выполнять особые трудовые функции.

В рамках такого отождествления этих понятий (Л.Н. Болотов, В.С. Леднев, Н.Д. Никандров, М.В. Рыжаков) авторы подчеркивают именно практическую направленность компетенций: «Компетенция является, таким образом, сферой отношений, существующих между знанием и действием в человеческой практике» [8].

Второй вариант рассмотрения соотношения понятий «компетенция» и «компетентность» сформировался в 70-х гг. в США. Н. Хомским было отмечено: «... мы проводим фундаментальное различие между компетенцией (знанием своего языка говорящим - слушающим) и употреблением (реальным использованием языка в конкретных ситуациях)» [5].

Для каждой организации и тем более должности набор необходимых компетенций уникален. Он может быть представлен как совокупность поведенческих и технических характеристик, необходимых для выполнения работником своих обязанностей и достижения запланированного результата, а также корпоративных качеств, напрямую зависящих от ценностей компании и универсальных для всех ее сотрудников. Наряду с развитием у персонала компетенций перечисленных видов, необходимо укреплять межличностные связи и расширять инновационный потенциал [2].

С целью изучения и анализа компетентности существующего персонала и выявления целесообразности его обучения, был выбран такой метод исследования, как опрос. Метод опроса позволяет в максимально короткие сроки опрашивать довольно большое количество респондентов и получать различную по своей природе информацию.

Сопrotивление изменениям может быть активным, либо пассивным, всё зависит от причин такого сопротивления. Оно может быть связано с низкой компетентностью сотрудника, либо с иными причинами, которые носят социальный, психологический или еще какой-либо характер. При опросе было выявлено, что больше половины коллектива не поддерживают изменения в стандартах финансовой отчетности.

При дальнейшем анализе выявилось то, что коллектив не поддерживает изменения в общем, а не именно финансовой отчетности.

Существуют различные признаки снижения производительности и качества труда и респонденты выбрали одни из наиболее явных, которые указывают на присутствие сопротивления.

Так, самый большой процент опрошенных указали, что признаком служит увеличение общего времени на подготовку проектов. Это можно объяснить тем, что изучение и овладение нововведениями занимает то время, которое работник ранее тратил на подготовку проектов.

Вторым по популярности был вариант со снижением уровня доверия к решениям руководства. Так происходит, когда мнение коллектива по поводу изменений резко расходится с мнением руководства, особенно, когда управляющий аппарат не прислушивается к беспокойству и волнению сотрудников, вследствие чего проявляется третий по популярности вариант - исчезновение инициативы.

Когда к коллективу не прислушиваются, не поощряют его инициативность, рано или поздно он перестанет проявлять эту инициативу не только в отношении нововведений. Такая пассивность заметна при анализе вопроса о том, какую роль сотрудник хотел бы играть в идущих преобразованиях. Половина опрошенных респондентов не желает играть какую-либо роль в преобразованиях (рис.1):

Какую роль Вы хотели бы играть в идущих преобразованиях?

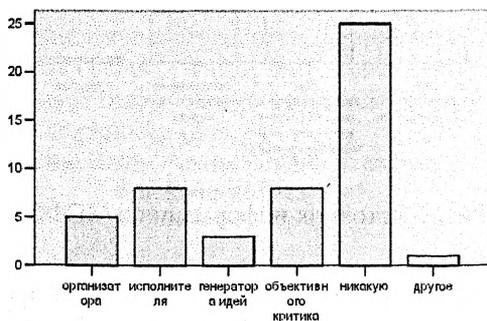


Рис.1. Роль в идущих преобразованиях.

Несмотря на явное сопротивление изменениям больше половины опрошенных сотрудников на один из вопросов ответили, что они удовлетворены работой в компании и не хотели бы менять место работы. Более того, большинство довольны работой в этой организации. Что же могло послужить причиной такого противоречия? Скорее всего, это высокая оплата труда, ведь у 70% она выше 80000 рублей.

Итак, наличие сопротивления было изучено и в итоге подтвердилось. Но что же стало причиной? Возможно недостаточная компетентность персонала в новых стандартах отчетности.

Компетентный работник должен обладать некими умениями, навыками и конечно специальными знаниями.

Наличие высшего профильного образования – экономического или финансового, априори имеется у большинства сотрудников, так как для опроса был выбран департамент по работе с финансами.

Источник получения информации о МСФО так же является очень важным фактором при оценке компетентности сотрудника.

Такие источники дают гарантию, что человек получит качественную и квалифицированную помощь, будь то сертификат или контроль со стороны квалифицированных лиц (рис. 2):

**Отметьте, пожалуйста, каким образом Вы получаете информацию о МСФО?**

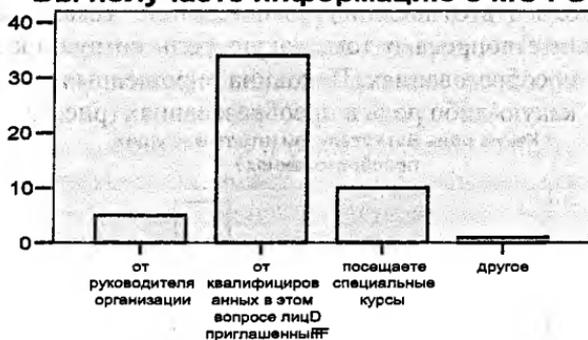


Рис. 2 Источник информации о МСФО.

Одним из важнейших требований к компетентности является наличие опыта работы с МСФО. В результате опроса было выявлено, что большая часть респондентов имеет опыт работы с МСФО, более того, 70% имеют опыт от 6 месяцев до 1 года, что очень хорошо для компании, которая только недавно затеяла переход на новые для себя стандарты. Скорее всего, это связано с тем, что был набран уже обученный новый персонал, хотя и «старый» коллектив показывает старательное обучение стандартам (рис. 3):?

**Какой у Вас имеется опыт работы с МСФО?**

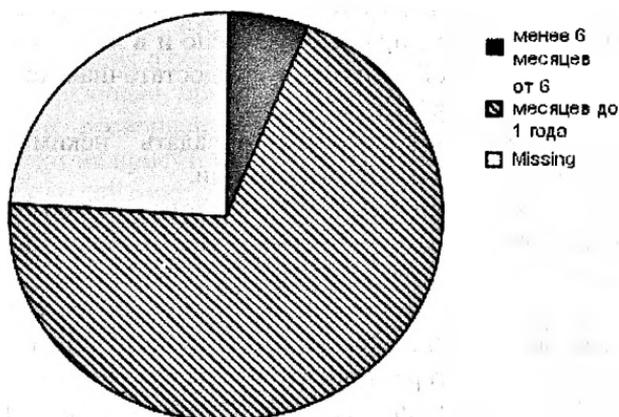


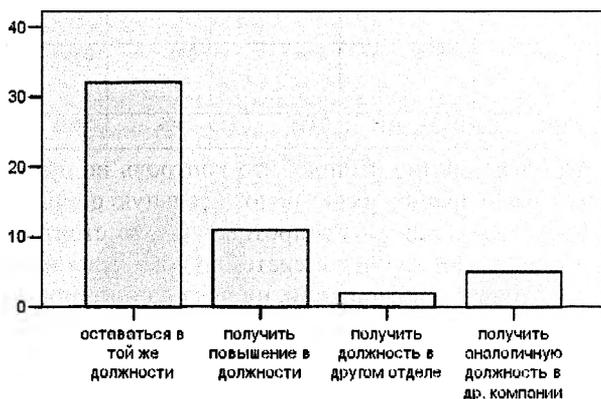
Рис. 3. Опыт работы с МСФО.

В следствие всего опроверглась гипотеза о том, что затруднения в переходе на новые стандарты связаны с компетентностью персонала, а также подтвердить гипотезу о том, что сопротивление изменениям у персонала связано не с его компетентностью, а с другими причинами противостояния изменениям. Если не подтвердилась гипотеза о том, что сопротивление изменениям связано с недостаточной компетентностью, то стоит рассмотреть другие возможные причины.

Можно выделить несколько причин сопротивления:

- отсутствие желания что-либо менять, боязнь нового – эта причина подтвердилась также ранее, когда был сделан вывод о том, что большинство проявляет беспокойство по поводу потери работы и хочет оставаться в той же должности (рис. 4):

**Каковы Ваши личные планы в карьере на ближайшие 1-2 года?**



**Рис. 4. Планы на ближайшие годы.**

- низкая оплата труда – эта причина отпадает, потому что ранее уже был сделан вывод, что большинство респондентов удовлетворены своей оплатой труда, которая достаточно высока;

- не видят смысла в изменениях, что видно в том, что большинство считает, что последствия изменений будут нейтральными и в отрицательных оценках целей руководства.

- разногласия с руководством – на эту причину стоит обратить особое внимание, так как после анализа всего материала, прослеживается постоянное сопротивление персонала и руководства, недоверие к решениям руководства и т.д.

Для яркого примера стоит взглянуть на взаимосвязь занимаемой должности и отношения к контролю над деятельностью сотрудников. Взаимосвязь есть и показывает, что чем выше занимаемая должность,

тем важность контроля повышается, т.о. получается, что руководство (главные специалист и ведущие специалисты) хочет иметь тотальный контроль над деятельностью сотрудников (таблица 1).

Таблица 1.

Взаимосвязь должности и отношения к контролю над деятельностью сотрудников.

Важность контроля	Какую должность Вы занимаете в компании?					Итого
	Специалист 3 категории	Специалист 2 категории	Специалист 1 категории	Ведущий специалист	Главный специалист	
Очень важен	0%	0%	2%	0%	10%	12%
Важен	0%	0%	0%	18%	0%	18%
Не всегда важен	6%	4%	14%	6%	0%	30%
Не нужен вообще	14%	18%	8%	0%	0%	40%
Итого	20%	22%	24%	24%	10%	100%

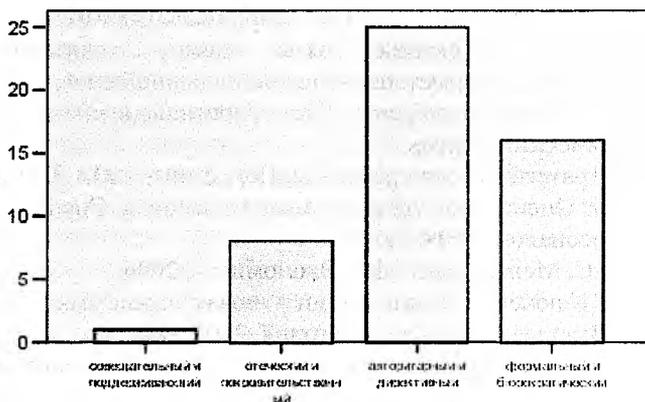
Учитывая, что большинство решило, что контроль не нужен вообще, сомнительно, что это «хорошо» имеет положительную оценку.

Если это действительно причина сопротивления, то стоит обратить на нее большое внимание, потому что в системе управления и подчинения не должно быть ни отказа в подчинении, ни чрезмерного правления.

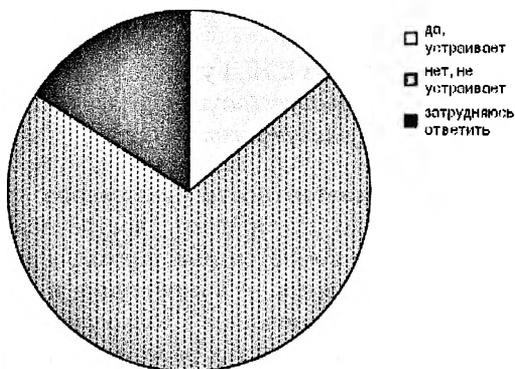
Руководству следовало бы обратить внимание на признаки снижения производительности и качества труда, такие как исчезновение инициативы, увеличение общего времени на подготовку проектов и, особенно на снижение уровня доверия к решениям руководства!

Возможно, управленцам нужно обратить внимание на свой стиль управления (рис. 5), потому что 50% всех опрошенных выбрали вариант авторитарного и директивного стиля, что не может являться положительным ответом, так как такой стиль предполагает тотальный контроль над коллективом и игнорирование инициативы, а это в свою очередь не устраивает большую часть коллектива. Тем более вопрос о том устраивает ли респондентов стиль управления, прямо показывает, что категорически не устраивает (рис. 6)

**Вы не могли бы сказать, какой стиль управления использует Ваш непосредственный руководитель?**



**Рис. 5. Какой стиль управления у Вашего руководителя? Устраивает ли Вас стиль управления Вашего руководства?**



**Рис. 6. Устраивает ли стиль управления?**

Проанализировав возможные причины сопротивления можно заключить, что главная проблема заключается в непродуманном и неорганизованном взаимоотношении между управляющей и управляемой структурой.

После выяснения того, что ни оплата труда, ни консерватизм коллектива, ни недостаточная компетентность не являются первоочередными причинами, стоит сосредоточить внимание на проблеме, описанной выше.

Чтобы прийти к решению данной проблемы, руководству стоит задуматься какой стиль руководства лучше всего подойдет для организации, в которой происходят такие кардинальные изменения.

Только после налаживания связей между коллективом и руководством произойдет восстановление полноценной системы объект-субъектных отношений и на убыль пойдет сопротивление изменениям.

#### **Библиографический список**

Ансофф И. Стратегическое управление. Пер. с англ. - М.: Экономика  
Алексеева Т. Оцениваем уровень компетентности//Справочник по управлению персоналом, 2008, №1

Виханский О.С. Менеджмент - М.: Экономистъ, 2006

Зимняя И.А. Ключевые компетенции - новая парадигма результата образования // Высшее образование сегодня. 2003, № 5

Моргунов Е.Б. Управление персоналом. Исследование, оценка, обучение - М: Издательство журнал "Управление персоналом", 2005

Никандров Н.Д. Государственные образовательные стандарты в системе общего образования: теория и практика, М: Бином. Лаборатория знаний, 2008

Петухов Д.В. Стратегический менеджмент Часть 2, Учебный курс (учебно-методический комплекс), 2008.

Александрина Е.Н., Гурьева Л.С.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

#### **Оценка компетентности менеджеров**

Учесть и структурировано представить востребованные сегодня качества работника позволяет компетентный подход, в рамках которого фигурируют два основных понятия — компетенция и компетентность. На основе обобщения существующих толкований **компетенция** представляет собой состав характеристик работников или требований к качествам работника, предъявляемых конкретным рабочим местом. Под **компетентностью** следует понимать интегральную характеристику соответствия качеств работника требованиям, позволяющую эффективно выполнять должностные обязанности на конкретном рабочем месте. Введение понятий компетенции и компетентности в экономический обиход обусловлено отсутствием в практике терминов, позволяющих в полном объеме отразить требуемый для производства и конкретного рабочего места комплекс качеств работников, а также оценить уровень их выраженности.[1]

**Исследовательская проблема:** противоречие между потребностью в качественных туристических услугах и их непредоставлением из-за низкой компетентности менеджеров.

В данной исследовательской работе в качестве метода исследования выбран метод анкетного опроса. Респонденты – менеджеры по туризму. Выборка состоит из 50 человек, из которых 14% мужчин и 86% женщин.

В ходе анкетного опроса были выявлены следующие тенденции: респонденты решили работать в туристической сфере, потому что считают эту работу интересной (31% респондентов), на втором месте стоит возможность самореализации (18% респондентов), на третьем - высокая заработная плата (16% респондентов). На вопрос: «Нравится ли Вам работа?» респонденты ответили следующим образом: «Да» ответили 88% и «Нет» - 12%. Что касается причин, по которым нравится работа: на первом месте «Привлекательная заработная плата» (24% респондентов), на втором месте «Расширяю общий кругозор» (20% респондентов), на третьем – «Хорошие отношения в коллективе» (19% респондентов).



Рис.1. Причины положительного отношения к работе.

Что касается причин, по которым работа не нравится: на первом месте «Не устраивает заработная плата» и «Работа далеко от дома» (25% респондентов), на втором месте «Работа слишком ответственная» и «Не успеваю справляться с обязанностями» (17% респондентов).



Рис.2. Причины отрицательного отношения к работе.

На компетентность менеджера влияет его заинтересованность в работе. Отсюда вытекает следствие: чем выше заинтересованность сотрудника в работе, тем выше уровень его компетентности. Можно подтвердить эту гипотезу. Большинство респондентов, которые связывают свою работу с туризмом в первую очередь считают её очень интересной и, благодаря ей хотят добиться самореализации, следовательно, для этого им необходимо повышать свой уровень компетенции, чтобы стать профессионалами своего дела.

Отношение респондентов к смене места работы: большинство – 64% не стали бы менять место работы, а 36% респондентов согласились бы на этот шаг.

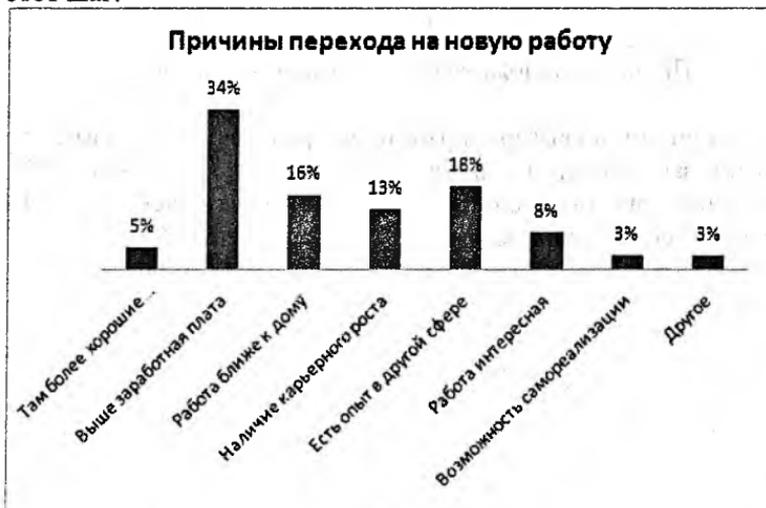


Рис.3. Причины перехода на новую работу.

Менеджеров, которые бы перешли на новую работу, не связанную с туризмом, в большей степени привлекает повышение заработной платы – 34%, на втором месте «есть опыт в другой сфере» - 18%, на третьем «работа ближе к дому» - 16%.

На компетентность менеджера не влияет оплата труда.

Отсюда вытекают следствия: при повышении оплаты труда компетентность не изменяется; оплата труда не является эффективным способом стимулирования сотрудников в целях повышения их профессионального уровня.

Данную гипотезу можно опровергнуть, если руководствоваться данными о респондентах, которые бы согласились сменить место работы. Основной причиной их ухода из туризма является более высокая заработная плата на новом месте работы. Следовательно, работодателю не нужно пренебрегать таким способом стимулирования сотрудников, как повышение оплаты труда.

Ещё один аргумент в пользу опровержения: менеджерам нравится работать в туризме в большей степени из-за привлекательной заработной платы - 24%, следовательно, она влияет на их уровень компетентности.

#### **Библиографический список**

1. Паршина В. С., Марущак Т. Б. Формирование требуемых качеств у выпускника вуза на основе модели его компетенций // Вестник Челябинского государственного университета. Экономика, 2007. — Вып. 12

Принцева А.А., Якунин А.А., Коган Е.А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

#### **Профессиональное ориентирование выпускников школ г. Москвы и московской области**

Озадачиваясь выбором профессии, каждый из нас мечтает не только о хорошем достатке, но и интересуется моральной стороной вопроса - насколько выбранная работа будет «по душе» и будет ли она приносить удовольствие.

Но порой, находя ответы на такого рода вопросы, мы не задумываемся о том, почему сделали именно такой выбор. А тем временем, современные школьные программы готовят ответы на такие вопросы для детей с самого раннего возраста. Именно система профориентирования помогает школьнику определиться с преимущественными профессиональными интересами и, в зависимости

от этого, организовывать свою дальнейшую учебную работу, как в школе, так и в ВУЗе.

Таким образом, система профориентирования направлена, прежде всего, на «предварительное ознакомление» выпускника с его индивидуально-психологическими особенностями, и как следствие - возможностями, которые предоставит ему в будущем правильный выбор профессии. Но она помогает не только определиться с интересами для выпускника, но и избежать в дальнейшем проблем с физическим и психологическим здоровьем, которые будут зарождаться из-за неправильного соотношения собственных возможностей и требований, предъявляемых той или иной профессией без учета рекомендаций профориентационных индивидуальных исследований.

В России повсеместное распространение системы профориентирования серьезно отстает от мировых показателей, несмотря на возникшую необходимость в решении данной задачи. Государство, понимая возникшую проблему, создает рекомендательные программы, в которых оговариваются вопросы профориентирования, и, тем не менее, данные рекомендации могут быть реализованы далеко не во всех образовательных учреждениях в полной мере.

Таким образом, проблема, анализируемая в исследовании, заключалась в противоречивости между реально действующей и официально заявленной программой профориентирования, реализуемой на территории Российской Федерации.

В рамках исследования были выдвинуты гипотезы:

- Учащиеся 11 класса государственного общеобразовательного учреждения г. Москвы считают программу обучения в их ГОУ более эффективной, по сравнению с программой обучения в своей предыдущей школе.
- Основной причиной отсутствия программы профориентирования в школах является нехватка специалистов по подростковой психологии.

Для проверки первой гипотезы в мае 2012 года было проведено исследование среди выпускников ГБОУ «Центр образования №218» города Москвы, с целью изучения реализации программы профориентирования. В ходе исследования были опрошены методом анкетирования, 52 респондента - учащиеся одиннадцатой параллели ГБОУ ЦО №218 г. Москвы. Из них 28 мальчиков и 24 девочки. Возраст респондентов варьировался от 15 до 18 лет. Большинство респондентов (69%) на момент опроса достигли 17 летнего возраста, шестнадцатилетних респондентов в общей выборке было 19% (10 человек), 5 опрашиваемых (10%) достигли возраста совершеннолетия и всего один выпускник (2%) был в возрасте 15 лет.

Так, по данным опроса, большинство учащихся - 64% - до поступления в ЦО №218, обучались в другом общеобразовательном учреждении, и лишь 36% выпускников, всю свою школьную жизнь не меняли места своего обучения.

Говоря о специфике осуществления программы профориентации в ГОУ ЦО №218 г. Москвы, стоит подвергнуть анализу оценки, которые давали ученики работе системы профориентирования в их образовательном учреждении. Кроме того, на основе данных выпускников, которые до поступления в ЦО № 218 обучались в другом ГОУ был произведен сравнительный анализ оценок системы профориентирования предшествующего общеобразовательного учреждения с ГОУ, которое они оканчивают.

Анализируя данные (рис. 1), заметим, что всего 12 (36%) учащихся дали оценку работы системы профориентации в своей новой школе ниже или такую же, как и своему предыдущему ГОУ. Т.е. большинство учащихся (64%), перешедших из другого образовательного учреждения, считают работу системы профориентирования в Центре образования №218 г. Москвы более эффективной, чем в их предыдущем ГОУ, что подтверждает рассматриваемую гипотезу. Кроме того, данный факт подтверждает и то, что из всех выпускников довольными обучением в ЦО №218 г. Москвы оказались 96% опрошенных, а затруднились ответить - 4%. Стоит отметить, что отрицательно ответивших на вопрос «Довольны ли Вы обучением в Вашем ГОУ?» среди учащихся вовсе не оказалось.

Таким образом, можно сделать однозначный вывод о том, что выпускники ГБОУ ЦО №218 г. Москвы оценивают систему профориентирования в своей нынешней школе на достаточно высоком уровне.

Вторая гипотеза, поставленная в начале настоящей работы, была рассмотрена на основе результатов интервью заместителей директоров общеобразовательных школ г. Москвы и Московской области: трех заместителей директора ГБОУ «Центр образования №218» г.Москвы и двух заместителей директора средней общеобразовательной школы №7 г. Пушкино Московской области.

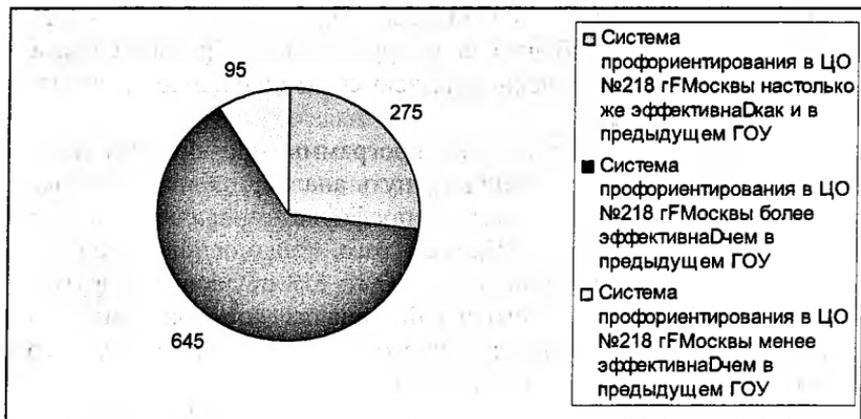


Рис. 1. Сравнение систем оценок профориентирования выпускниками ГОУ ЦО №218 г. Москвы.

При выявлении причин применения или отказа от системы профориентирования была замечена следующая тенденция: роль, которая отводится системе профориентирования в определенном ГОУ зависит от условий и возможностей, которыми обладает конкретное учебное заведение.

Так, в ЦО №218 г. Москвы вопросам профориентирования выпускников отводилось много внимания. Это объяснялось и тем, что весь учебный процесс данного учебного заведения построен, прежде всего, на базе профориентирования учащихся. В то время как в общеобразовательной школе г. Пушкино вопросам профориентирования отводится отнюдь не самое значимое место в процессе обучения. И этот процесс – процесс профориентирования – носит скорее рекомендательный, чем обязательный характер.

Однако, как выяснилось в ходе исследования, причиной отказа от системы профориентирования в общеобразовательной школе Московской области оказалось не только отсутствие ресурсов, таких, как нехватка квалифицированных психологов, но и малое количество самих обучающихся в данной школе.

Так же ГОУ №7 г. Пушкино столкнулась с отсутствием психолога в школе, как такового: «Первый наш психолог ушел в декретный отпуск пять лет назад, после неё на эту должность мы взяли завуча младшей школы по совместительству. Но вот в сентябре она уволилась и до сих пор у нас «висит» вакансия. Правда, только на половину ставки», - отмечает заместитель директора по учебной работе Пушкинской средней школы №7 Конова С.В.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что причина, кроме всего выше перечисленного, так же может состоять и в малой привлекательности профессии школьного психолога для выпускников ВУЗов и малом финансировании государством данного специалиста в общеобразовательных учреждениях.

В то же время заместитель ГБОУ ЦО №218 г. Москвы причиной медленного распространения системы профориентирования видит проблему не столько в отсутствии психолога в общеобразовательном учреждении, а качественную подготовку данного специалиста: «Идеально, чтобы в каждой школе был специалист по профориентированию, специалист грамотный, а не только обученный методикам, потому что профориентация это скорее консультативная работа, а не просто применение методик», - отмечает руководитель структурного подразделения «Психологическая служба» ГБОУ ЦО №218 г. Москвы Крылова Ю.Г.

По словам заместителей директора Центра образования №218 г. Москвы, именно специалисты при школах как раз могут создать необходимые условия для грамотного выбора ВУЗа выпускником, так как встречи с психологом могут повторяться несколько раз в год, и его основной задачей будет выявление рекомендаций, проведение консультаций, а не создание какого-то определенного выбора учащегося.

Таким образом, гипотеза о нехватке специалистов по подростковой психологии, как основной причине отсутствия развитой системы профориентирования в школах регионов не только подтвердилась, но и дополнилась ещё несколькими основаниями, которые также могут быть рассмотрены как препятствия для распространения системы профориентирования повсеместно. Такими основаниями могут служить как профессионализм психологов, привлекающихся для работы в школах, низкий уровень бюджетного финансирования школьных психологов, так и привлекательность работы школьного психолога в целом.

Подводя итоги, хочется отметить, что по данным исследования, школьники, имеющие опыт обучения в различных образовательных учреждениях высоко оценили работу развитой системы профессиональной ориентационной помощи выпускникам. Таким образом, можно сделать вывод о том, что профориентация - это действенная и эффективная система помощи выпускникам с выбором ВУЗа и дальнейшей профессии, необходимая в современных условиях. А анализ интервью заместителей директоров ГОУ позволил выявить ряд причин, препятствующих распространению системы профориентирования: отсутствие специалистов-психологов по работе с

подростками в школах, их недостаточная квалификация и низкий уровень бюджетного финансирования школьных психологов. Таким образом, работа, проводимая в рамках профориентации школьников, хоть и имеет некоторые недостатки, но вместе с тем, производит значимые социальные эффекты, за счет которых является результативной функцией социальной политики государства, в связи с чем, требует повышенного внимания.

Фролова А.А., Гурьева Л.С.

*Московский авиационный институт (научный исследовательский университет)*

### **Отношение студентов МАИ к пользованию услугами университетской библиотеки**

Современный мир представляет нам огромный спектр возможностей по посещению данного учреждения – районная, университетская, государственные, электронные библиотеки ждут своих читателей с распростертыми объятьями. И, пожалуй, одним из самых доступных вариантов для студентов является посещение университетской библиотеки. Университетские библиотеки оснащены как архивным, так и электронным поиском, проводят мероприятия, нацеленные на повышение общей культуры студентов. Но, несмотря на все это разнообразие предлагаемых услуг, посещаемость библиотек в целом и учебных в частности неуклонно уменьшается. Целью данной работы является изучение посещаемости университетской библиотеки студентами 1-5 курсов Московского авиационного института.

**Объектом** исследования выступили студенты 1-5 курсов МАИ различных специальностей и форм обучения.

**Исследовательская проблема:** университетская библиотека, несмотря на наличие большого количества учебного материала и дополнительных услуг, не пользуется большой популярностью среди студентов.

Вопрос о необходимости исследования посещения библиотек встал в нашей стране уже достаточно давно. В 2002 год, в статье «Маркетинговое исследование рынка культурных услуг в России и за рубежом» приводятся данные по Российской Федерации в целом за период с 1985 по 2000 г. «Посещаемость населением библиотек упала с 115,6 млн. чел. в 1985 г. до 61,1 млн. чел. в 2000 г., т.е. в 1,9 раза.» [1]

Более современные исследования подтверждают эту печальную тенденцию. Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ) предоставил результаты инициативного всероссийского опроса, проведенного 23-24 мая 2009 г. Опрошено 1600 человек в 140 населенных пунктах в 42 областях, краях и республиках России. Данные

показывают, каждый второй респондент последний раз был в библиотеке несколько лет назад (50%). Чаще это жители столиц (60%), мужчины (52%), россияне с начальным и средним специальным образованием (53% и 54% соответственно). Еще 7% заявляют, что ходили в библиотеку год-два назад, 3% - в течение последнего года, 6% - полгода назад, 13% посещали библиотеку в течение последних двух-трех месяцев - в основном это жители малых городов (17%), женщины (16%) и высокообразованные респонденты (21%). Между тем, 15% наших сограждан никогда в библиотеке не были. [2]

Обратимся к результатам проведенного исследования библиотеки МАИ (НИУ).

Опрашиваемые студенты, участвовавшие в исследовании, хотя бы раз посещали библиотеку. Не столь успешные результаты были получены о частоте посещения студентов библиотеки. В вопросе о частоте посещения библиотеки были получены не столь утешительные результаты: больше половины респондентов выбрали вариант ответа «1-2 раза в год», лишь треть опрошенных студентов отметили вариант «1-2 раза в месяц». Только трое учащихся утверждают, что в библиотеке они бывают почти каждый день. Также стоит отметить, что 22 респондента предпочли не отвечать на вопрос и отметили «затрудняюсь ответить». Смотрите рисунок №1.

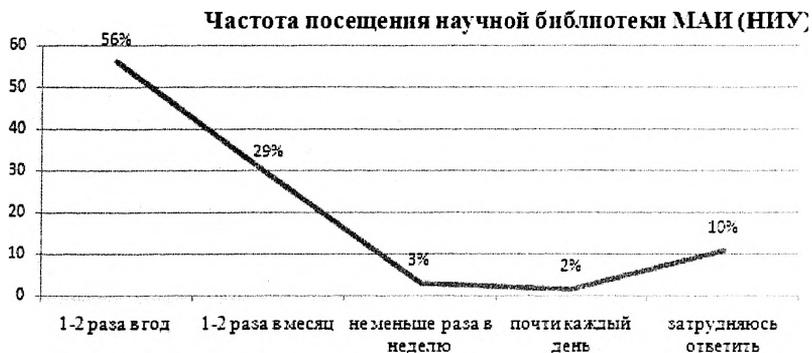


Рис.1. Частота посещения научной библиотеки МАИ(НИУ).

Основной причиной малой посещаемости библиотеки является неосведомленность обо всех ее возможностях.

Большинство всех опрошенных учащихся (76%) не слышали о возможности воспользоваться помощью персонала библиотеки в поиске литературы в зависимости от заданной темы реферата, доклада, курсового проекта.

В процессе непосредственного анализа данных было выявлено, что посещение библиотеки не является решающим фактором учебной успеваемости студента. Большинство респондентов, отвечая на вопрос о посещаемости библиотеки, выбрали пункт «1-2 раза в год», который стал самым популярным среди группы респондентов «Учусь в основном на 4» и «Учусь на 4 и 5». Отличники же оказались в меньшинстве, та же ситуация сложилась и при других вариантах ответа.

Таблица 1

Как часто Вы посещаете библиотеку? Оцените, пожалуйста, максимально честно свою учебную успеваемость. (в %)

	Нормальная, но "удовл." - моя самая частая отметка	Учусь в основном на "хорошо"	Учусь на 4 и 5	Я отличник	Всего, %
1-2 раза в год	11	50	32	7	100
1-2 раза в месяц	17	35	35	13	100
Не меньше раза в неделю	0	50	33	17	100
Почти каждый день	0	100	0	0	100
Затрудняюсь ответить	27	36	37	0	100

Большинство студентов (61%) используют библиотеку для получения необходимой учебной литературы, то есть ограничиваются получением рекомендованной литературы в начала каждого нового семестра.

## Частота использования отделов библиотеки МАИ(НИУ)

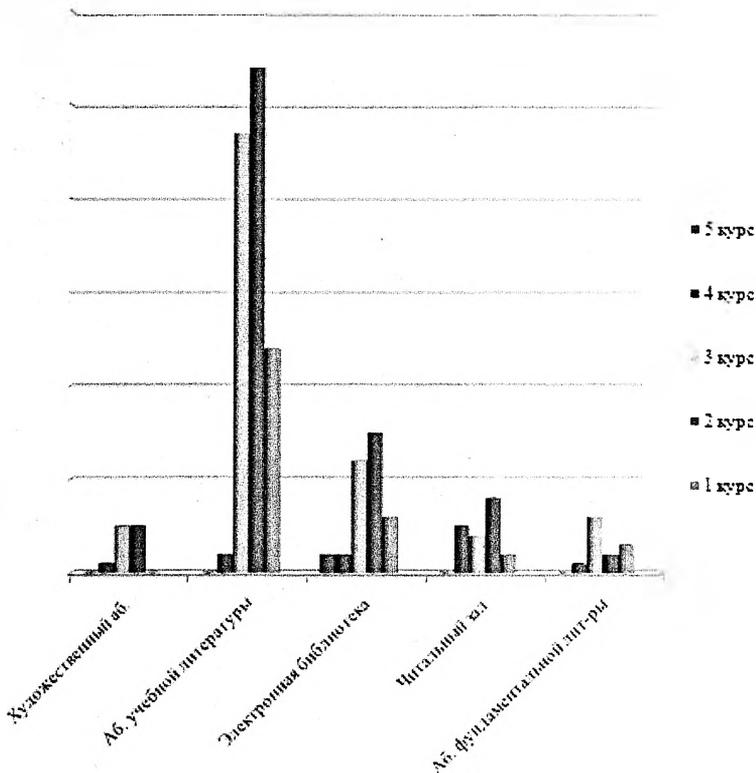


Рис.2. Частота использования отделов библиотеки МАИ(НИУ).

В результате исследования причин, которые ведут к снижению посещаемости библиотеки студентами, были выявлен ряд факторов. Смотрите рисунок №3.

### Факторы, снижающие посещаемость библиотеки



Рис.3. Факторы, снижающие посещаемость библиотеке.

Учащимся с каждым годом обучения всё сложнее находить нужную литературу в интернете, при этом и поиск нужной литературы в библиотеке становится более трудоёмким. Как отмечалось ранее, большинство студентов не знают, что есть возможность воспользоваться помощью сотрудников библиотеки.

Таблица 2

Укажите основные, на Ваш взгляд, факторы, которые, снижают посещаемость библиотеки студентами МАИ.

	1 курс	2 курс	3 курс	4 курс	5 курс
Нужную литературу легко найти в интернете	72,2%	61,9%	64,9%	36,4%	50,0%
Слишком строгие правила пользования библиотекой	0,0%	25,0%	23,0%	9,1%	50,0%
Длительный и трудоёмкий процесс поиска литературы	2,8%	28,6%	47,3%	54,5%	50,0%
Неудобное время работы	47,2%	21,4%	18,9%	63,6%	0,0%
Студенты МАИ недостаточно осведомлены обо всех возможностях библиотеки	22,2%	42,9%	41,9%	36,4%	100,0%
Высокая стоимость услуги ксерокопирования	11,1%	9,5%	6,8%	18,2%	0,0%
Недостаточно приветливый персонал	16,7%	33,3%	29,7%	27,3%	0,0%
Неудобное месторасположение	27,8%	13,1%	12,2%	36,4%	0,0%
Пользование услугами другой библиотекой	8,3%	10,7%	1,4%	9,1%	0,0%

Студенты неохотно пользуются услугами библиотек вне университета: 81% респондентов не пользуется услугами каких-либо других библиотек, поэтому возможность отказа услуг библиотеки МАИ по этой причине исключается.

Следовательно, надо максимально улучшить условия библиотеки в МАИ.

Для этого в опрос был включен открытый вопрос, позволяющий респондентам написать свои собственные предложения для повышения посещаемости библиотеки университета.

Студенты написали большое количество пожеланий. Помимо более удобного поиска книг, графика работы, вежливого персонала и изменения правил пользования, были и весьма оригинальные идеи. Например, многие учащиеся хотели бы внести изменения в оформление помещения библиотеки выставками картин или фотографий. Некоторые респонденты пожалели о неосведомлённости, и написали о более громких анонсах мероприятий, проходящих в библиотеке, об улучшении их рекламы. Были также и идеи о создании полноценного дискуссионного клуба. Практически треть всех респондентов жалеют об отсутствии автоматов с кофе. Было несколько пожеланий, касающихся обновления техники и оборудования, создания собственного сайта, улучшения электронной версии библиотеки.

Наибольшую помощь в сборе информации нам предоставили сотрудники отдела художественной литературы и отдела библиографии. В художественном отделе нам рассказали, что данным абонементом пользуется около 20% студентов, посещающих библиотеку.

Одним из интересных фактом является прямая корреляция между качеством и количеством книг и количеством и активностью посетителей абонемента. С увеличением разнообразия поступающих в библиотеку книжных новинок количество студентов увеличилось не сильно, но посещаемость библиотеки и оборачиваемость книжного фонда заметно возросла.

В отделе библиографии нам рассказали, что студенты совершают большую ошибку, не посещая библиотеку, так как различные абонементы предоставляют не

только специализированную литературу, но и другие уникальные возможности. В частности, в настоящее время студенты могут бесплатно воспользоваться программой «Бук.ру», которая предоставляет материалы различных газет и журналов. Опробовать данную программу можно как в электронной библиотеке, так и в удаленном доступе. Также в отделе учебной литературы всегда можно получить диски с рядом полезных компьютерных программ. Незнание студентов обо всех этих возможностях еще раз говорит о необходимости изменений в системе оповещения о проводимых в библиотеке мероприятиях.

Необходима разработка качественно новой системы оповещения учащихся обо всех возможностях и мероприятиях библиотеки.

- Увеличение количества афиш, размещение их не только в корпусе поточных аудиторий, но и на всех стендах во всех корпусах.
- Использование студенческого радио для рекламы мероприятий.
- Использование плазменных панелей в корпусах университета для рекламы мероприятий.

Важно участие в жизни библиотеки не только ее сотрудников, но и профессорско-преподавательского состава.

Важным изменением будет корректировка графика работы библиотеки; уменьшение стоимости услуги ксерокопирование; упрощение системы поиска книг; расширение возможностей удаленного доступа к ресурсам библиотеки.

### **Библиографический список**

Шекова Е.Л. Маркетинговое исследование рынка культурных услуг в России и за рубежом// Маркетинг в России и за рубежом. 2002.№6

ВЦИОМ, Пресс-выпуск №1232, «РУССКАЯ БИБЛИОТЕКА: 21-й ВЕК», <http://wciom.ru/index.php?id=268&uid=11921>

### **Влияние линейных структур на работу организации муниципального типа**

Местное самоуправление является одной из предусмотренных Конституцией Российской Федерации форм народовластия. В Конституции также всячески подчеркивается, что это самостоятельный уровень власти, не зависимый от государства и реализующий свои задачи[1]. Принцип единоначалия в муниципальных организациях предполагает, что подчиненные выполняют распоряжения только одного руководителя. Вышестоящий орган управления не имеет права отдавать распоряжения каким-либо исполнителям, минуя их непосредственного руководителя[2]. Работа в любой организации должна быть организована таким образом, чтобы сотрудники выполняли свою работу в соответствии с планом действий, знали свои обязанности и цели в организации, причем эти цели должны совпадать с целями организации в целом. Для достижения всего этого, следует четко составлять должностные инструкции каждого подразделения действующей организации и иметь контроль над сохранением деятельности сотрудника в рамках своих обязанностей и прав.

Рассматривая организацию, как орган муниципального образования, стоит сделать акцент на том, что невыполнение обязанностей, которые прописаны в должностных инструкциях приведут к более серьезным последствиям, чем, к примеру, на предприятии коммерческого характера. В связи с тем, что администрация – это орган муниципального образования, в котором не предусматривается прямой контакт главы округа с нижними подразделениями структуры управления, то это приводит к нарушению коммуникационных связей. Тем самым, руководители среднего уровня управления могут позволить себе то, что не прописано в инструкциях, так как молодые специалисты не рискнут пойти и сообщить об этом главе округа. Получается очень большая неурядица, которая требует исследования.

Цель исследования состоит в том, чтобы изучить и оценить детерминированность реального выполнения объема работ среди руководства одной возрастной группы и персонала низшего уровня другой возрастной группы нормативам, закрепленных в должностных инструкциях.

Проблема заключается в несоответствие нормативов, закрепленных в должностных инструкциях, реальной практике по выполнению объема работ среди линейных подразделений структуры управления разных возрастных групп.

Чтобы иметь представление о том, как рассматривают молодые специалисты и руководители среднего звена политику, которой придерживаются сотрудники администрации по отношению к молодым специалистам, были предложены различные варианты со свободой выбора (то есть был предоставлен вариант ответа «другое»), в результате чего большую популярность приобрели такие факторы, как психологическое давление со стороны руководства (35,9 %) и молодые специалисты не справлялись с данным им объемом работ (37,5%). Это отражено на рис. 1.

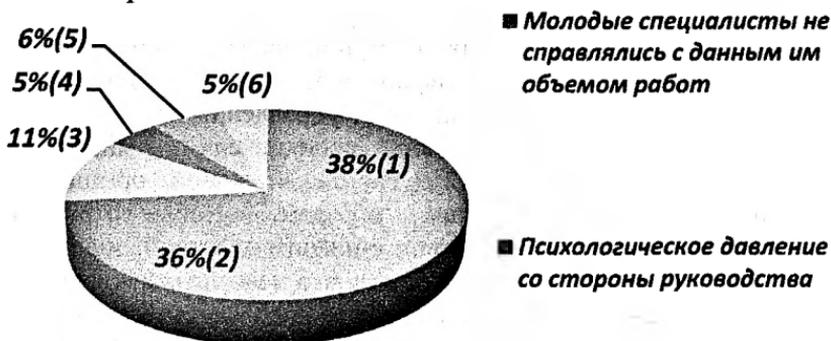


Рис. 1. Причины увольнения по мнению молодых специалистов.

С одной стороны, можно заметить, что руководство могло бы более лояльно относиться к ещё не опытным специалистам, с другой стороны, невыполненный объем не является оправданием для молодых специалистов. Стоит заметить, что в настоящее время распространены такие явления как адаптация персонала. Администрациям муниципального образования не следует забывать об этом, но это уже другое исследование.

То есть, нельзя сделать однозначного вывода. Далее, чуть больше 10 % процентов отметило, что молодые специалисты не имеют опыта и возможности конкурировать с более опытными специалистами. Это является почти закономерностью. Единицы могут блеснуть «знаниями» впервые месяцы работы и быть на уровне с теми, кто работает там уже много лет. Специалистов не пугает рутинность работы, объем работы. Для молодых специалистов важен коллектив и настрой в коллективе, что, судя по исследованию, не предоставляются в организациях данного типа.

Чтобы сделать более конкретный вывод, было осуществлено распределение с конкретным вопросом на наличие в администрации политики «выживания» молодых специалистов (рис. 2). Почти половина

респондентов считают, что существует политика «выживания». Это происходит по причине того, если обратить внимание на корреляцию между причинами увольнения и наличием политики «выживания», то основная причина увольнения молодых специалистов – психологическое давление со стороны руководства.

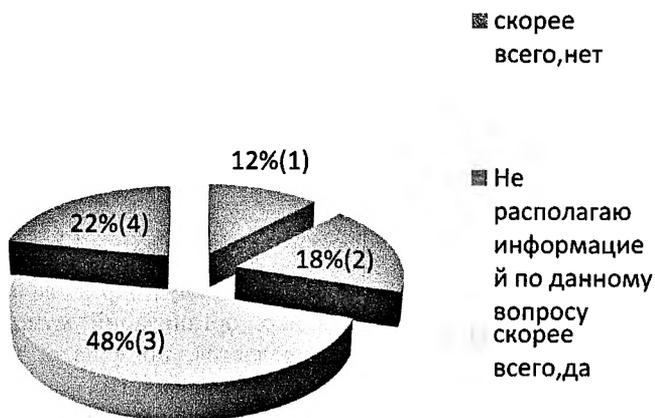


Рис. 2. Распространение политики "выживания".

Факт подтверждения этой причины коррелирует с тем, что молодые специалисты считают, что политика «выживания» существует. Другие причины, кроме рутинной работы, не влияют на мнение о политике «выживания». Называя другие причины, молодые специалисты в основном не имели информации о том, есть ли такая политика или нет. Рутинная работа совершенно не их мнение. Молодые специалисты, к сожалению, подтверждают факт такой политики. Следует сказать в данном случае, что при таком продвижении и такой направленности руководителей можно ожидать не только текучку кадров, но и отсутствие молодых специалистов, которые должны прийти на замену в какое-то время более зрелому персоналу. Это является основой жизнеобеспечения организации.

Проводя дальше исследование, вопрос коснулся самого процесса взаимодействия в организации. Согласно исследованию, уровень взаимодействия сотрудников между подразделениями остается на низшем уровне (78% молодых специалистов считают, что существует разрыв взаимодействия). Не согласны с этим лишь 18%. Разрыв взаимодействия между подразделениями приводит к тому, что одна и та же работа выполняется разными подразделениями. Об этом же говорят и руководители среднего звена в своих интервью. Получая указания,

они отписываются не одному подразделению, а нескольким. В таких условиях невозможно организовать работу. Работа должна быть делегирована. Данные отражены на рис. 3:

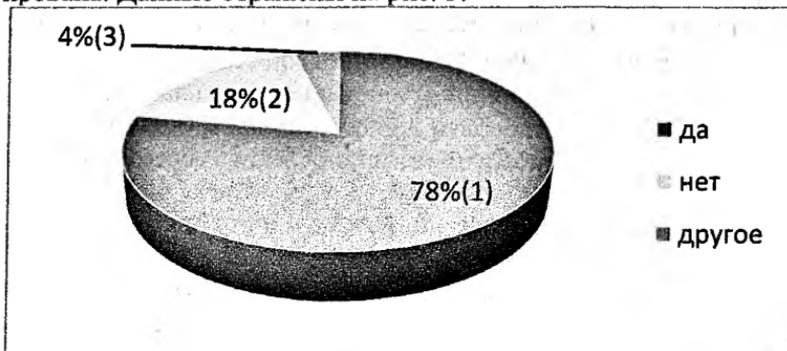


Рис. 3. Характер взаимодействия между подразделениями.

Исследование и изучении подобных организаций муниципального типа показало, что информация передается, но каналы по которым передается информация стоит пересмотреть, изменить.

От качества обмена информацией напрямую зависит степень реализации поставленных задач. В то же время некачественная, неэффективная коммуникация способна порождать массу проблем в организациях. В частности, так называемые «открытые» проблемы, которые связаны с человеческими, поведенческими аспектами деятельности организации. Они проявляются в социально-психологической напряженности, конфликтах, столкновениях интересов, в «разрывах» деловой коммуникации, в отказе от сотрудничества и в других симптомах нездорового нравственно-психологического климата организации /о типах организационных проблем.

Характеризуя процесс взаимодействия в организации, следует обратить внимание на то, как производится отбор в администрацию, какие отношения преобладают, что влияет на тот или иной тип отношений и т.д.

В результате исследования было выявлено, что в основном в администрациях существуют противоречивые взаимоотношения между молодыми специалистами и руководителями среднего звена. Однако, стоит заметить, что сотрудниками себя считают лишь 10% молодых специалистов и на это влияют личные качества и формальность деятельность

Интерпретируя данное явление, следует отметить, что люди разных возрастов имеют различные взгляды на работу и на бизнес. И порой эти взгляды вступают в серьезное противоречие. Кроме того, молодое поколение, выросшее в эпоху компьютеров и цифровых технологий,

отличается технической грамотностью совсем другого характера, нежели предыдущее поколение. С этим связана и ориентированность молодежи на быстрый результат. Они не готовы долго ждать вознаграждения. Еще одна особенность нового поколения – быстрая адаптация. Но порой трудно адаптироваться, когда тебя сразу награждают большим объемом работ. Мнение сотрудников о том, знают ли они свои должностные инструкции, соответствии их содержания реальной практике отражено на рис. 4.

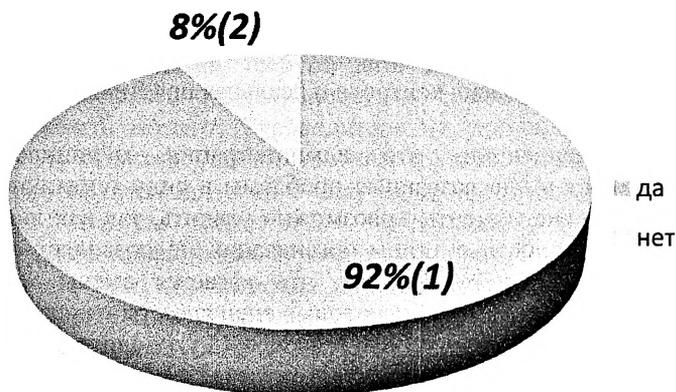


Рис. 4. Уровень знания о должностных инструкциях.

Тем самым, можно сделать вывод, что знание своих обязанностей не гарантирует соответствие реальной практике по их выполнению. Почти у всех сотрудников объем превышает обязанности, то же самое количество молодых специалистов задерживаются на работе и при этом молодые специалисты считают, что руководители превышают свои полномочия.

Однако, руководители высшего звена проводят наблюдение рабочего дня, то есть если бы обязанности выполнять совершенно вне инструкций, то руководство бы не могло не заметить это и это как –то бы контролировалось. Однако, молодые специалисты загружены (рис. 5).

Организация деятельности муниципальной власти, воплощенная в планах, регламентах, инструкциях, организационных процедурах имеет огромное значение. Любая модель структуры управления должна быть подкреплена системой функциональных связей между структурными звеньями.

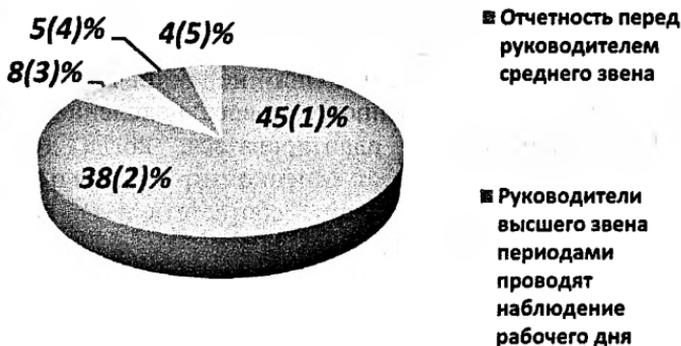


Рис.5. Уровень контроля и реальная практика.

Обнаружены тенденции, что администрации муниципального образования имеют выше названные проблемы в силу тематики своей деятельности. Многие моменты невозможно уладить, так как линейная структура в совокупности с типом организации не позволяет сделать информацию «прозрачной». Так же, что касается смены молодых специалистов. На данный момент молодые специалисты ожидают сразу чего-то хорошего, простого и увлекательного. Руководители среднего звена пытаются «воспитать специалистов» так, как воспитывали их руководители в их время.

Руководители в свою очередь не учитывают особенности нынешнего поколения и нам нужны уже более современные методики контроля или же мотивации, нежели было тогда. Потребности изменились, ценности.

Среди руководителей среднего звена прослеживается дух «помощи городу». Они рассматривают свою работу как нечто важное, особенно важное для города. От них лично зависит благополучие, они занимаются финансами города, что определяет его развитие. Однако, всё было сказано в очень общих фразах. Или было сказано, что для благополучия или же что управление финансами. Хотелось установить связь этой категории с категорией «специальность». Но, однако, никакой связи не было выявлено.

Руководители среднего звена поддерживают идеи «статуса» их места должности и трудности работы в нем. Их это не отталкивает, их наоборот это привлекло. На вопрос: «Что Вам запомнилось при трудоустройстве на данную работу?», респондент отвечал: «...Поражена возможность работать в данной организации».

При трудоустройстве руководителей среднего звена на данное место работы у одного из нынешних руководителей оценивали не что – либо, а стойкость характера. «У нас в то время было 4 кандидата на одно рабочее место и при устройстве оценивали не только уровень подготовки, знания, но и качества характера». Здесь стоит немного глубже посмотреть на этот момент. Обычно, мы познаем нынешнюю

реальность через свой собственный опыт. «Как воспитывали нас, так и мы воспитываем своих детей».

Если спровоцировать то, как принимали на работу нынешних руководителей, можно объяснить некоторое поведение их сейчас, когда устраиваются новые специалисты. Возможно, немного иным способом, но так же оценивается стойкость характера и видимо, многие не подходят под данную категорию людей.

Руководители довольны своей работой. Они симпатизируют к самой организации, они с положительной оценкой и настроем описывают свою деятельность. На это влияет и личные черты человека и то, чем он занимается. Руководство требует дать им чуть большую свободу действий и повысить ответственность за невыполнение работы. Тут стоит уточнить момент. Руководитель не указал, для кого именно повысить эту ответственность. Конечно, молодые специалисты должны положиться на руководителей в силу их профессионализма. Но, когда признание того, что должностные инструкции у руководителей не являются основополагающим ограничением прав, то как можно убедить специалистов, что полномочия не превышаются? Здесь можно выдвинуть новые гипотезы и начать новое исследование.

Однако разрыва взаимодействия, по мнению руководителей, не происходит. Лишь начальник отдела распределения бюджета указал на то, что «Порой одна и та же деятельностью отписывается разными подразделениями». Все остальные руководители говорили лишь о том, что да, совершенство есть, но оно не влияет или же «не в силах что-то изменить». На это стоит обратить внимание. Увольнение молодых специалистов для администрации является «обычным делом». Причины этого то, что молодые специалисты не справляются с данным им объемом работ. «Что молодые специалисты хотят всего и сразу». К инициативности относятся все хорошо, однако, пока молодой специалист не набрался опыта, чтобы проявлять инициативность.

Задавая сотрудниками одни и те же вопросы, на одну тематику были получены различные данные. Картина, полученная после анализа количественных данных в ходе опроса молодых специалистов, представлялась таким образом, что во-первых, руководители среднего звена нарушают свои должностные инструкции, во вторых, молодые специалисты уходят с работы из-за психологического давления руководителей среднего звена и высокого объема работы; в-третьих, в администрации существует «политика выживания» молодых специалистов; в-четвертых, между подразделениями существует разрыв во взаимодействии.

Руководители же считают, что они редко обращаются к должностным инструкциям в силу опыта и умения реагировать нужным образом в нужной ситуации.

Таким образом, изучение практики муниципального управления позволяет сделать вывод не только о несовершенстве организационных структур, но и о нечеткости функциональных связей и взаимодействий. Наблюдается дублирование функций и неравномерная загруженность работников, причем, чем выше должность, тем больше нагрузка. Имеется отраслевая разобщенность структурных подразделений, слабое горизонтальное взаимодействие между ними. В результате усложняются процессы информационного обмена, затрудняется выполнение совместных поручений. Это, в свою очередь, приводит к некачественному выполнению совместных заданий, перекладыванию структурными подразделениями ответственности друг на друга. Положения о подразделениях администрации и должностные инструкции работников не всегда дают четкое представление об объеме выполняемых ими функций, а реально выполняемые функции существенно отличаются от указанных в официальных документах.

#### **Библиографический список**

Конституция РФ

Чиркин В. Е. Государственное и муниципальное управление: Учебник. — М.: Юристъ, 2003

Сергеев И.Ю., Иванов М.А.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

#### **Этические аспекты космической деятельности**

Космическая деятельность (КД) - деятельность по исследованию, освоению и использованию космического пространства - вовлекает в свою сферу все большее число людей, научно-производственных отраслей, государств. Область космических исследований расширяется. Возрастает влияние космической деятельности на международное сообщество, отдельные социумы, человека. Возникают новые виды отношений в связи с космической деятельностью, как между людьми, государствами, так и между человеком и природой, человеком и ближним и дальним космосом. Эти отношения нуждаются в особой системе регуляции и оценке, в том числе и гуманитарно-этической.

Как всякий вид профессиональной деятельности КД регулируется различными нормативными системами (техническими, научными, правовыми, всевозможными инструкциями и распоряжениями и т.п.). Важная роль в этой регуляции принадлежит моральным (этическим) факторам. Моральные нормы и принципы выступают формой *саморегуляции* человеческой деятельности и не предполагают санкционирования, характерного, например, для систем права или различных форм администрирования. Как правило, моральные

факторы являются основами правовых систем, служат для их интерпретации и обоснования. Моральная (этическая) оценка распространяется также на цели, проекты, результаты любых областей и видов человеческой практики.

Этические факторы обычно рассматривают как регулятивы космической деятельности. Однако не только в этом их функциональность. Этические факторы выступают формой гуманитарного измерения КД, способом ее морального оправдания. Такого рода оценка не тождественна оценке практической, научной, технической и др. видов значимости КД. Этические факторы представляет собой обобщенную и результирующую форму измерения КД, в которой она соотносится с идеалами подлинного существования и назначения человека.

Следует выделить специфические моменты космической деятельности, важные для ее морального осмысления. Во-первых, в космической деятельности человечество выступает, по существу, как единое целое, как единая человеческая общность. В той или иной степени это осознается в практике и теории КД. В Договоре о космосе (222 (XXI) 1967 г.) космонавты рассматриваются как посланцы человечества в космосе (ст. I) [1]. Исследование и использование космического пространства провозглашается «достоянием всего человечества» и «осуществляется на благо и в интересах всех стран» (там же). Дорогостоящие и технически сложные космические проекты и прежде всего проекты в области межпланетной космонавтики невозможно (или весьма затруднительно) реализовать усилиями одной страны.

Конечно, КД выступает прежде всего в национальных формах, и каждая космическая страна преследует свои национальные интересы, формирует свои цели и космические программы. Однако, по своей сути, космические исследования служат объединению земель, и выступают своеобразным фактором глобализации человечества.

Во-вторых, в космической деятельности человек выходит за рамки своего земного естественного пространственного существования, человечество вступает в космическую эру цивилизации. Космическая деятельность может так же рассматриваться как инструмент возможного спасения человеческой цивилизации, культуры, жизни в условиях, когда жизнь на нашей планете станет по тем или иным причинам, невозможной.

В - третьих, космическая деятельность осуществляется в условиях высокого научно-технического уровня современной цивилизации и сама является их проявлением. Научные открытия, революционные технологические прорывы приводят к преобразованию социума, человека, к изменениям его мировоззрения и сознания. Эти изменения

ставят вопрос о пределах человеческих возможностей, самоидентичности человека и его нравственных основах.

Подобно тому, как возникновение термоядерного оружия привело к необходимости нового мышления в ядерный век, Манифесту Рассела - Эйнштейна, Пагуошскому движению ученых, - наступление космической эры человечества инициирует формирование космического мировоззрения и его нравственных начал.

Можно выделить различные аспекты моральной регуляции в КД.

Первый аспект касается целей космической деятельности в ее отношении к дальнему космосу, возможной встречи с внеземными цивилизациями, гипотетической колонизации человеком космического пространства.

Второй аспект предметно ориентирован на ближний космос, глобально - земные проблемы космической деятельности. На этом уровне этические факторы непосредственно функционируют в космической деятельности и оказывают практическое воздействие на земную жизнь.

Следует также разграничить *внутренние и внешние* этические аспекты космической деятельности. Внутренние функционируют в космической деятельности как регулятивы единого корпоративного космического сообщества. Они проявляются в форме профессиональных кодексов, в которых определяется, что должен или не должен делать исследователь космического пространства в рамках своей профессии. Внешние этические аспекты КД фиксируют ответственность ее субъектов перед обществом, природой, космосом.

Отмеченные этические аспекты космической деятельности не изолированы друг от друга и взаимодействуют.

Обозначенный нами первый аспект космической деятельности рассматривался прежде всего в философии космизма, в произведениях научной фантастики [см. 2]. Примером может служить космическая философия К.Э.Циолковского (1857-1935). В своих работах "Этика, или Естественные основы нравственности", "Горе и гений" (1916), "Научная этика" (1930) Циолковский обосновывал космическую природу нравственности, выводил нравственные принципы из устройства космоса. "Этика Космоса, - писал Циолковский, - т. е. его сознательных существ, состоит в том, чтобы не было нигде страданий". Отсутствие страданий, счастье - главная цель жизни в этике Циолковского. Для этой цели необходимо совершенствовать действительность, в том числе человека, общество и космос. «Нельзя отрицать, - писал ученый, - что совершенное сильнее несовершенного и поэтому, побуждаемое истинным эгоизмом, ликвидирует всё несовершенное и страдальческое» [3]. Идея ликвидации несовершенного и методы этой ликвидации

вызывают критику современных исследователей творчества Циолковского [4].

Такого рода подходы и проекты, хотя и далеки от реальности, затрагивают важный вопрос о различных стратегиях взаимоотношений цивилизаций, людей, народов, находящихся на различном уровне развития. Обсуждая проблему взаимоотношений с внеземными цивилизациями, Карл Саган допускает возможность существования «некоего галактического закона, некоего этического принципа невмешательства в развитие молодых цивилизаций» [5, с.449], что позволяет им существовать и развиваться. Вместе с тем, история развития земных цивилизаций имеет и другие стратегии взаимоотношений. Это, например, агрессивная стратегия испанского завоевателя Кортеса, который с небольшим отрядом европейцев, опираясь на технологическое превосходство, покорил и уничтожил высокоразвитую североамериканскую цивилизацию ацтеков, насчитывавшую миллионы людей (Там же, с. 448). Такая стратегия, если она возобладает на Земле и будет перенесена в космическую деятельность, не сулит ничего хорошего. Если люди не смогут договориться и взаимодействовать на основе мирных принципов, наша технологическая цивилизация придет к самоуничтожению. Если же самоуничтожения удастся избежать, то попытка завоевать космос (по аналогии с покорением природы) не будет позитивной, принесет множество неоправданных проблем и рисков.

Второй этический аспект, связанный с реальным освоением космоса получил отражение в исследованиях и законодательной практике. Как отмечает Р.Апресян, в середине 20 века «этико-космическая» проблематика первоначально обсуждалась в ключе, близком проблематике экологической этики и этики научно-технических исследований: освоение и использование космоса должно быть безопасным. Атмосфера холодной войны и опосредованность космических исследований и разработок военными интересами, не способствовали широкому и публичному обсуждению проблем космической этики. Важен и другой, социально-гуманитарный, аспект «этики космоса» – в духе лозунга: «Космос на службе человека!». Наконец, с расширяющейся коммерциализацией космических запусков все более актуальными становятся проблемы качества предоставления «космических услуг», охраны прав потребителей [6].

Этические принципы нашли отражение в международном законодательстве о космосе и прежде всего в принятом США, Великобританией и СССР в 1967 году Договоре о космосе (полное официальное название: Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела). В настоящее время в Договоре участвуют более 100 стран. Договор, ориентирует на мирное

исследование и использование космического пространства. Участники договора полагают, что «исследование и использование космического пространства должны быть направлены на благо всех народов, независимо от степени их экономического или научного развития», должны «содействовать развитию взаимопонимания и укреплению дружественных отношений между государствами и народами», «космическое пространство, включая Луну и другие небесные тела не подлежат национальному присвоению ни путем провозглашения на них суверенитета, ни путем использования или оккупации, ни любыми другими средствами»; договор фиксирует принцип защиты космической окружающей среды от загрязнения и земной окружающей среды – от попадания взвешенных веществ и т.д. [см. 1] Исследователи отмечают, что эти этически выверенные принципы обеспечили Договору о космосе репутацию самого успешного продукта нормотворчества в рамках ООН [7].

В настоящее время этика исследования и использования космического пространства рассматривается как динамично развивающаяся область нормативной рефлексии и опыта этического регулирования космической деятельности. Примером такой этики могут служить материалы Всемирной комиссии по этике научных знаний и технологий при ЮНЕСКО, разработанные совместно с Рабочей группой по этике космического пространства (the Ethics of Outer Space). Эти материалы включают следующие рекомендации :

1) Космос является этической проблемой.

Поэтому а) в регламентировании деятельности по использованию космического пространства этические принципы должны быть приоритетными по отношению к правовым; они должны определять принципы политики в этой области; б) работа с биологическими материалами должна проводиться со всеми мерами предосторожности; в) космонавты на орбитальной станции должны придерживаться тех же правил, что и на земле.

2) Конечной целью всех исследований космоса является расширение человеческого опыта и знаний в проекции к исследованию земли.

Поэтому а) космос в целом и в отдельных своих частях не может становиться предметом собственности (и это предусмотрено договором 1967 года); каждый имеет свободу доступа в космос; космос должен приносить пользу всему человечеству; б) все заинтересованные стороны должны прилагать усилия по сокращению космического мусора; в) международное право должны быть введены нормы, обеспечивающие равную обязанность всех космических держав за ограничение космического мусора.

3) Космос является площадкой использования различных технологий, потенциальный риск которых для человечества значителен.

Поэтому а) развитие космических технологий должно способствовать благо всего человечества; данные, полученные из космоса и благодаря космическим исследованиям, должны служить всем людям; б) при этом надо различать три вида данных: научные данные и данные, касающиеся состояния окружающей среды, в отличие от коммерческой информации, должны быть предметом общего достояния; в) конфиденциальность информации, передаваемой космическими средствами, должна тщательно соблюдаться; г) следует соблюдать политические свободы и культурную идентичность; д) космические исследования должны координироваться на всемирном уровне.

4) Космос является предметом общественного мнения.

Поэтому а) необходимо широкое общественное обсуждение проблем, связанных с освоением космического пространства, – диалог, к которому надо готовить в системе университетского и, в частности, журналистского образования; б) начиная со школы надо формировать в людях культуру космоса [цит. по 8].

Как видно, многие из этих рекомендаций повторяют положения Договора о космосе и соответствуют его духу. Учтен также современный опыт КД. Обращает на себя внимание факт провозглашения приоритетности этических принципов над правовыми и их определяющей роли в стратегии космических исследований. Подчеркивается важность формирования культуры космоса в образовательной практике. Конечно, остаются вопросы о действительности этих регулятивных рекомендаций, кто и каким образом будет осуществлять контроль над выполнением этих рекомендаций.

Данные рекомендации представляют собой пример прикладной этики, выраженной в виде кодекса, и могут рассматриваться как относящиеся к внутреннему и внешнему этическим аспектам КД.

К сожалению приходится констатировать, что современная практика исследования и освоения космоса находится в остром противоречии с многими принятыми законодательными и этическими принципами. Ускоренными темпами происходит милитаризация космоса, проводимая основными космическими державами и прежде всего США. Что связано как с изъятиями в Договоре о космосе, так и с геополитическими изменениями (распад СССР, появления новых космических держав, ускоренное развитие космических исследований, за которым не поспевает космическое право и др.). Так, в 1982 году Президент США Рональд Рейган издал директиву, в соответствии с которой усилия США по освоению космоса на последующее десятилетие должны были быть ориентированы на создание и развертывание на околоземной орбите ряда новых систем вооружений. В 1984—1985 годах в США началась разработка космического лазерного оружия. В 2006 г. Президентом Бушем был подписан документ ( "Национальная космическая политика"), в котором космос

был объявлен «зоной интересов США», «одним из самых главных компонентов системы обеспечения экономической и национальной безопасности страны». [цит. по 7]. В 2007 г. Китаем было проведено успешное испытание баллистической ракеты среднего радиуса действия, которой был сбит выведенный из эксплуатации, метеорологический спутник. Мировая общественность осудила это событие. Однако китайская сторона не нарушила нормы международного права, поскольку в космическом пространстве запрещено использование лишь ядерного оружия и других видов оружия массового поражения, а примененная Китаем противоспутниковая баллистическая ракета не относится ни к одной из этих категорий.

Космическая деятельность приводит к ускоренному загрязнению космического околоземного пространства и земной атмосферы. Отчасти это связано с тем, что на начальных этапах развития космонавтики экологические требования не принимались в расчет при разработке и планировании КД, при проектировании космической техники [9].

Особую остроту принимает проблема космического мусора. Большая часть космических объектов по технико-экономическим причинам не возвращаются на Землю, а, будучи выведены с рабочей орбиты, остаются на неопределенный срок в космосе, или взрываются. В результате на орбите остается большое количество обломков, которые составляют угрозу для космической деятельности. За годы развития практической космонавтики на орбите осуществлено более 200 взрывов, в результате которых было образовано 13000 объектов космического мусора размером более 10 см, и более 200 000 объектов – между 1 и 10 см и более 35 000 000 – между 0.1 и 1 см. [цит. по: 7].

Озабоченность вызывают также проблемы приватизации космоса и распространения на его объекты права частной собственности (см., например, так называемую проблему «лунного посольства»), секретные исследования и эксперименты (технические и биологические) в космосе, проблемы частной активности в космосе, проблема усиления коммерциализации в исследовании и использовании космического пространства и др.

Отмеченные явления показывают, что нормы космического права и этические принципы могут нарушаться в реальной КД, что в космическую деятельность зачастую переносятся принципы и правила не выражающие лучшие устремления человеческой природы и не отвечающие духу и подлинным задачам космической деятельности. Однако это не означает, что нужно отказываться от указанных регулятивных систем. Космическая деятельность дает шанс человечеству, но для этого она должна быть ориентирована на благо и добро, на общечеловеческие ценности. Именно этому должна

способствовать этика космических исследований. Ее развитие и укоренение в мировоззрении отдельных людей и в общественном сознании сохраняет надежду на позитивное развитие деятельности человека в космосе.

### **Библиографический список**

Договор

о космосе (222(XXI)1967г.) <http://www.unoosa.org/oosa/SpaceLaw/gares/html/gares212222.html>

Русский космизм. Антология философской мысли. М., 1993; Мепельман В.С. Этическое измерение глобально-космических проектов // Общественные науки и современность. 2000, № 1

Циолковский К.Э. Научная этика // Циолковский К.Э. Очерки о Вселенной. М., 1992. С. 117-140

Казюгинский В.В. От космической философии - к философии космонавтики // К.Э Циолковский: исследование научного наследия. Калуга, 2008.

Саган, К. Космос: Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации [пер. с англ.]. — СПб.: Амфора. ТИД Амфора, 2005.

Апресян Р.Г. Этика использования космического пространства. <http://iph.ras.ru/uplfile/ethics/RC/ed/school3/materials/apressyan4.html>

Мальшева Н.Р. Космос: этика-право <http://www.bazaluk.com/conference/272/comments.html>

Р.Г.Апресян Профессиональная, прикладная и практическая этики [iph.ras.ru/uplfile/ethics/RC/ed/kaunas/apr.html](http://iph.ras.ru/uplfile/ethics/RC/ed/kaunas/apr.html)

Кричевский С.В. Аэрокосмическая деятельность: методологические, исторические, социоприродные аспекты. М., 2007.

Ковалева М.А., Мамичева А.И., Гурьева Л.С.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Удовлетворенность условиями труда врачами в государственных больницах по городу Москве**

Работа посвящена исследованию влияния условий труда врачей на их трудовую мотивацию. Выбор темы обусловлен тем, что современные государственные медицинские учреждения ассоциируются с низким уровнем квалификации врачей, недостатком современного оборудования и плохой организацией приема пациентов.

Качество работы во многом определяют условия труда врача. Напомним, что согласно статье 209 ТК РФ, условия труда - это совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работников.[1]

Чтобы изменить сложившуюся ситуацию необходимо направить усилия на создание благоприятных условий для эффективной и качественной работы медицинского персонала. Помимо этого необходимо мотивировать медицинских работников на личную ответственность, на надежды и желание улучшить сложившуюся ситуацию в российской медицине.

Однако на сегодняшний день врачи относятся к ТОП-10 наименее оплачиваемых специальностей. И для того чтобы выжить, они вынуждены работать по совместительству, что не оставляет времени на отдых. А в соответствии со статьей 350 ТК РФ "Некоторые особенности регулирования труда медицинских работников" для медицинских работников устанавливается сокращенная продолжительность рабочего времени - не более 39 часов в неделю. [2] Кроме того, у медицинских работников не остается времени на самообразование и повышение квалификации. Вопрос материального обеспечения выходит на первый план.

По данным депутата Государственной Думы VI созыва Антона Белякова, средняя зарплата российских медиков (на май 2012 года) – 26 тысяч руб., около \$ 800. И это средняя зарплата медиков. При этом по данным Росстата средняя заработная плата в России ныне составляет 18,3 тыс. руб., а в Москве – 35,6 тыс. руб. [3]

Следует отметить, что качество оказания медицинских услуг – это основной показатель, по которому оценивается работа системы здравоохранения в целом. При этом качество услуг зависит от многих условий, в том числе:

- 1) Квалификации врачей.
- 2) Условия труда врачей (в том числе оснащенность медицинского учреждения, возможности своевременного проведения диагностики и пр.).
- 3) Отношения к пациентам. [4]

Исследовательская проблема - выявление зависимости между реальным качеством оказания медицинской помощи и условиями труда врачей государственных больниц города Москвы, приводящими к снижению трудовой мотивации врачей. Как уже было сказано, актуальность этой темы вызвана низким уровнем качества оказания медицинской помощи в государственных медицинских учреждениях.

Удовлетворенность условиями труда является важнейшей, но многофакторной причиной повышения производительности труда. В связи с этим выдвигается гипотеза:

В наибольшей степени врачи не удовлетворены: своей заработной платой, степенью оснащенности своего рабочего места и отсутствием возможности профессионального роста.

Для проверки выдвинутой гипотезы был использован комплекс взаимодополняющих методов исследования: методы теоретического анализа литературы по исследуемой проблеме и количественный метод сбора эмпирической информации - анкетирование.

Опрос проводился по репрезентативной выборке в государственных больницах по городу Москве (Клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова (25 человек), Больница № 46 (25 человек), Больница № 71 (28 человек), Детская клиническая больница № 13 им. Филатова (30 человек)). Общий объем выборки - 108 человек.

Половозрастная структура выборки соответствует структуре состава практикующих врачей. Мужчины составляют 23%, женщины составляют 77%. Социально-демографические характеристики выборки в целом совпадают с характеристиками врачебного персонала в государственных медицинских учреждениях по городу Москве, что позволяет распространить полученные данные на всю генеральную совокупность, т.е. на всех врачей государственных медицинских учреждений по городу Москве. Выборка является случайной.

Представлены данные о количестве мужчин и женщин, принявших участие в опросе. См. рис.1:

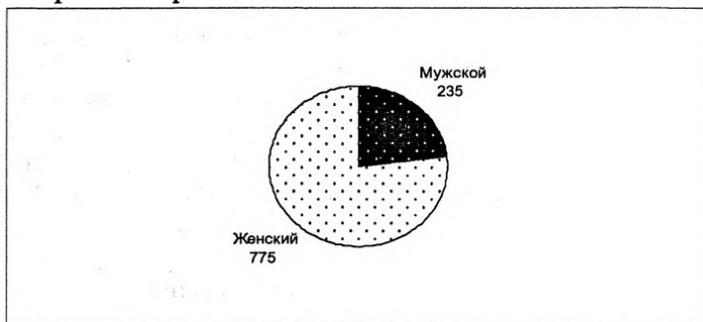


Рис. 1. «Пол респондента».

Анализ возрастной структуры показал, что в государственных больницах по городу Москве преобладают врачи в возрасте от 25-35 лет, их доля составила 47%, немного меньше в процентном соотношении врачей в возрасте от 46 до 55 лет, это составляет 36%. Категория 36-45 лет представляет собой 17% от общего числа рассматриваемой нами категории врачей. См. рис. 2:

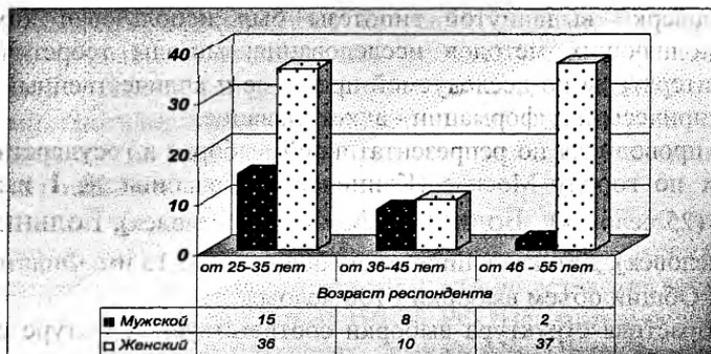


Рис. 2. «Возраст респондента».

При анализе распределения изучаемой категории врачей разного пола по возрасту были установлены некоторые различия в возрастной структуре врачей разного пола. Так, удельный вес мужчин в возрасте 46-55 лет значительно меньше удельного веса женщин в этой же категории: 8% против 44%.

Большинство опрошенных в своих анкетах жаловалось на недостаточный размер заработной платы и ее несоответствие их стажу. Самый распространенный размер заработной платы от 21 000 до 30 000 рублей. При этом из таблицы 1.3 мы можем заметить, что 40,8% респондентов имеют стаж работы 16 и более лет и, следовательно, эта группа достаточно широко представлена в категории з/п от 21 000 до 30 000 рублей, наравне с врачами, имеющими стаж работы от 1 года до 8 лет. Это и объясняет недовольство опрошенных.

Таблица 1 «Стаж работы опрошенных».

Стаж работы	Количество в %
От 1 до 8 лет	40
От 9 до 15 лет	19
От 16 и более лет	41
Всего	100,0

От описания первичных данных перейдем непосредственно к проверке нашей гипотезы.

Из данных рис. 3 можно сделать вывод о том, что больше половины врачей не удовлетворены своей заработной платой. 36% - опрошенных скорее не удовлетворены, чем удовлетворены и 12% - скорее удовлетворены, чем не удовлетворены.

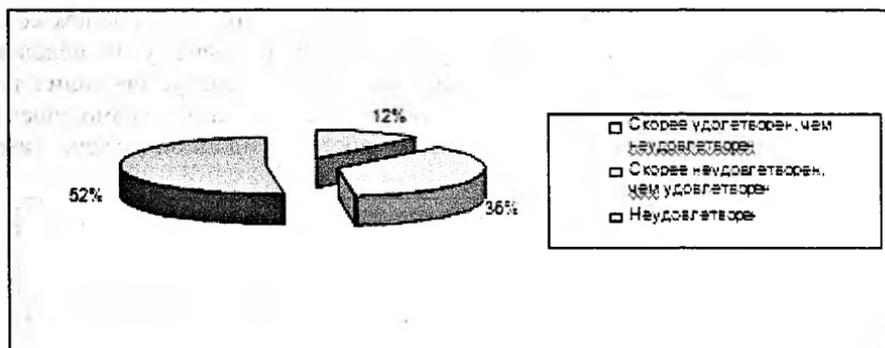


Рис. 3. «Удовлетворенность заработной платой».

Также большинство врачей не довольны соотношением размера их заработной платы с уровнем их квалификации. 60 человек из 108 опрошенных считают, что их заработок должен быть выше, чем на данный момент. См. рис. 4:



Рис. 4. «Соответствие квалификации врача с размером з/п».

Так как медицинские технологии и методы постоянно меняются, врач должен постоянно повышать свой уровень квалификации. Примером процесса усовершенствования персонала являются курсы повышения квалификации, направлять на которые должны медицинские учреждения для того, чтобы иметь в своем штате высококвалифицированных специалистов. Еще нельзя забывать о саморазвитии медицинского работника – для повышения своей квалификации он может заниматься научной деятельностью.

Если посмотреть на рис. 5, то можно увидеть, что у 43 человек есть возможность профессионального роста в данной сфере, у 49 человек такой возможности нет, 16 человек не интересуется или не проинформированы о том, что есть ли у них возможности дополнительного профессионального роста в данной сфере как специалиста.

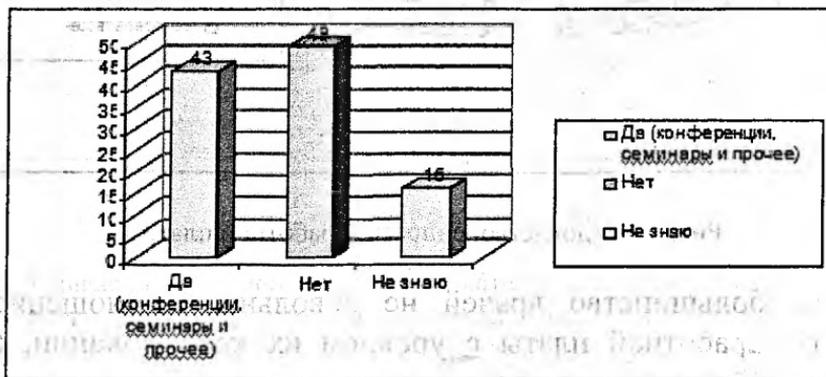


Рис. 5. «Возможность профессионального роста».

Исходя из полученных данных можно сказать о том, что более трети врачей, несмотря на недостаточный заработок, все же развиваются как специалисты.

Опираясь на рис. 6 можно сказать, что больше половины врачей (63%) считают, что их трудовая мотивация не зависит от степени оснащённости рабочего места. При этом 37% врачей считают, что трудовая мотивация зависит от степени оснащённости рабочего места. Такое отношение можно объяснить тем, что врач готов оказать медицинскую помощь вне зависимости от обстоятельств и факторов, которые влияют на врача при оказании медицинской помощи.

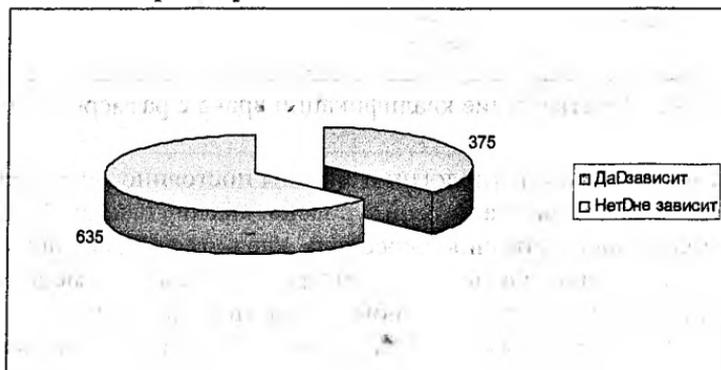


Рис. 6. «Зависимость трудовой мотивации от степени оснащения рабочего места».

Многие врачи считают свою профессию призванием, поэтому им не так важна оснащённость рабочего места. Как показал опрос, оказывать качественную медицинскую помощь они могут и без дополнительных стимулов.

#### **Библиографический список.**

1. Статья 209 ТК РФ
2. Статья 350 ТК РФ
3. Данные депутата Государственной Думы VI созыва Антона Белякова. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.echomsk.spb.ru/blogs/belyakov/6002.php>
4. Справочник медицинских терминов. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.sisterflo.ru/glossary/glossary\\_a.php](http://www.sisterflo.ru/glossary/glossary_a.php)

Синягина Д.И., Зубанова С.Г.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

#### **Социально-экономическая эффективность проектных решений в развитии иия МАИ-НИУ**

Начало второго десятилетия XXI века в России ознаменовалось в сфере высшего профессионального образования тем, что в государственных вузах значительно стала повышаться доля платного образования и одновременно возникло значительное число негосударственных платных вузов. Мы живем в мире, в котором конкуренция становится все более безжалостной. При том, что количество различных учебных заведений растет очень быстро, в то же время контингент всех потенциальных абитуриентов сокращается. Например, начиная с 2007 года на факультете иностранных языков МАИ №11 (далее –ИИЯ) он сократился почти на 11 процентов.

Рассмотрим данные по набору студентов на 1-ый курс в ИИЯ МАИ за последние пять лет по специальностям:

#### **Специальность «Перевод и переводоведение»**

Таблица. 1

	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Первое образование</b>	71	57	35	34	33
<b>Второе образование</b>	137	110	139	112	112
<b>Всего:</b>	208	167	174	146	145

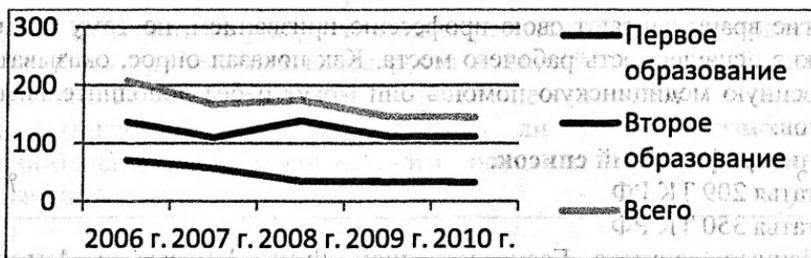


Рис.1. Специальность «Связи с общественностью».

Таблица 2.

	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Первое образование</b>	57	55	53	29	31
<b>Второе образование</b>	22	11	32	14	15
<b>Всего:</b>	79	66	85	43	46

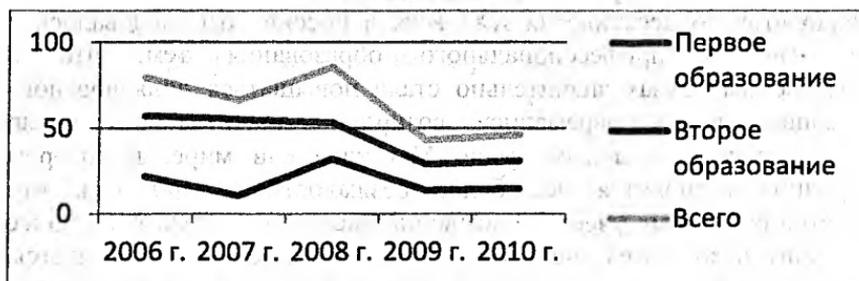


Рис.. 2.

Анализ приведенных выше таблиц показывает, что снижение численности студентов, получающих первое высшее образование, происходило особенно заметно, начиная с 2008 года на специальности «Перевод и переводоведение», и с 2009 года на специальности «Связи с общественностью»; на второе высшее образование заметно меньше пришлось обучаться студентов в 2007 году. Поскольку Институт иностранных языков в МАИ – это коммерческая образовательная структура, не имеющая бюджетных мест, он должен иметь надежный комплекс мер, позволяющих предвидеть ситуации спада поступления средств за образовательные услуги, предотвращать эти ситуации более активными и своевременными рекламными акциями, минимизируя потери всех видов. В условиях значительной конкуренции вузов от ИИЯ МАИ требуется рекламная кампания, грамотно и организованная

и ориентированная на результат. И это хорошо получается у организаторов учебного процесса ИИЯ МАИ.

В современной нам жизни приходится примиряться с мыслью о том, что за все в жизни нужно платить: те сферы жизнедеятельности человека, которые еще недавно были гарантированы государством в качестве бесплатных, - теперь должны оплачиваться непосредственно их потребителями. Так и качество образования в современной нам действительности все более становится напрямую связанным с количеством средств, за него заплаченных.

Все чаще приходится встречаться с такими современными абитуриентами и студентами, которые стремятся получать качественное и эффективное образование за потраченные на него деньги. Абитуриенты и их родители в выборе вуза и направления подготовки хорошо понимают, что устройство на престижную и высокооплачиваемую работу связано с тем, чтобы выбранная профессия и учебное заведение, которое по ней готовит профессионалов, - актуальны и востребованы.

Сегодня можно с уверенностью констатировать, что ситуация в сфере образования в России начинает меняться: студенты все чаще предъявляют высокие требования к качеству образовательных услуг. Вузы, которые игнорируют эти тенденции, подвергают свое будущее опасности.

Понимая это, администрация и профессорско-преподавательский состав ИИЯ МАИ, чтобы выделиться из массы конкурентов, стремятся в условиях современного насыщенного рынка образовательных услуг выявить то, что нужно абитуриенту и студенту, а затем дать им высококачественное обучение и подготовить из них компетентных профессионалов.

В процессе изучения управленческой и организационно-учебной деятельности вузов, мы проанализировали причины переходов студентов из одних вузов в другие. Перечень основных причин следующий:

Таблица 3.

1.	Качество учебного процесса не соответствует потребностям студента;
2.	Качество учебного процесса не соответствует стоимости, которую студент платит за обучение.
3.	Неудобное расписание занятий (большие интервала между занятиями, позднее окончание занятий и проч.)
4.	Отсутствие общежития и невозможность снимать частную квартиру;
5.	Осознание студентом, что он ошибся в выборе будущей профессии
6.	Переход из неаккредитованного в аккредитованный вуз; из

	частного – в государственный ;
7.	Недоброжелательное отношение к студенту как главному участнику образовательного процесса; завышенные и необоснованные требования со стороны преподавателя;
8.	Неудобная форма обучения или изменение семейных обстоятельств;
9.	Потребность в получении 2-го образования в дополнение к имеющемуся
10.	Другие причины.

Очевидно, что студенты переходят в лучшие вузы, которые предлагают и образование более высокого качества и весь остальной спектр услуг, с ним связанных. С удовлетворением можно отметить, что ИИЯ МАИ – среди лучших, востребованных вузов.

В ИИЯ МАИ считаются с теми потребностями к качеству образования, которые имеют абитуриент, его близкие, учителя, друзья, знакомые думают о качестве образования, к чему стремятся. Организаторы учебного процесса ИИЯ изучают интересы, потребности, ценности своих студентов и их родителей, а также потребности рынка труда и формируют цепную реакцию общественного мнения, благорасположенного именно к ИИЯ.

Таким образом, усилия Института иностранных языков МАИ направляются на то, чтобы осуществлялся весь комплекс мер, влияющих на привлекательность учебного подразделения: это и мероприятия по привлечению абитуриентов, и работа на имидж ИИЯ, складывающийся из качества образования, эффективного трудоустройства, совершенной системы управления ИИЯ; а также меры по сохранению контингента студентов и увеличению его доходов для развития технологической составляющей учебного процесса. Это мы постарались отразить в приведенном ниже рисунке 3:

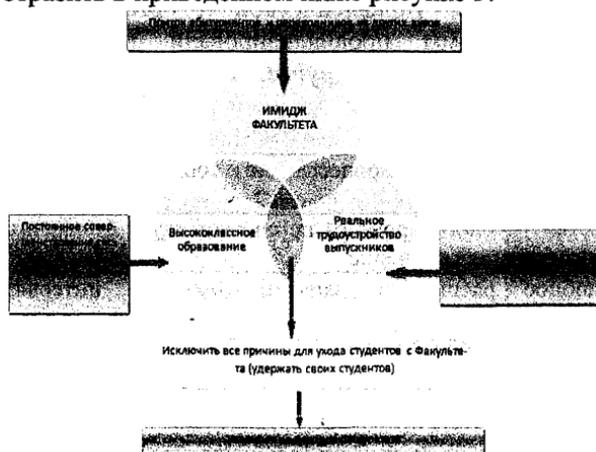


Рис. 3

Степень социальной эффективности Института иностранных языков МАИ определяется удовлетворением потребностей или интересов студентов, преподавателей и сотрудников, а также общества в подготовке переводческих кадров и кадров, способных эффективно взаимодействовать с различными организациями в области авиации и самолетостроения.

С целью совершенствования качества образования и условий пребывания студентов в ИИЯ МАИ были проведены организационные изменения в структуре ИИЯ, которые коснулись функций управления, обеспечивающих высокий спрос у абитуриентов абитуриентов и качественное трудоустройство выпускников.

Экономический эффект от внедрения двух отделов в структуру ИИЯ и решения поставленных задач проявляется в создании положительного имиджа Института иностранных языков. Поэтому увеличился приток абитуриентов для поступления в ИИЯ, а также количество переводчиков из других вузов; вместе с тем - уменьшился отток студентов из ИИЯ. Одним из важнейших результатов проекта является увеличение доходов ИИЯ на его развитие за счет повышения качества принимаемых управленческих решений, образовательных услуг и их эффективности.

Качество и эффективность решений определяются достоверностью и оперативностью информации, которую управленческий состав получает с помощью автоматизированной системы – «Мельница технологий» (база по контингенту студентов).

Затраты на постановку автоматизированной информационной системы (АИС) «Мельница технологий» складываются, в основном, из затрат на модернизацию информационных систем ИИЯ, дополнительных затрат на выплату вознаграждения сотрудникам за дополнительный объем работ, затрат на обучение сотрудников.

Произведем расчет стоимости внедрения автоматизированной системы:

- внедрение автоматизированной системы от 150 000 руб.;
- количество рабочих мест, которые необходимо автоматизировать – 10. (стоимость лицензии для одного рабочего места от 10 000 руб.);
- стоимость поддержки автоматизированной системы (условия поддержки отличаются в зависимости от провайдера системы, но в среднем составляют 20% в год от стоимости лицензий на одно рабочее место);

$$0,2*10000*10= 20\ 000\ \text{руб.}$$

$$100000\ \text{руб.}+20\ 000\ \text{руб.} + 150\ 000\ \text{руб.} = 270\ 000\ \text{руб.}$$

Итого получаем общую оценку стоимости: около 270 000 руб.

Таким образом, суммарные расходы по внедрению такой системы при разумной организации процесса могут составить 270 000 руб.

Определим экономический эффект от внедрения автоматизированной системы. Установив систему для 10 человек (заместитель декана, 7 методистов кафедр, сотрудник КДП, сотрудник учебно-методического отдела), возможно сотрудника учебно-методического отдела перевести в отдел по трудоустройству, при этом не нанимая нового работника. Оценка экономии трудозатрат после внедрения автоматизированной системы составила величину около 10 %. Исходя из средних месячных расходов на одного сотрудника на Факультете в 20 000 руб., можно считать, что внедрение автоматизированной системы позволяет сэкономить -  $10 \text{ чел.} * 20000 * 0,1 = 20\,000 \text{ руб.}$  в месяц. При общих расходах на внедрение и эксплуатацию автоматизированная система окупается примерно через год.

Вывод: социально-экономический эффект развития такой учебной структуры, как факультет или институт, может быть связан с проектными решениями – внедрением новых отделов (в частности, профориентации и трудоустройства и административно-хозяйственного), внедрением автоматизированной информационной системы по контингенту студентов. В результате оптимизации административно-управленческого и хозяйственного звена увеличивается популярность, престиж учебного подразделения.

Развивая многогранно свой положительный имидж, ИИЯ приобретает потенциальную возможность увеличить набор студентов и финансовые возможности ИИЯ МАИ для развития его кадрового потенциала, материально технической и учебно-методической базы.

#### **Библиографический список**

Управление современным образованием: социальные и экономические аспекты / Под. ред. А.Н. Тихонова. – М.: Вита-Пресс, 2005.

Управление факультетом: Учебник/ Под ред. доктора экон.наук, проф. С.Д. Резника.-М.: ИНФРА – М, 2008. 696 с.

Федоров И.К. Качество образования – категория фундаментальная // Высшее образование в России. – 2009. - №2.

Шнейдер М.Я. Оценка качества образования в школах Международного бакалавриата / М.Я. Шнейдер // Вопр. образования. – 2008. - № 1. – С. 199-225. – Библиогр.: с. 225.

# УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Большакова Т.А., Дедова А.В., Пичужкин П.В.,  
Палешкин А.В., Гусев Е.В.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

## Математическое моделирование процессов распространения и рассеяния вредных примесей в окружающую среду при наличии стационарных и нестационарных источников выбросов

Рассеяние облаков паров легких газов.

Для рассеяния облаков легких газов, с так называемой «нулевой плавучестью», т.е. не отличающихся по плотности от воздуха, разработан метод расчета, основанный на представлении, что в

$$f(c) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-c^2/2s^2}$$

горизонтальном и вертикальном направлениях распределение концентраций соответствует распределению Гаусса.

Где  $f(c)$ - функция распределения концентрации газа в облаке,

$S$  – дисперсия концентрации газа относительно средней концентрации.

При этом горизонтальная составляющая этого распределения расположена по направлению ветра. Эволюция вертикальной и горизонтальной составляющей этого распределения определяется погодными условиями и состоянием атмосферы.

$$S = F(\Delta T_s, v_s)$$

Где-  $\Delta T_s$  - градиент температуры по высоте в данной точке

$v_s$  - скорость ветра в данном месте.

Вид функциональной зависимости определяется в конкретных экспериментах по рассеянию паровых облаков. Такой подход был впервые применен к изучению рассеяния облаков с так называемой нулевой плавучестью, которые образуются, например, при выбросе газообразных радиоактивных отходов.

Рассеяние облаков паров тяжелых газов.

Облака паров тяжелых газов возникают, обычно, при разливе криогенных жидкостей или сжиженных газов.

В процессе рассеяния таких паровых облаков можно выделить две основные стадии: 1) На первой стадии облако резко опускается под действием силы тяжести.

Продолжительность этой стадии составляет около минуты и погодные условия не оказывают существенного влияния на продолжительность этой стадии. 2) На второй стадии происходит рассеяние опустившегося облака при смешении его с воздухом. Продолжительность этой стадии может изменяться от десятков до сотен минут и её длительность зависит от погодных условий.

Поскольку паровые облака представляют один из основных источников химических опасностей, были выполнены исследования по изучению закономерностей образования и рассеяния паровых облаков тяжелых газов. В процессе этих исследований замерялись концентрации вещества, скорость движения облака, изменение границ облака и другие параметры. В качестве изучаемых веществ использовались либо природный газ, либо различные фреоны, ибо они менее опасны, чем природный газ. Целью этих исследований был сбор необходимых экспериментальных данных для проверки различных методик расчетов процессов образования и рассеяния паровых облаков. Создание такой надежной методики расчета очень важно для правильного проектирования расположения мест хранения опасных химических продуктов по отношению к жилым массивам. Такая методика очень важна также для выработки правильных мероприятий по ликвидации последствий аварий.

Количественную оценку скорости движения границ облака можно выполнить с помощью следующих формул:

$$u_v = c \sqrt{g h_w (p_1 - p_2) / p_1}$$

Где  $u_v$  - скорость горизонтального перемещения вертикальной границы, м/сек

$g$  - ускорение силы тяжести, м/сек<sup>2</sup>,

$p_1$  - плотность тяжелой фазы, кг/м<sup>3</sup>,

$p_2$  - плотность легкой фазы, кг/м<sup>3</sup>,

$h_w$  - высота парового облака, м,

$c$  - безразмерная константа.

Из теоретических предпосылок константа  $c$  может быть принята близкой к единице,  $c \approx 1$ . Позднее была предложена формула, учитывающая объем перемешиваемого облака:

$$u_v(r) = c/r \cdot \sqrt{g[(p_0 - p_a) / p_0] V_0 / \pi}$$

Где:  $r$  - расстояние от точки возникновения парового облака, м

$V_0$  - объем парового облака тяжелого газа, м<sup>3</sup>.

$P_a$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

$P_0$  - плотность газа в начальный момент времени, кг/м<sup>3</sup>.

Вертикальное перемешивание в газовом облаке незначительно, в тех случаях, когда  $u_v \gg 2u$ , где  $u$  - так называемая «скорость трения»-

скорость турбулентного перемешивания. Таким образом, переход от гравитационного опускания к турбулентному перемешиванию появляется только тогда, когда  $u_v \approx 2u$ , и  $p(r) = p_a$ , т.е. плотность облака достигает плотности воздуха. В этих условиях гравитационное опускание облака замедляется и начинается его турбулентное перемешивание с воздухом. При проведении экспериментов по изучению движения и рассеяния облака тяжелого газа и проверки результатов расчета по вышеприведенным формулам было обнаружено, что через 80 секунд после начала выброса скорость трения равнялась 0.25 м/сек. Полученные результаты позволили сделать следующие выводы:

Модели, основанные на распределении Гаусса, неприменимы для описания поведения тяжелого газа без соответствующей поправки на растекание плотной фазы. Сильный ветер и нагрев солнцем приводит к ослаблению эффекта от растекания. Находиться с наветренной стороны небезопасно, так как растекание может происходить против ветра за счет турбулентного перемешивания. В ночное время растекающееся вещество может охватить достаточно большую площадь.

Из многочисленных работ, посвященных разработке методов расчета процессов образования и рассеяния паровых облаков можно сделать вывод, что модели, применяемые для расчета поведения облаков с нулевой плавучестью, неприменимы для расчета процессов рассеяния тяжелых газов. Модели, применяемые наиболее успешно для описания процессов рассеяния облаков можно разделить на два класса: модели К-типа, или модели турбулентной вязкости; модель слоя, или ящика.

Наиболее строгими являются модели турбулентной вязкости (К-типа). В этих моделях используются дифференциальные уравнения, основанные на сохранении массы, импульса и энергии. Эти уравнения интегрируются численно при соответствующих граничных и начальных условиях. Выбросы, при наличии стационарных источников, характерны для работы предприятий при номинальных значениях их параметров в режиме нормальной эксплуатации. В этом случае, для описания процессов распространения и рассеяния выбросов используются математические модели, основанные на уравнениях конвективной диффузии с источниками и с подвижными границами. Положение источника либо строго фиксировано, если на заводе предусмотрен сбор отсосов от местных источников выбросов и сбор их для выброса через общую трубу рассеяния, либо, этот источник распределен по территории завода. Уравнения математической модели для процессов движения и рассеяния облаков вредных и опасных выбросов выглядят, в общем виде, следующим образом:

$$\rho \cdot \frac{\partial w_x}{\partial t} + \rho \cdot \left( w_x \cdot \frac{\partial w_x}{\partial x} + w_y \cdot \frac{\partial w_x}{\partial y} + w_z \cdot \frac{\partial w_x}{\partial z} \right) = \rho \cdot g_x - \frac{\partial p}{\partial x}$$

$$\rho \cdot \frac{\partial w_y}{\partial t} + \rho \cdot \left( w_x \cdot \frac{\partial w_y}{\partial x} + w_y \cdot \frac{\partial w_y}{\partial y} + w_z \cdot \frac{\partial w_y}{\partial z} \right) = \rho \cdot g_y - \frac{\partial p}{\partial y}$$

$$\rho \cdot \frac{\partial w_z}{\partial t} + \rho \cdot \left( w_x \cdot \frac{\partial w_z}{\partial x} + w_y \cdot \frac{\partial w_z}{\partial y} + w_z \cdot \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) = \rho \cdot g_z - \frac{\partial p}{\partial z} \quad (1)$$

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = D_i \nabla^2 c_i - \left( w_x \cdot \frac{\partial c_i}{\partial x} + w_y \cdot \frac{\partial c_i}{\partial y} + w_z \cdot \frac{\partial c_i}{\partial z} \right) - c_i \cdot \left( \frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) + r_{iv} \quad (2)$$

где —система уравнений (1) описывает изменение скорости движения облака,

а система (2) — описывает изменение концентрации компонентов  $c_i$  в движущемся облаке.

Здесь  $w_x, w_y, w_z$  — компоненты вектора скорости вдоль координатных осей,  $\rho$  — плотность смеси,  $D_i$  коэффициенты диффузии компонентов смеси  $\nabla^2$  — оператор Лапласа (сумма вторых производных концентраций компонентов по координатным осям),  $r_{iv}$  —объемный источник выброса компонентов из места аварии.

На подвижных границах облака происходит рассеяние компонентов облака в соответствии с законами массопередачи следующим образом:

$$-D_n \frac{\partial c_i}{\partial x} = \beta_x (c_i - c_{a}); -D_n \frac{\partial c_i}{\partial y} = \beta_y (c_i - c_{a}); -D_n \frac{\partial c_i}{\partial z} = \beta_z (c_i - c_{a}); \quad (3)$$

Где  $D_{Ti}$  —коэффициент турбулентной диффузии на границе облака с внутренней стороны

$\beta_x, \beta_y, \beta_z$  — коэффициенты массопередачи на наружной стороне облака по направлению соответствующих осей координат.

Интенсивность рассеяния облака определяется наличием и направлением ветра, а также атмосферными условиями. Атмосферные условия определяются так называемым сухадиабатическим градиентом температуры, а также скоростью и направлением ветра.

Модель ящика.

Модель слоя или ящика учитывает массообмен на границах ящика и эквивалентна модели реактора идеального перемешивания:

$$\frac{dc}{dt} = \beta F_{уд} (c - c_a); \quad F_{уд} = \frac{F_{ан.нов.}}{V_{обл.}}; \quad (4)$$

$$\beta = \frac{D_{T.д.}}{\delta_{ноз}}; \quad \delta_{ноз} = f(v_r, v_d);$$

Перемешивание внутри облака считается очень быстрым и не рассматривается. Интенсивность вовлечения воздуха зависит от

степени турбулентности и скорости движения облака и от разности плотностей воздуха и газа.

В обеих моделях предполагается, что существует точка, где происходит переход (резкий или постепенный) к почти нейтральной плавучести и что модель включает в себя критерии для определения этого состояния. Далее модели подразделяются согласно типу источников: непрерывный источник, и почти мгновенный, в виде так называемой  $\delta$ -функции.

В качестве непрерывного источника рассматривается установившееся испарение при разлитии, или истечение из пробойны.

В качестве мгновенного источника рассматривается выброс при полном разрушении сосуда.

Для тестирования моделей и проверки их адекватности были проведены испытания. При этом изучались в основном три ситуации:

Облако образовывалось при быстром испарении сжиженного газа и не поджигалось.

Облако образовывалось при быстром испарении и затем поджигалось.

Паровое облако образовывалось в результате выброса смеси тяжелого инертного газа с воздухом и дымом в качестве трассера при атмосферном давлении и температуре.

Эксперименты проводились как при разлитии сжиженных газов на поверхности воды, так и на поверхности земли.

Фомкин А.Б., Денискина А.Р.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

## **Что есть качество летательного аппарата в целом?**

### **Особенности пассажирских самолетов будущего**

Сегодня качество пассажирского самолёта связано, в первую очередь, с такими показателями как стоимость эксплуатации и безопасность. Очень важно найти компромисс между двумя этими параметрами. Почему не делают самолёт таким же прочным и надёжным как «чёрный ящик»? Потому что стоимость эксплуатации такого аппарата была бы слишком высокой и мало кто смог бы позволить себе полёты на нём.

Следует раскрыть структуру вышеупомянутых показателей качества. В стоимость эксплуатации входят (источник: Минэкономразвития [1]):

- Авиакеросин (до 28,9%)
- Аэропортовые сборы, наземное обслуживание, аэронавигация (до 20,9%)
- Лизинговые и таможенные платежи, расходы на обслуживание кредита (до 21,7%)
- Техническое обслуживание парка воздушных судов (до 11,6%)

- Расходы на оплату труда пилотного состава (до 9,9%)
- Прочее (7%)

**Основные статьи расходов российских авиакомпаний в 2009 г.**



Рис. 1. Основные статьи расходов российских авиакомпаний в 2009г. [1]

Главная и постоянно растущая статья расходов авиакомпаний – это топливо. Поэтому, из-за частых нефтяных кризисов в последние десятилетия, существует огромный спрос на высокоэкономичные топливоэффективные самолёты. И уже на второй план отходит такая характеристика как крейсерская скорость. Первые реактивные авиалайнеры были значительно более быстрыми, нежели современные. Например, Boeing 707-320В обладал крейсерской скоростью 977 км/ч, а пришедший ему на смену Boeing 767 – 851 км/ч. Даже новейший дальнемагистральный Boeing 787 Dreamliner совершает полёты со скоростью 900 км/ч. Но при этом намного повысилась экономичность.

Аэропортовые и аэронавигационные сборы зависят от максимальной взлётной массы воздушного судна.

Таблица 1.

№ п/п	Максимальная взлетная масса воздушного судна, тонны	Ставки сбора за 100 км ортодромического расстояния, рубли
1	до 50	1544,0
2	от 51 до 100	2080,0
3	от 101 до 200	2584,0
4	от 201 до 300	2679,0
5	от 301 до 400	2742,0

№ п/п	Максимальная взлетная масса воздушного судна, тонны	Ставки сбора за 100 км ортодромического расстояния, рубли
6	от 401 и более	2805,0

Ставки сбора за аэронавигационное обслуживание на воздушных трассах российских пользователей воздушного пространства Российской Федерации, осуществляющих международные полеты (источник: Федеральное агентство воздушного транспорта – Росавиация)

Лизинговые платежи зависят от характеристик самолёта, но обычно чем моложе самолёт, тем дороже обходится его аренда.

Расходы на техобслуживание во многом зависят от возраста воздушного судна. По мере старения самолёта они растут лавинообразно. Именно поэтому ведущие мировые авиакомпании стремятся иметь как можно более молодой парк авиалайнеров. Например, средний возраст самолётов компании «Аэрофлот» составляет 5,1 лет, «AirBerlin» – 5,5 лет, «Emirates» – 6,6 лет, «Singapore Airlines» – 7,1 лет (по данным сайта [airfleets.net](http://airfleets.net)).

Зарплата экипажа может зависеть от количества пилотов. На старых самолётах число членов лётного экипажа могло доходить до пяти (командир, второй пилот, штурман, радист, бортинженер), а сегодня обычно их два (командир и второй пилот), и это позволяет повысить им зарплату.

Из всего вышеупомянутого вытекает, что стоимость эксплуатации в основном зависит от таких характеристик самолёта как его масса и расход топлива. Компании-производители постоянно стремятся уменьшить эти показатели. Вес аппарата снижают за счёт применения всё более совершенных материалов. Сегодня всё шире используются композиты. К примеру, Boeing 787 Dreamliner состоит из них наполовину. Но переход к принципиально новым материалам может быть сопряжён с увеличением расходов на эксплуатацию, так как нужно более пристально следить за состоянием этих материалов, ведь их поведение во времени может быть исследовано недостаточно. Снижение массы на самолётах будущего также может быть достигнуто за счёт применения систем управления на основе оптоволоконных кабелей и дальнейшего совершенствования аэродинамических форм.

Расход топлива сократится, если уменьшить массу, но при этом колоссальную роль играют и характеристики самого двигателя. Появление турбореактивных двигателей с высокой степенью двухконтурности, применение новых материалов и технологий очень

сильно сократило потребление горючего. Сегодня появились новейшие редуكتورные ТРДД, позволяющие повысить экономичность ещё примерно на 20%.

Это очевидно, что для пассажира крайне важна безопасность воздушного судна, на котором он летит. Но, как бы цинично это не звучало, здесь для авиастроителя важно не перегнуть палку. Если оборудовать авиалайнер огромными парашютами (которые могут вообще никогда не понадобиться) для спасения целого самолёта или фюзеляжа с людьми или сделать корпус сверхпрочным, то это, в свою очередь, может в несколько раз повысить массу и расход топлива, а также стоимость самого самолёта при покупке. Тогда этот аппарат не купит авиакомпания, а если и купит, то полёты на нём будут обходиться очень дорого, и пассажир вообще не полетит воздушным транспортом, а выберет какой-нибудь другой. Поэтому, намного важнее непрерывно поддерживать лайнер в хорошем техническом состоянии, чтобы дело никогда не доходило до спасения на парашютах. Но и здесь для повышения эффективности эксплуатации производители и государственные надзорные органы разработали специальные перечни минимального оборудования (MMEL), в соответствии с которыми самолёты могут летать до ближайшего техобслуживания с определёнными отказами. Например, самолёт Boeing 737 может летать с неисправным и отключённым автоматом тяги или с неработающей и выключенной системой предупреждения столкновения самолётов в воздухе TCAS, если это допустимо в условиях данного рейса.

Для пассажиров также важен уровень комфорта на борту. Существуют проекты самолётов, в которых люди будут летать стоя, но маловероятно, что они будут реализованы, так как немногие согласятся так лететь дольше часа. Поэтому принципы компоновки салонов останутся прежними и для авиалайнеров будущего.

Помимо этого, важным показателем для авиакомпании или лизинговой компании является уже упомянутая цена самолёта при покупке, а для авиастроителя значимым является стоимость проектирования, производства и, иногда, утилизации самолёта (но последним обычно занимаются сторонние организации).

Любая деятельность должна ориентироваться на долгосрочные цели и задачи, поэтому очень важно разрабатывать и представлять себе концепции авиалайнеров будущего. Пассажирские самолёты, которые будут созданы в ближайшие десятилетия, будут обладать следующими особенностями:

- Внешняя конфигурация самолётов останется прежней из-за растущего нежелания производителей экспериментировать с революционно новыми формами,<sup>1</sup> а также опасений авиакомпаний, что с прорывными самолётами могут возникнуть серьёзные проблемы при эксплуатации.

- У самолётов появятся крылья с новыми ламинарными профилями, но для этого необходимо достигнуть сверхвысокого качества обработки поверхностей при производстве и обеспечить их гладкость в эксплуатации.
- Будет усовершенствована механизация крыла, чтобы исключить появление в профиле вызывающих турбулентные завихрения щелей.
- В конструкции авиалайнеров будут всё больше применяться композиционные материалы. Однако ещё предстоит решить проблемы соединения деталей и частей из композитов и металлов, так как от последних пока отказаться не удастся. Например, около трех лет назад японская компания Mitsubishi столкнулась с проблемами в процессе проектирования нового самолёта Mitsubishi Regional Jet, когда конструкторы не смогли найти оптимальное решение, позволяющее соединить композитное крыло с алюминиевым фюзеляжем, и им пришлось сделать выбор в пользу алюминиевого крыла.
- Двигатели самолётов будут усовершенствованы для дальнейшего повышения экономичности и экологичности. Возможно, найдут применение открытые винтовентиляторные двигатели.
- В самолётах будут применяться новые облегчённые кресла, системы управления на основе оптоволоконных кабелей и другое усовершенствованное оборудование для снижения массы.
- Салоны лайнеров будут улучшены: площадь иллюминаторов увеличится, кресла будут становиться всё более комфортными, появятся новые системы развлечений, на борту станут доступны все виды связи. Возможно, появятся полноценные спальные места и в экономическом классе (например, расположенные в несколько ярусов), что очень актуально при дальних рейсах.
- В оборудовании кабины экипажа будут использованы новые технологии: практически всё будет компьютеризировано, дисплеи с информацией и кнопки управления различными системами станут сенсорными, возможно будет применено голосовое управление.
- Для уменьшения шума планера может быть применена малошумная конструкция шасси и так называемые фрактальные интерцепторы (их пористые внутренние поверхности способствуют понижению уровня низкочастотных шумов, возникающих из-за завихрений, вызванных работой интерцепторов).
- Для уменьшения уровня шума на местности на реактивных самолётах могут быть использованы скошенные воздухозаборники. Также на авиалайнерах с расположением моторов в хвостовой части может быть применено инновационное U- или V-образное оперение, способное экранировать шум от двигателей, но для этого

их надёжность должна значительно превзойти даже нынешний высокий уровень, чтобы обеспечить безопасную эксплуатацию силовой установки в непосредственной близости от критически важных элементов конструкции планера.

- Лётные характеристики, такие как крейсерская скорость и максимальная высота полёта, по всей видимости, останутся на прежнем уровне. Маловероятно, что в скором будущем снова появятся сверхзвуковые пассажирские самолёты, так как они проигрывают дозвуковым лайнерам по экономическим и экологическим показателям.
- Снова возрастёт популярность турбовинтовых самолётов, так как, в отличие от реактивных, они являются более рентабельными на коротких маршрутах. В связи с ростом пассажиропотока, появятся «турбопропы» вместимостью 90 и более пассажиров.

#### **Библиографический список**

1. «Результаты анализа затрат, налогообложения, ценообразования авиакомпаний на внутренних авиалиниях», 13 апреля 2011, Минэкономразвития, Aviation EXplorer:

<http://www.aex.ru/docs/2/2011/4/13/1323/>

2. «Новаторские концепции гражданских самолетов следующего поколения»; Авиатранспортное обозрение, №121, июль-август 2011 (оригинальная статья: «Небо становится чище с каждым днем»; Роберт Уолл, Грэм Уорвик; AVIATION WEEK):

<http://www.ato.ru/content/novatorskie-kontseptsii-grazhdanskikh-samoletov-sleduyushchego-pokoleniya>

Фомкин А.Б., Денискина А.Р.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

#### **Контроль качества процессов в авиационной технике на основании цикла деминга**

В наши дни одной из важнейших задач является повышение качества производимой авиационной техники. Недостаточное внимание к этим вопросам может привести к большим материальным потерям для общества. Военные самолёты защищают воздушное пространство множества государств. Гражданские авиалайнеры ежегодно перевозят миллиарды пассажиров и десятки миллионов тонн грузов по всему земному шару, и без них экономика большинства стран была бы слаборазвита. Помимо этого, воздушные суда специального назначения, например, пожарные, спасательные и сельскохозяйственные, помогают решать большое количество задач, связанных с тушением пожаров, оказанием медицинской помощи и обеспечением полей удобрениями.

Однако авиационная техника связана с большими рисками, и поэтому процессы разработки, производства и эксплуатации связаны с непрерывным высоким контролем качества каждого процесса. Его эффективность основывается на эффективности систематических и согласованных мер.

Для улучшения каждого процесса и повышения качества рекомендуется применять цикл Э. Деминга PDCA (plan – планирование, do – действие, check – проверка, act – исполнение), который изображён на рисунке 1.

На этапе планирования руководитель должен аналитически и количественно определить, что является ключевыми проблемами у существующего процесса или деятельности, и как они могут быть скорректированы. Затем применяется план (действие). В результате проверки нужно аналитически и количественно подтвердить, что план работает и приводит к улучшенным показателям и уже после этого соответствующим образом видоизменить предыдущий процесс, составить документацию пересмотренного процесса и начать его использовать (исполнение).

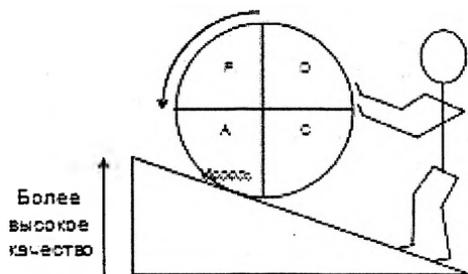


Рис. 1. Цикл PDCA.

Цикл PDCA символизирует принцип повторения в решении проблемы – достижение улучшения шаг за шагом и повторение цикла совершенствования много раз. Изображение его в виде круга подчёркивает непрерывную природу совершенствования.

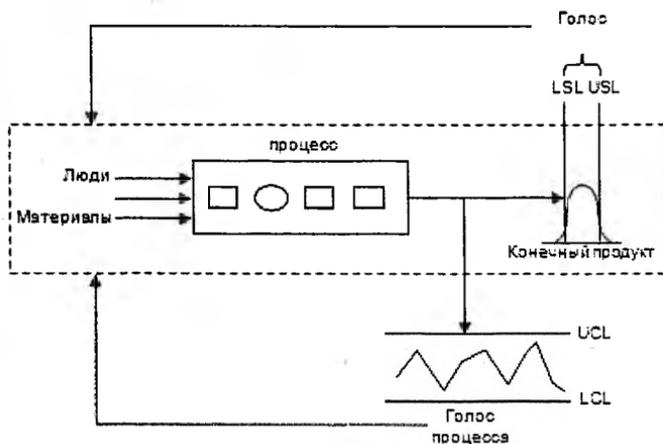
Помимо этого существует пять основных принципов управления процессами, которые могут применяться не только к производственным процессам, но и к любым другим, которые повторяются и могут быть измерены:

Потребитель должен определять желаемый конечный продукт. Например, авиакомпания (как потребитель) определяет характеристики самолёта, который она хочет получить от авиастроительной фирмы, а для последней удовлетворение потребителя должно быть целью процесса производства. На рисунке 2 «голос потребителя» устанавливает верхний и нижний пределы характеристик (USL и LSL) для производственных результатов.

Использованный процесс определяет фактическую продукцию. Как показывает рисунок 2, фактически произведённые результаты (созданный самолёт) обусловлены процессом и его входными ресурсами, а не «голосом потребителя» или пределами характеристик.

Фактическая продукция неизбежно имеет отклонения. Любой процесс, а тем более производство самолёта из большого количества деталей, имеет некоторые вариации в конечном результате. Согласно Демингу существует контролируемая (обычные причины) и неконтролируемая вариантность (особые причины). Контролируемая – это вариантность, присущая процессу, естественная вариантность, обусловленная физическими пределами процесса; отклонения не выходят за рамки спецификации. Неконтролируемая вариантность, как правило, является следствием ненадёжного протекания процесса и приводит к значительно отличающимся результатам, выходящим за рамки спецификации. Для приведения в соответствие результатов и спецификации имеется два метода: проверка и уменьшение вариантности.

Проверка является слабым первичным методом контроля. Э.Деминг считает, что особое внимание к выполнению требований спецификации вряд ли приведёт к их надёжному выполнению. До тех пор, пока проверка будет использоваться как метод удовлетворения требований спецификации, будут продолжаться потери и дополнительные расходы. Некачественные детали будут ускользать от проверки, результаты из приемлемых и хороших станут неприемлемыми без предупреждения, и ухудшатся общие характеристики.



USL, LSL – Upper (Lower) Specification Limits – верхний и нижний пределы характеристики; определяются потребителем

UCL, LCL – Upper (Lower) Control Limits – верхний и нижний контрольные пределы; определяются процессом

Рис. 2. Модель управления процессом.

Для удовлетворения желаемых требований к продукции нужно уменьшить вариантность (расхождение) фактической продукции путём нахождения и устранения вариантности в процессе. Согласно Демингу уменьшение вариантности является лучшим подходом к надёжному выполнению спецификации. Низкая вариантность указывает на хороший опыт. При достаточно низкой вариантности некачественный товар не может не пройти проверку, система является устойчивой и даст сигнал о возможных неполадках.

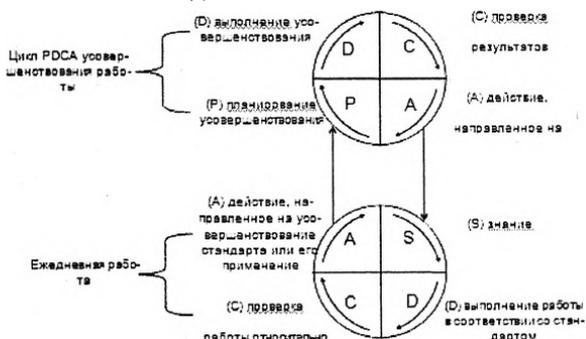


Рис. 3. Чередование циклов SDCA и PDCA.

Для контроля над процессом применяется цикл SDCA. В этом цикле есть стандарт (S), который используется для совершения процесса (D). Затем результаты процесса проверяются (C), и совершается определённое действие (A). Если результаты соответствуют спецификации, то это определённое действие повторяется с применением стандарта, и цикл повторяется. Если результаты начинают отклоняться или выходить за рамки спецификации (то есть не удовлетворяют требованиям заказчика), то необходимо предпринять корректировку стандарта при помощи цикла PDCA. В этом и состоит связь циклов PDCA и SDCA, изображённая на рисунке 3.

Таким образом, при помощи циклов PDCA и SDCA, а также пяти основных принципов управления процессами, можно значительно повысить и продолжать повышать качество проектирования, производства и эксплуатации авиационной техники, а это, в свою очередь, позволит свести к минимуму риск для жизни людей. Всё это говорит том, что качество играет важнейшую роль и от него зависит жизнь каждого человека.

Большакова Т.А., Дедова А.В., Гусев Е.В.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Снижение экологического ущерба при штатной и нештатной эксплуатации ркт**

Одним из важнейших показателей уровня разработки изделий ракетно-космической техники (РКТ), наряду с энергетическими и точностными характеристиками, является её безаварийная эксплуатация.

Решение этой задачи затрагивает всю совокупность мероприятий программы обеспечения надёжности, отработки алгоритмов и эксплуатационной документации. При этом многие вопросы тесно связывают работу и характеристики агрегатов изделия с работой системы управления полётом.

В связи с тем, что в отечественной практике ракетостроения ракеты разрабатываются одними организациями, а системы управления для них разрабатываются другими, представляется целесообразным рассмотреть некоторых аспектов затронутой проблемы безаварийной эксплуатации, решение которых связано с возложением на СУ дополнительных функций по обеспечению безаварийного полёта в случае возникновения отказов (нештатных ситуаций). Также в кругу этих вопросов находится задача минимизации ущерба в случае необходимости прекращения полёта.

Задача обеспечения безаварийных полётов решается на разных этапах создания и эксплуатации ракет-носителей (РН), разгонных блоков (РБ) и космических аппаратов (КА).

Основы этого закладываются на этапе проектных работ в виде резервирования элементов, создания избыточности по управляемости, то есть запасов управляемости, и запасов прочности элементов конструкции, установки необходимой бортовой вычислительной информационно-измерительной системы и т.д.

Следует заметить, что в ракетной технике имеются агрегаты и механизмы, которые не могут быть резервированы, например двигатели и рулевые приводы. Это обстоятельство усложняет процесс обеспечения безаварийных пусков (известны случаи отказов двигательных установок и рулевых приводов).

Схематически решение задачи обеспечения безаварийных пусков на разных этапах создания и эксплуатации изделий РКН показано на рис.1.

Рассматривая этап проектных работ следует отметить, что решение комплексной задачи означает и возможное наличие противоречий в оптимальной реализации одним комплектом управляющих органов и средств различных целевых функций.

Например, при модернизации одной из ракет-носителей тяжёлого класса, включающей создание новой системы управления, на участке полёта 1 ступени перед разработчиком СУ ставились следующие задачи (которые были успешно решены, что уже подтверждено 10 пусками РН):

- обеспечение точного выведения в заданную область с максимальными энергетическими характеристиками;
- обеспечение устойчивого и управляемого полёта;
- приведение отработавшей ступени в заданную область;
- обеспечение наиболее полной выработки топлива из баков за счёт системы управления расходом;
- ограничение нагрузок на РН до заранее заданных предельных величин;
- обеспечение успешного завершения полёта в случае отказа одной из 6 рулевых машин двигателей 1 ступени;
- автоматическая идентификация аварийной ситуации и минимизация ущерба в случае аварии.

Приведенный перечень задач показывает, что выполнение пунктов 1, 3 и 4 очевидно должно быть увязано между собой. Реализация п.5 приводит к необходимости реализации разных программ выведения с терминальным наведением на конечном интервале времени полёта, т.е. влияет на п.1, 3, 4 и, кроме того связано с п.6 и 2 – т.е. закон управления обеспечивающий снижение нагрузок должен реализовываться и при отказавшем любом рулевым приводе с сохранением управляемого и

устойчивого полёта (что ограничено предельными возможностями исполнительных органов управления).

Идентификация на борту аварийной ситуации (п.7) должна происходить с учётом выполнения всех перечисленных ранее задач и система управления не должна вырабатывать аварийную команду на выключение двигателей в случаях изменения динамических параметров полёта, обусловленных работой контура ограничения нагрузок и возможного отказа рулевого привода.

Успешное решение этих задач требует детального знания свойств всех элементов объекта управления и детального математического описания их статических и динамических характеристик.

Наличие современных быстродействующих и высокоточных средств управления позволяет также повысить надёжность пусков, обеспечивая парирование в полёте отказавшего агрегата. Так, например, для изделия "Протон", сначала на математических моделях была показана возможность парирования в полёте отказа рулевого привода первой ступени. Был разработан алгоритм идентификации отказа и парирования его последствий работающими средствами управления РН. Этот алгоритм практически подтвердил свою эффективность при запуске одного из КА.

Участки полета, соответствующие выключению двигателей и отделению ступеней. Здесь характерно резкое изменение величины и направления суммарного пространственного вектора перегрузки, связанного с падением тяги, появлением возмущающих моментов, в результате которых поперечные перегрузки становятся соизмеримы с продольными.

Полет в невесомости или близком к нему состоянии при действии на объект управления слабых гравитационных полей. Он характерен кратковременными включениями двигателей стабилизации и ориентации на участках "пассивного" полета и кратковременным воздействием средств разделения на участках отделения КА от РБ.

### **Этап 1**

#### **Проектные работы.**

Разработка проектно-компоновочных решений и формирование разумных запасов (избыточности):

управляемости,

устойчивости,

нагрузок и прочности,

расчетных заправок топлива

а также формирование требований к характеристикам элементов конструкции.

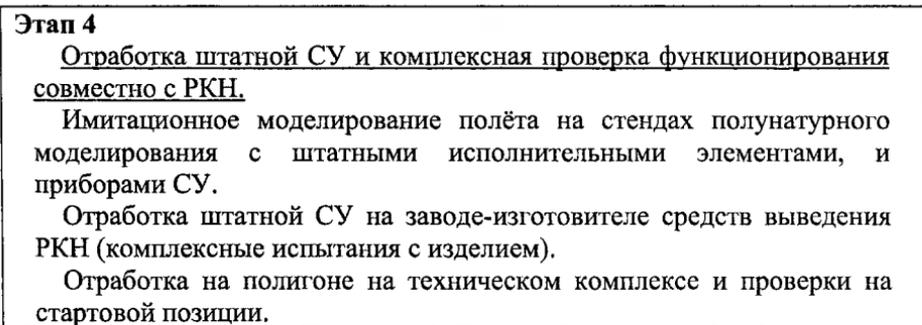
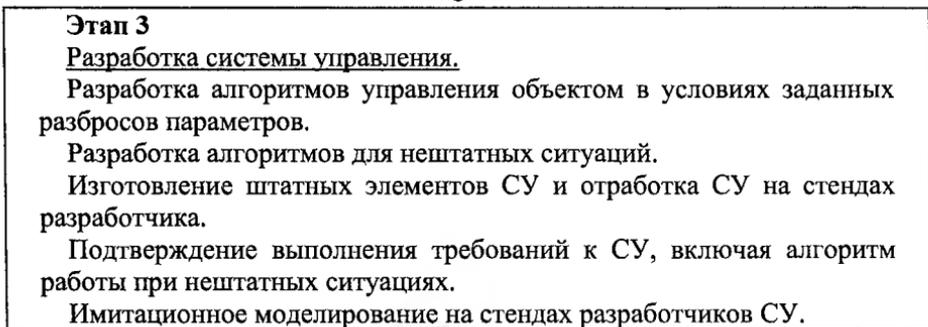
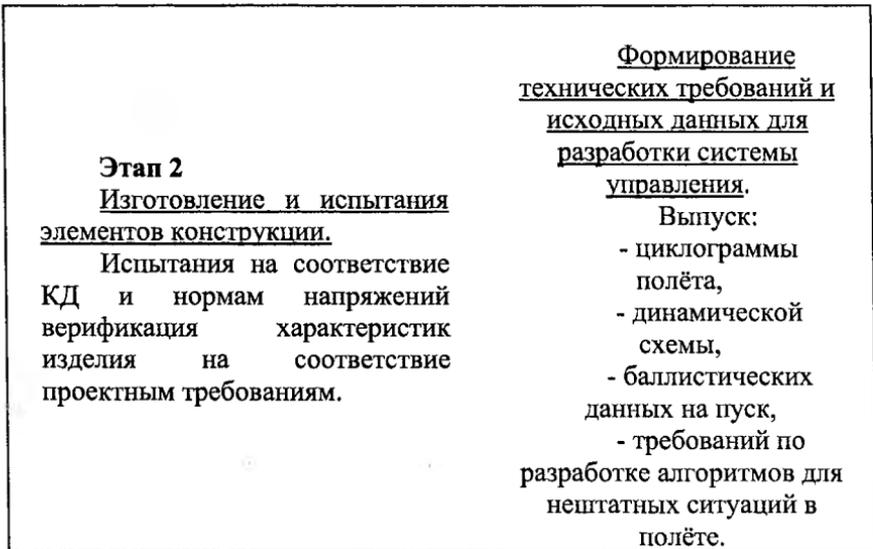


Рис. 1.

Модели гидродинамики топлива в баках, отнесенные к первой группе, необходимы для исследования устойчивости управляемого полета и

формирования соответствующих алгоритмов системы управления в обеспечение динамической устойчивости.

Широко апробированная в отрасли надежная методология теоретических и экспериментальных исследований разработана в ЦНИИМАШ.

Задача заключается в том, чтобы обеспечить максимальную выработку топлива из баков (что повышает энергетические характеристики РКН) и при этом не допустить попаданий воздушных пузырей в заборные устройства (что обеспечивает безаварийную работу двигателя на конечных участках выработки топлива).

Результаты исследований легли в основу принятия решений по оптимизации выработки топлива при гарантированном непопадании в заборное устройство опасных газовых включений. Эти результаты помогли обоснованно принять решение по повышению энергетических характеристик при выведении на орбиту станции «Мир» средствами РН и снять проблему опасности аварии для ряда других изделий.

Для исследования динамики топлива, находящегося в условиях действия внешних факторов, также требуется создание специальных моделирующих установок и моделирования этих внешних условий.

Такие условия создаются либо на башнях “невесомости” (например в г. Бремен в центре изучения космических технологий и микрогравитации построена уникальная лаборатория с высотой такой башни 146м.), либо в процессе полёта различных летательных аппаратов – самолётов-лабораторий (ИЛ-76, ), либо в процессе полета космических станций (станция “Мир”, модуль “Квант”)

В результате исследований проведённых в России, Германии, Франции, США и других странах, разработаны различные подходы к описанию динамики топлива, частично заполняющего баки в условиях действия слабых гравитационных полей и в невесомости.

Применение той или иной модели зависит в том числе и от поставленной задачи: разработка оптимальных законов управления с минимизацией затрат топлива; выполнение требований к динамике КА в момент и после отделения его от разгонного блока; обеспечение безаварийного полёта разгонного блока; обеспечение безаварийного полёта разгонного блока после отделения КА.

Решение проблемы безаварийного полёта РБ после отделения КА, а также на участках между включениями двигателей разгонного блока очень актуально для РБ с двигателями на криогенном топливе (кислород + водород).

На участке полёта между включениями криогенных двигателей могут быть задействованы другие исполнительные органы системы

управления и это даёт возможность хорошо прогнозировать динамику полёта изделия и его ориентацию в пространстве.

В случае автономного полёта разгонного блока после отделения КА, влиять на динамику и ориентацию РБ можно только путём выбора времени открытия тех или иных дренажных клапанов, обеспечивающих сброс давления и выброс газожидкостных фракций в окружающую среду.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт эксплуатации изделий РКТ в полёте случаются нештатные ситуации и очень важно в этих случаях принять все меры для предотвращения аварии.

На основании верифицированных математических моделей объекта управления может быть проведён комплекс работ, направленный бы создание алгоритмов системы управления, которые позволили бы оперативно и надёжно идентифицировать отказы элементов и систем в процессе полёта и вырабатывать решения (команды на исполнительные элементы), предотвращающие аварию либо минимизирующие ущерб от аварии.

Хазов Д.А., Абызов В.Г., Денискина А.Р.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Управление качеством образовательного процесса в учебной группе вуза на основе принципов деминга**

В настоящее время, образовательная среда государственных вузов подвержена сильному влиянию тенденций становления и развития систем гарантии качества образования. Это выразится в решении высшего руководства вузов на принятие стратегии, соответствующей мировым стандартам гарантии качества образования, что, безусловно, означает потребность в коренном пересмотре существующих подходов к управлению как основными процессами в вузе, так и деятельностью в целом.

Существенным в работе по оптимизации управления является этап внедрения системы менеджмента качества, который раскрывает огромный пласт задач перед менеджерами вузов. Очевидно, что степень их сложности, подразумевает принятия решений на различных уровнях иерархии управления. В этой связи, встает необходимость во введении в существующую организационную структуру вуза специального подразделения, а так же учреждения института уполномоченных по качеству в каждом из подразделений.

Комплексное взаимодействие упомянутых подразделений и лиц между собой, даст возможность высшему руководству вуза получать достоверную и актуальную информацию о состоянии образовательного процесса в целом по вузу. По аналогии такая же система взаимодействия выстраивается на факультетах, кафедрах, в группах.

Принимая во внимание сложившиеся условия, для отдельных подразделений вуза формулируется задача упорядочивания собственной работы, с целью достижения максимальных производственных результатов. В данной статье представлен обзор реализации решений одной из таких подзадач на управленческом уровне кафедры для учебной группы, а именно задачи интерпретации основных положений популярной модели управления на основе 14 принципов Деминга для образовательного процесса.

Поставленная в работе задача по разработке модели образовательного процесса в учебной группе вуза, решалась с использованием экспертного метода анализа деятельности. Технология данного метода была положена в основу принятых в ходе построения модели решений, с тем, чтобы придать ей более наглядный вид.

Исходная информация для инициации разработки, была представлена в форме отчета о самообследовании деятельности кафедры вуза, в состав которой входит исследуемая группа. На основе этих данных руководством кафедры было сформулировано техническое задание на проектирование модели образовательного процесса группы. Внутренняя среда, в которой разрабатывалась модель, требовала от авторов представления аван-проекта модели в сжатые сроки и с коротким циклом внедрения, поэтому важная проблема, которая должна быть рассмотрена в контексте предложенной архитектуры модели, это возможность ее применения в вузе в ближайшее время. Это связано с тем, что организационный уровень модели требует больших затрат на ее внедрение. В первую очередь это относится к кадровым, финансовым и временным затратам.

Систематизация имеющейся информации о процессе и принятие на ее основе решений о будущей структуре модели, стали ключевыми этапами работы.

Архитектура модели, включает следующие основные компоненты: планирования, организационной структуры и обратной связи. Каждый из этих компонентов содержит подробное описание реализации в деятельности принципов Деминга.

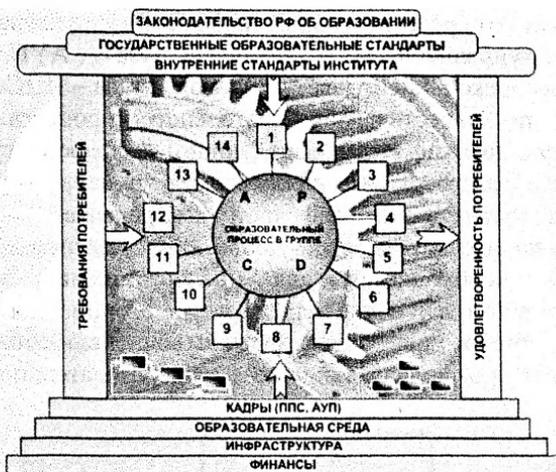


Рис. 1. Модель образовательного процесса на основе 14 принципов Деминга.

Показанная модель процесса предполагает принятие руководством вуза идеологии качества, направленной на создание образовательной услуги, отвечающей всем группам требований устанавливаемых в соответствующей нормативной документации. Модель процесса используется для обеспечения адаптивного обучения всем дисциплинам на уровне учебной группы. Компонент обратной связи с обучающимися и всеми задействованными в процессе обучения лицами используется для обновления модели и внесения необходимых коррекций (по результатам работы модели) в компоненте планирования процесса.

Перед применением модели управления, всем участникам процесса важно достигнуть понимания сущности принципов Деминга, составляющих ее основу, а также их трактовку, применительно к образовательной среде. Данная задача упрощается, если коллективом будут приняты следующие три положения:

А) «Любая деятельность может рассматриваться, как технологический процесс и потому может быть улучшена» – процессный подход.

Б) «Образовательное учреждение следует рассматривать как систему. Поэтому, решения частных конкретных проблем совершенно недостаточно. Необходимы системные фундаментальные изменения» – системный подход.

В) «Руководство института должно во всех случаях поступать так, чтобы принять на себя ответственность за деятельность вуза» – лидерство руководства.

Скорый пересмотр существующих подходов к управлению образовательным процессом и реализация большинства принципов

Деминга, зависит от результативной работы менеджера процесса, административно-управленческого персонала вуза – АУП, куратора группы и профессорско – преподавательского состава – ППС. (Рис. )

Менеджером по качеству образовательного процесса в группе является заведующий кафедрой. Заведующий кафедрой осуществляет как управление образовательным процессом в группе, так и контроль этого процесса. Заведующий кафедрой определяет факторы и характеристики процесса, соответствующие обязательным требованиям и требованиям, необходимым для предвосхищения желаний и потребностей потребителей и заинтересованных сторон. Обязательные и законодательные требования должны быть выполнены и соблюдены как в образовательных программах, так и в самом образовательном процессе в группе.

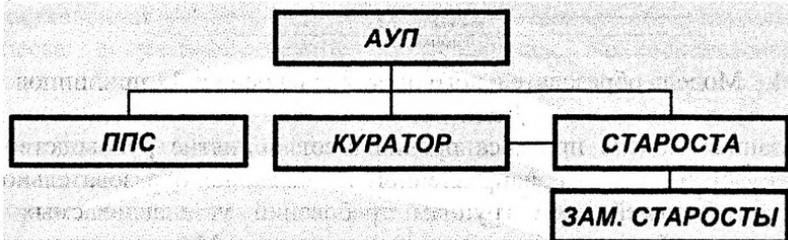


Рис. 2. Организационные единицы на уровне группы.

Результативная работа куратора, в первую очередь, и остальных участников процесса, в течение короткого срока позволит сформулировать перед группой, задачу создания благоприятной среды для организации функционирования процесса в соответствии с философией Деминга. Следует отметить, что в этом случае на старосту и его заместителя будут возложены дополнительные обязанности по контролю за реализацией принципов на уровне группы. Организованная таким образом система предоставления образовательной услуги будет своевременно и адекватно реагировать на изменяющийся спрос и быстро изменяющиеся требования потребителей, главным образом студентов, и тем самым, обеспечивать конкурентоспособность предоставляемой образовательной услуги. В рамках такой системы необходимо выполнение следующих мероприятий:

- стратегически планировать свою деятельность;
- выделять и ставить цели;
- осуществлять постоянный мониторинг выполнения установленных целей;
- обмениваться информацией по кафедре о планировании образовательной деятельности;

- обеспечивать образовательный процесс человеческими и материальными ресурсами;
- доводить до сведения персонала важность удовлетворения требования потребителя;
- оценивать работу по предоставлению образовательной услуги.

Результатом решения поставленных задач стала, подготовленная с минимальными временными затратами, модель образовательного процесса, основанная на положениях философии Деминга.

Синицина В.А., Бойцов Б.В.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

### **Управление корпоративной системой менеджмента качества (смк)**

В статье раскрывается тема особенности управления единой корпоративной системой менеджмента качества при объединении систем разноплановых предприятий.

Начнем с того, что Корпорация (от лат. corporation - объединение) - совокупность физических и юридических лиц или капиталов, объединившихся для достижения общих целей, осуществления совместной деятельности" [1]. Корпорация - это объединение "материнской" компании и сети дочерних отделений, филиалов, агентств и прочих хозяйственных образований, имеющих различный юридический статус и разную степень оперативно-хозяйственной самостоятельности.

Остановимся на конкретном предприятии, где сложилась следующая ситуация. Головное предприятие корпорации является самостоятельным юридическим лицом. У компании развита корпоративная культура - развит опыт корпоративного менеджмента и единая стратегия развития. Бизнес-структура организации представляет собой объединение нескольких самостоятельных предприятий одной отрасли промышленности и управляющей компании-собственника. Решение о создании СМК на предприятиях корпорации принималось самостоятельно дочерними предприятиями, как и решение о выборе органа по сертификации. Они самостоятельно устанавливали сроки разработки и подготовки к сертификации СМК, выбирали методы, формы функционирования и описания документации СМК. Но не учитывали роли управляющей компании как контролирующей и согласующей вышестоящей организации. Ведь объединение в корпорацию произошло значительно позже формирования предприятий-дочек. Вследствие этого СМК предприятий корпорации создавались независимо друг от друга, а управляющая компания только

контролировала целевое использование денежных средств. Отсутствовал обмен опытом об использовании наиболее удачных методик применяемых предприятиями корпорации. Сохраняющееся непонимание между управляющей и дочерними организациями после сертификации является сдерживающим фактором развития СМК.

А внедрение корпоративной системы менеджмента качества предприятия будет способствовать:

- Повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции и предоставляемых услуг
- повышению капитализации и инвестиционной привлекательности компании;
- повышению управляемости компании;
- развитию имиджа и повышению конкурентоспособности компании(имидж);
- непрерывному улучшению деятельности компании;
- увеличению объема продаж и повышению финансовой устойчивости предприятия;
- совершенствованию технологических процессов.
- В целях подробного понимания проблемы изучен материал русских и зарубежных ученых и проведен анализ методик процессов управления, документации и распределения обязанностей.

К числу наиболее часто встречающихся проблем можно отнести:

- координирование работ по созданию и функционированию СМК;
- распределение полномочий и ответственности в СМК;
- документирование СМК;
- функционирование процессов менеджмента качества и их взаимодействие с другими процессами СМК;
- определение сферы распространения СМК и выбор области сертификации.

В создании СМК Корпорации один из главных моментов является повышение управляемости. Достичь которого компания сможет после внедрения адекватных процессов регламентации.

В соответствии с требованиями Стандартов ISO 9000 компания должна разрабатывать и поддерживать в актуальном состоянии общие документы, позволяющие эффективно управлять процессами и деятельностью корпорации в целом. Данные документы должны быть доведены до конечных исполнителей (дочерних предприятий). Внутренняя нормативная документация включает в себя: регламенты (стандарты) бизнес-процессов, положения о подразделениях, должностные инструкции, другие положения и порядки. Важно, чтобы вся нормативная документация была взаимосвязана, то есть

должностные инструкции и положения о подразделениях , введенные на местах не перечили нововведениям, связанными с образованием Корпорации .

Для достижения поставленных целей необходимо прописать управленческие процессы.

На всех предприятиях следует обобщить и усовершенствовать модель планирования и отчетности. Необходимо провести анализ существующих на каждом предприятии систем, т.е. проработать руководства по качеству, шесть основных процедур, основные стандарты раскрывающие совершенствующие процессы. Рассмотреть, как достигают поставленных целей, какие методики используют, как управляют персоналом на всех предприятиях-это ключевые вопросы , которые показывают эффективность управления и прослеживаемость деятельности.

К реализации задачи управления документацией следует подойти, руководствуясь теми же классическими принципами менеджмента, которые положены в основу менеджмента качества – процессный и системный подходы.

Известно что, формирование модели управления предприятиями является неотъемлемой частью системы менеджмента. Сам процесс оптимизации модели управления является итерационным, т.е. изменения в модель управления вносятся на основании выявленных недостатков и замечаний персонала в процессе работы предприятия. Изменения работы предприятия отражаются в модели управления в системном виде, что позволяет автоматически сформировать необходимый пакет документов.

Системный подход, применяемый в технологии, позволяет добиться следующих качественных результатов:

- Обосновать формирование и распределение функций по подразделениям
- Обеспечить полноту выявления бизнес процессов предприятия и функций деятельности
- Обеспечить оптимальное распределение функций по подразделениям
- Упорядочить организационную структуру предприятия
- Оценить и оптимизировать бизнес процессы предприятия и потоки документов
- Выявить необходимость создания новых и ликвидации ненужных для управления форм документов.

При разработке методики описания процессов управления СМК на базе методологии IDEF0 акцентируем внимание менеджеров по

качеству на то, что разработанная методика описания сети процессов, создает основу для внедрения CALS – технологий и предпосылки для развития эффективной деятельности в области качества. То есть, что это только первый этап «сквозного» менеджмента качества, который является системообразующим звеном в циклической деятельности в области качества. Системообразующим в том смысле, что все подсистемы СМК, в том числе подсистема управления документацией, должны строиться на базе построенной модели сети процессов. Это является ключевым элементом принципа «процессного подхода».

Отсутствие именно этой жесткой связки «описание сети процессов – система документооборота СМК» до сих пор не сделало внедрение электронного документооборота массовым, не смотря на массовый характер появления сертифицированных СМК.

В Стандартах ISO 9000 нет требований к использованию программного обеспечения для построения и функционирования СМК. Однако в масштабах 5-ти предприятий целенаправленно использовать специализированное программное обеспечение для целей повышения эффективности построения и функционирования корпоративной СМК, сокращения трудозатрат и сроков проекта.

Я предлагаю использовать программный продукт **Business Studio** -российскую разработку, которая является комплексным решением в области бизнес-моделирования.

В системе **Business Studio** автоматизированы следующие этапы разработки, внедрения СМК и поддержания ее в работоспособном состоянии:

- разработка целей в области качества;
- идентификация и описание основных и вспомогательных процессов;
- разработка показателей процессов;
- разработка документации СМК;
- ознакомление персонала с документацией;
  
- поддержание документации СМК в актуальном состоянии;
- сбор результатов измерений;
- планирование и проведение внутренних аудитов;
- анализ данных;

- разработка корректирующих и предупреждающих действий и устранение несоответствий;
- улучшение;
- подготовка к сертификации и сертификация.

Таким образом программу удобно применять в тех случаях, когда системы утверждены но не обобщены. **Business Studio** задает общие шаблоны и методики, которых следует придерживаться для объединения системы и получения общей документации в едином удобном формате. Это полностью удовлетворяет поставленным задачам.

**Business Studio** также поддерживает методику анализа несоответствий, их последствий и причин возникновения (FMEA) с применением диаграммы Исикавы [6].

В современных условиях решения задачи управления документацией невозможен без разработки современных информационных систем.

Для «органичного» внедрения систем электронного документооборота в инфраструктуру СМК обязательно стоит сформулировать требования и разработать эффективный инструмент управления документацией СМК с учетом требований ИСО 9001-2008

Внедрение информационной системы управления документацией СМК, интегрированной с системой описания процессов, позволит обеспечить высокую управляемость, прозрачность деятельности на всех уровнях и понимание процессов всеми сотрудниками масштабной системы.

### **Библиографический список**

1. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. - М.: ИНФРА-М, 1998.
  2. Скрипко Л.Е. Особенности построения систем менеджмента качества корпораций и холдингов // Методы менеджмента качества, №1. - 2004г
  3. Информация о программном продукте **Business Studio** с официального сайта (<http://www.businessstudio.ru>).
  4. ТК РБ 4.2-Р-05-2002. Методика и порядок работ по определению, классификации и идентификации процессов.
- Описание процессов на базе методологии IDEF0.- Методические рекомендации. НТК по стандартизации  
 «Управление качеством» Госстандарта РБ. 2001. –45 с.

## **Разработка распределенной многоуровневой автоматизированной информационно-измерительной системы учёта для розничного рынка электрической энергии**

Россия располагает масштабным потенциалом энергосбережения, который по способности решать проблему обеспечения экономического роста страны сопоставим с приростом производства всех первичных энергетических ресурсов.

Меры по снижению энергоёмкости за последние годы оказались недостаточными для того, чтобы остановить динамичный рост спроса на энергию и мощность.

Сейчас существует два пути решения возникшей проблемы:

- наращивания добычи нефти и газа и строительства новых объектов электрогенерации;
- повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.

Основной задачей данной работы является разработка распределённой многоуровневой информационно-измерительной системы учёта электрической энергии (АИИС УЭ), соответствующей современным требованиям.

На основе проведенного анализа были выделены четыре основные группы объектов для учёта электрической энергии: коттеджные посёлки и садовые некоммерческие товарищества (СНТ), индивидуальные точки учёта, жилые дома и промышленные предприятия. С этих объектов данные поступают в контролирующие организации, которыми могут являться энергосбытовые или энергогенерирующие организации (рис. 1).

Программно-аппаратная часть автоматизированной информационно-измерительной системы включает в себя три уровня, представленных на рис. 2. Каждому аппаратному уровню соответствует свой программный уровень. Нижний уровень – уровень точки учёта, средний уровень представляет собой устройства сбора и передачи данных (УСПД), верхний уровень реализован в виде сервера сбора данных и автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора.

Наиболее простыми для реализации являются АИИС индивидуальных точек учёта (трансформаторных и распределительных подстанций, внутренних распределительных устройств), обобщённая структурная схема которых представлена на рис. 3.



Рис. 1. Обобщённая структурная схема многоуровневой АИИС УЭ.

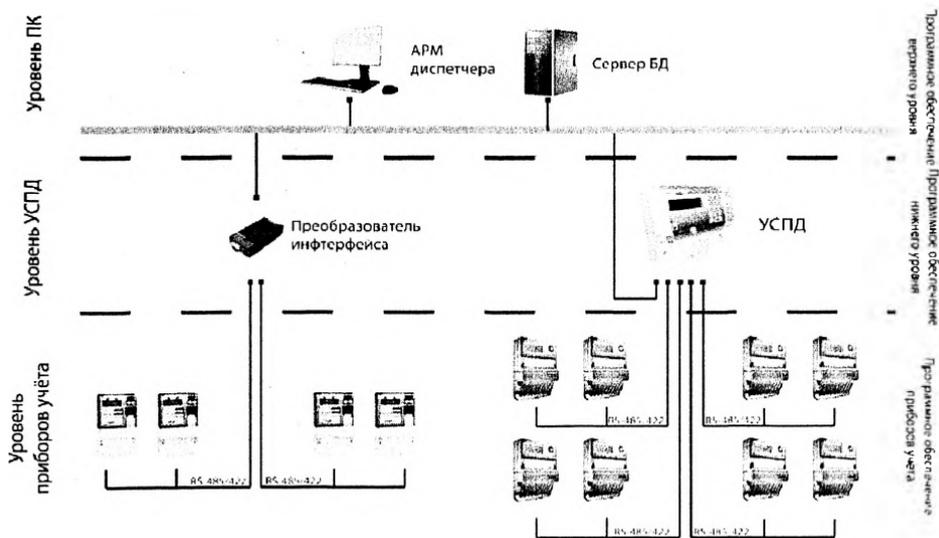


Рис. 2. Программно-аппаратная структура АИИС УЭ.

## АИИС на индивидуальных точках учёта



## АИИС на ТП, РП и РТП



Рис. 3. Обобщённая структурная схема АИИС УЭ индивидуального объекта учёта.

Более сложным для реализации является учёт группы абонентов (многоквартирных жилых домов, коттеджных посёлков и СНТ). Построение систем данного класса возможно с использованием проводных каналов передачи данных по стандартным цифровым интерфейсам с необходимостью прокладки линий связи или с использованием PLC-модемов (технология «PowerLineCommunication»), позволяющих реализовать передачу данных по силовой сети, (рис. 4).

## На основе PLC-технологий



## На основе УСПД



Рис. 4. Обобщённая структурная схема АИИС УЭ группы абонентов.

Учёт электрической энергии на промышленном предприятии представляет собой более сложную задачу, так как требует регистрации не только расхода электрической энергии, но и ряда параметров электрической сети (показателей качества электрической энергии). Кроме того, расчетным периодом является не календарный месяц, а сутки или даже тридцатиминутные интервалы. На крупных объектах требуется проводить не только коммерческий, но и технический и технологический учёты энергоресурсов. Обобщенная структурная схема АИИС УЭ промышленного предприятия представлена на рис. 5.

Построение таких АИИС возможно как с использованием преобразователей интерфейсов и сервера сбора данных, так и с использованием УСПД, обеспечивающим хранение большого массива данных об учёте потребления и качества электрической энергии.

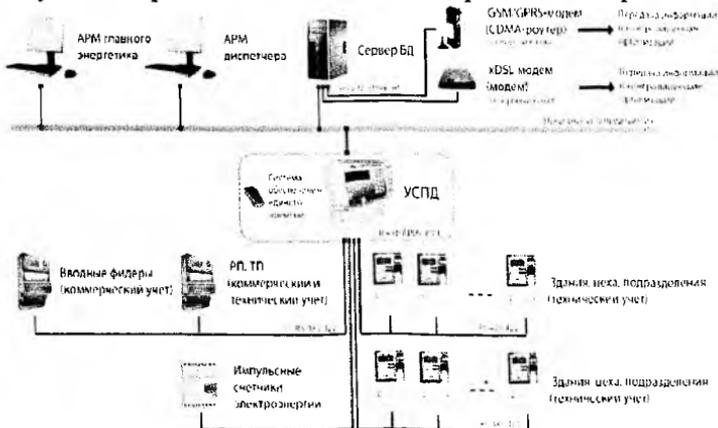


Рис. 5. Обобщённая структурная схема АИИС УЭ промышленного предприятия.

Структурная схема разработанного программного обеспечения верхнего уровня представлена на рис. 6. Центральным звеном структуры

является база данных, с которой взаимодействует ряд модулей программного обеспечения, каждый из которых решает свою непосредственную задачу (например, модуль мониторинга, модуль XML-отчётов, сервис сбора данных, сервисы импорта и экспорта, модуль администрирования).

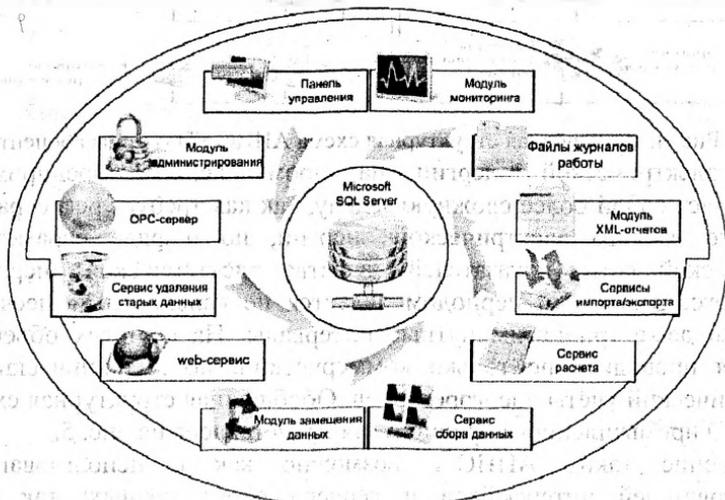
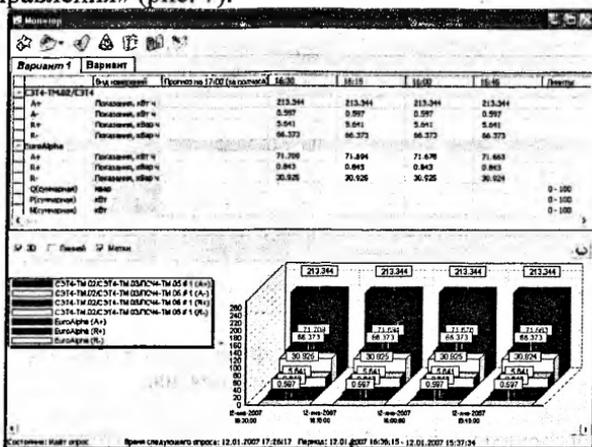


Рис. 6. Структурная схема программного обеспечения верхнего уровня АИИС УЭ.

В качестве примера работы разработанного интерфейса представлены результаты измерений разработанной АИИС в модулях «Мониторинг» и «Панель управления» (рис. 7).



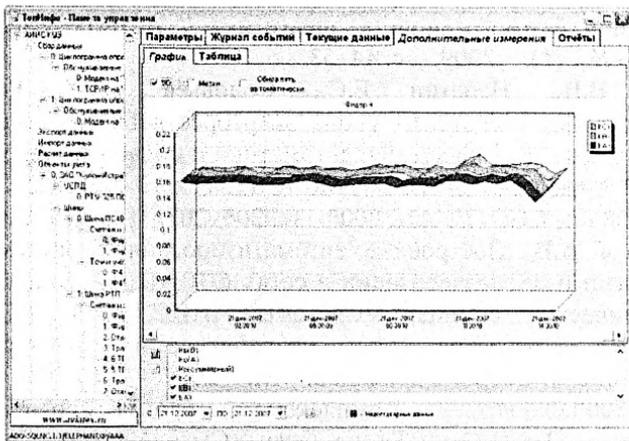


Рис. 7. Примеры результатов измерений АИИС УЭ.

Таким образом, в ходе работы разработаны обобщённая структура распределённой многоуровневой системы учёта электрической энергии, структуры АИИС основных объектов учёта, а также программное обеспечение центра сбора данных, осуществляющее сбор, обработку, хранение полученной информации об электропотреблении и предоставление её в требуемом для оператора виде.

#### Библиографический список

РД 153-34.0-11.209-99. Рекомендации. Автоматизированные системы контроля и учёта электроэнергии и мощности. Типовая методика выполнения измерений электроэнергии и мощности;

АВОД.466364.007МП. Автоматизированные системы коммерческого учета электрической энергии АСКУЭ-С. Методика поверки. – М., ВНИИМС, 2001.

Мокеев А.В., Ульянов Д.Н., Лобанов Е.А., Миклашевич А.Г., Суранов Д.С., Сыроватский Г.В., Тюкин В.В. Применение ПТК «ES-Энергия» для создания АИИС УЭ распределительных электрических сетей // Шестой научно-технический семинар «Системы АИИС УЭ (АСУЭ) и автоматизация расчётов с потребителями электроэнергии в энергосистемах». Сборник докладов. – М. – 2007. – с. 43–45.

Баланин Д.А., Кирпичёв К.Ю., Неретин Е.С. Разработка универсального микропроцессорного блока дискретного ввода-вывода для управления испытаниями электронных устройств // Проектно-конструкторские и производственные вопросы создания перспективной авиационной техники / Под ред. проф. Ю.Ю. Комарова. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009 – с. 163–168.

Резник Ю.О., Князева В.В., Волокитин Д.А., Кирпичев К.Ю., Неретин Е.С., Румянцев Д.С. Опыт компании «АВИАТЭКС» в создании систем

промышленной автоматизации в энергетике // Автоматизация и IT в энергетике – №1 (1). – 2009. – с. 44–53.

Князева В.В., Неретин Е.С., Соловьёв С.Ю. Разработка автоматизированной системы учёта энергоресурсов // Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации: Труды XVII Международного научно-технического семинара. Алушта, сентябрь 2008 г. – СПб.: ГУАП, 2008. – с. 206–207.

Бурмистров А.В. Построение автоматизированной системы учёта электроэнергии и диспетчеризации в сетях 6/10 кВ и 0,4 кВ // Шестой научно-технический семинар «Системы АИИС КУЭ (АСКУЭ) и автоматизация расчётов с потребителями электроэнергии в энергосистемах». Сборник докладов. – М. – 2007. – с. 81-91.

АВБМ.425000.003 ИЭ. Комплексы программно-технические измерительные «ТопИнфо-АТ» на базе УСПД АТ-860. Инструкция по эксплуатации. – М., АВИАТЭКС, МСТ, 2006.

АВБМ.425000.003 РЭ. Комплексы программно-технические измерительные «ТопИнфо-АТ» на базе УСПД АТ-860. Руководство по эксплуатации. – М., АВИАТЭКС, МСТ, 2006.

Дианов И.В. Средства передачи данных для АИИС КУЭ // Шестой научно-технический семинар «Системы АИИС КУЭ (АСКУЭ) и автоматизация расчётов с потребителями электроэнергии в энергосистемах». Сборник докладов. – М. – 2007. – с. 92–96.

# Содержание

100 ЛЕТ РОССИЙСКОЙ АВИАЦИИ.....	4
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ.....	6
Анализ видов трансформации агрегатов корабельных летательных аппаратов .....	6
Применение типовой методики твердотельного моделирования в САПР при построении элементов силового набора каркаса самолета ..	14
Особенности автоматизированной дефектоскопии изделий из неметаллических композиционных материалов на авиапредприятиях .....	17
Особенности применения компьютерной рентгеновской томографии для неразрушающего контроля изделий из композиционных материалов .....	26
Автоматизация управления лазерным технологическим оборудованием .....	36
Стабилизация ориентации спутника с гибким элементом неполной обратной связью.....	43
Использование метода анализа иерархий в производстве .....	50
Исследование устойчивости и управляемости пространственного движения маневренного самолёта методами качественной теории дифференциальных уравнений.....	61
Обзор методов изготовления деталей с наклонным и криволинейным фланцем .....	72
Учёт влияния человеческого фактора при проектировании кабины экипажа .....	82
Фреттинг-процесс в болтовых соединениях .....	88
Разработка спасательной системы для воздушных судов авиации общего назначения .....	96
Вопросы моделирования и проектирования двигателей летательных аппаратов .....	98

Применение программного продукта MAXWELL для анализа процессов в источниках плазмы .....	98
Силовое проектирование рабочих колес реактивных турбин .....	102
Моделирование работы газотурбинных двигателей в целях сертификации воздушного судна.....	111
<b>ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ.....</b>	<b>117</b>
Разработка методики калибровки бесплатформенной инерциальной навигационной системы с использованием фильтра Калмана .....	117
Высокоточная комплексная навигационная система роботизированного транспортного средства .....	124
Применение алгоритмов комплексированной рельефно-многоспектральной обработки изображений для уточнения местоположения ЛА.....	131
Система контроля кинематических параметров движения спортивной лодки.....	137
Бортовой ВТСП-генератор для перспективной схемы полностью электрифицированного самолета.....	142
Интеллектуальная система наведения летательного аппарата, основанная на распознавании видеоизображений наземных объектов.....	149
Алгоритм и программа контроля правильности бортовых измерений параметров движения летательного аппарата .....	152
Автоматизированный лабораторный стенд для проведения экспериментальных исследований датчиков давления.....	160
Автономная система электропитания на базе кислород-водородного электрохимического генератора и гидронного химического источника тока, как управляемого генератора водорода .....	165
Продукционная ЭС для анализа работоспособности системы контроля электризации космического аппарата.....	171
Построение траектории продольного движения и синтез САУ гиперзвукового беспилотного самолета-разгонщика с комбинированной турбопрямоточной силовой установкой.....	177
<b>МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....</b>	<b>183</b>

Изучение динамики численности популяции животных с помощью индивидуально-ориентированного моделирования .....	183
Интервальные методы поиска глобального условного экстремума	188
Оценка рисков пересекающихся потоков воздушных судов.....	194
Задача распределения инвестиций в развитие отраслей производства .....	201
Корректировка расчета проницаемости грунтов на основе математического моделирования .....	207
Поведение системы трос – спутник в космосе.....	213
Математическое моделирование влияния вибраций на теплообмен в процессе кипения.....	220
Влияние быстрых вибраций и сил сопротивления на устойчивость двух относительных равновесий твердого тела.....	226
Прогнозирование движения центра масс космического аппарата по высокой эллиптической орбите.....	232
Решение параболических уравнений с помощью моделирования траекторий специального ветвящегося процесса .....	238
<b>ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....</b>	<b>245</b>
Анализ действующих методик расчёта лизинговых платежей .....	245
Внедрение методики проектирования взаимодействия в процесс разработки программных продуктов в сфере аэрокосмического производства .....	252
Формирование организационно-экономического механизма выбора концепции внедрения информационных систем для авиационного производства .....	257
Управление созданием нововведений и маркетинг инноваций.....	263
Метод оценки экономической активности промышленных предприятий города Москвы .....	271
Внедрение метода качественно-количественного регулирования теплоснабжения авиапредприятий как способ повышения социально-эколого-экономического эффекта.....	277
Применение критериев эффективности инновационной деятельности для оценки коммерческого использования научных	

экспериментов на российском сегменте международной космической станции.....	282
Проблемы развития компетенций по организационным коммуникациям для корпоративных структур авиастроительной отрасли .....	290
Проблемы проведения исследований на международной космической станции .....	298
Обзор рынка программного обеспечения в области систем управления социальными медиа-средствами .....	301
Менеджмент и маркетинг высокотехнологичной продукции .....	305
О некоторых особенностях оценки рыночной стоимости предприятия авиационной промышленности .....	311
Разработка предложений по преодолению финансовой несостоятельности предприятия .....	316
Проблемы повышения конкурентоспособности в отрасли авиадвигателестроения .....	323
Исследования в рг-деятельности аэропорта «шереметьево».....	325
<b>СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ.....</b>	<b>336</b>
Электронное учебно-методическое пособие по изучению приемоиндикатора.....	336
Разработка подсистемы проведения он-лайн конференций и подсистемы адаптивного тестирования учащихся в автоматизированной системе дистанционного обучения.....	340
Роль технического перевода в подготовке специалистов для аэрокосмической отрасли .....	344
<b>УПРАВЛЕНИЕ В СФЕРЕ СОЦИАЛЬНОГО ИНЖИНИРИНГА.....</b>	<b>350</b>
Поведение персонала в ситуации изменения требований компетенции .....	350
Оценка компетентности менеджеров .....	358
Профессиональное ориентирование выпускников школ г. Москвы и московской области .....	361
Отношение студентов МАИ к пользованию услугами университетской библиотеки .....	366

Влияние линейных структур на работу организации муниципального типа .....	373
Этические аспекты космической деятельности .....	380
Удовлетворенность условиями труда врачами в государственных больницах по городу Москве.....	387
Социально-экономическая эффективность проектных решений в развитии ииия МАИ-НИУ.....	393
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И ЭКОЛОГИЯ.....	399
Математическое моделирование процессов распространения и рассеяния вредных примесей в окружающую среду при наличии стационарных и нестационарных источников выбросов .....	399
Что есть качество летательного аппарата в целом? Особенности пассажирских самолетов будущего .....	403
Контроль качества процессов в авиационной технике на основании цикла деминга .....	408
Снижение экологического ущерба при штатной и нештатной эксплуатации ркт .....	412
Управление качеством образовательного процесса в учебной группе вуза на основе принципов деминга .....	417
Управление корпоративной системой менеджмента качества (смк).....	421
Разработка распределенной многоуровневой автоматизированной информационно-измерительной системы учёта для розничного рынка электрической энергии.....	426

Абызов В.Г. ....	416	Комарова А.М. ....	263
Александрина Е.Н. ....	357	Комов. В.Г. ....	36
Андреев С.П. ....	111	Копцева Д.В. ....	349
Антонов Д.А. ....	124	Копылов А.В. ....	17
Артюкова Ю.Б. ....	194	Корсун О.Н. ....	111, 152
Афанасьева О.А. ....	300	Копчелев Б.В. ....	335
Базадзе Н.Г. ....	289	Краснухин А.А. ....	232
Баланин Д.А. ....	425	Ларин А.А. ....	26
Батурин Д.А. ....	72	Лелес Я.И. ....	324
Белова Г.Н. ....	281	Леонов В.А. ....	61
Бойцов Б.В. ....	420	Леонов Е.Н. ....	339
Большакова Т.А. ....	398, 411	Лищенко Д.С. ....	61
Веремеенко К.К. ....	117	Люлякин О.П. ....	183
Галай И.А. ....	117	Лютер Е.В. ....	270
Головин Д.Л. ....	50	Мадеев С.В. ....	98
Громов В.Ф. ....	88	Макеич Г.С. ....	177
Гумерова А.В. ....	82	Малыхина М.А. ....	324
Гурьева Л.С. ....	349, 357, 365, 372, 386	Мамичева А.И. ....	386
Гусарова Ю.В. ....	270	Маркин Н.Н. ....	61, 177
Гусев Е.В. ....	398, 411	Метельников А.А. ....	102
Дайнов М.И. ....	277	Мокроусова Е.И. ....	322
Дегтярев А.В. ....	252, 310	Мологорский А.А. ....	160
Дедова А.В. ....	398, 411	Морозов Д.С. ....	124
Денискина А.Р. ....	402, 407, 416	Моругин П.А. ....	252
Добриднико О.Л. ....	245	Москвичева Н.В. ....	245
Дубенский А.А. ....	142	Мотлич П.А. ....	152
Дунаев В.В. ....	88	Мотырева Е.Е. ....	297
Ерёмин М.В. ....	88	Неретин Е.С. ....	425
Ефимова Н.С. ....	257	Новикова А.С. ....	96
Захарян Р.Р. ....	160	Носова Н.А. ....	257
Золотов А.А. ....	300	Окорокова Н.С. ....	165
Зубанова С.Г. ....	343, 392	Павленко А.И. ....	131
Зубков Б.В. ....	17	Павлова Н.В. ....	171
Зуева Т.И. ....	315	Пакостина А.В. ....	171
Иванов М.А. ....	379	Палешкин А.В. ....	398
Иванов С.В. ....	201	Пановский В.Н. ....	188
Ильина Т.И. ....	281	Пантелеев А.В. ....	188
Ковалёв Л.К. ....	142	Пичужкин П.В. ....	398
Ковалева М.А. ....	386	Плеханов В.Е. ....	137
Коган Е.А. ....	360	Подкидышева Е.В. ....	61
		Попов Ю.И. ....	6

Принцева А.А.....	360	Фармаковская А.А. ....	165
Приходько С.Ю.....	111	Федюшкин А.И.....	220
Прозоров Д.Е.....	263, 304	Фокин Е.А.....	425
Прохорова Е.П. ....	297	Фомкин А.Б. ....	402, 407
Пунтус А.А.....	194, 207, 213, 220, 232	Фролова А.А.....	365
Пушилин С.В. ....	149	Хазов Д.А.....	14, 416
Пушкин К.В.....	165	Халина А.С. ....	43
Резниченко В.И.....	17, 26	Хомяков А.М.....	102
Романов М.А. ....	339	Хорев Т.С.....	137
Румянцева О.Ю.....	343	Хрусталеv М.М.....	43
Рыбаков К.А. ....	238	Цыганов О.В.....	50
Рябухина М.И.....	339	Чемоданов В.Б.....	149
Саранча Д.А. ....	183	Чернова Е.А. ....	372
Сафонов А.И. ....	226	Чернышева Н.Н.....	257
Севрук С.Д.....	165	Чумадин А.С.....	72
Семенов Р.С.....	315	Чундышко М.Р. ....	335
Сергеев И.Ю.....	379	Чунихин А.А.....	14
Синицина В.А. ....	420	Шаповалов А.Ю. ....	207
Синягина Д.И. ....	392	Шарапов Д.С.....	96
Сусова Г.М. ....	82	Шаталина Е.А.....	213
Титов Ю.П. ....	131	Шашкова Т.А.....	270
Тихомиров А.А. ....	304	Шеленкова Е.В.....	289
Тихонов А.И.....	322	Щербаков О.А. ....	220
Третьякова О.Н. ....	36	Юлдашев А.А. ....	277
Тюкаев М.Ю.....	177	Якунин А.А.....	360
Устюжанинова Г.Н. ....	165	Ямщиков Н.А. ....	310
		Ярыгина М.В. ....	6

## НИРС МАИ

Научно-исследовательская работа студентов (НИРС) - один из важнейших способов повышения уровня подготовки специалистов. Тесная связь учебной и научной деятельности углубляет знания студентов, убеждает их в необходимости творческого подхода при решении самых разнообразных задач.

Студенты и аспиранты МАИ приглашаются для участия в институтском конкурсе на лучшую НИР, который ежегодно проводится сначала на факультетах, а затем на уровне вуза.

Краткие статьи на основе ваших научных работ могут быть опубликованы в нашем ежегодном сборнике.

*Дорогие студенты МАИ!*

Если вы хотите принять участие в научно-исследовательской работе, обращайтесь к руководителям по НИРС на своем факультете:

Комаров Юрий Юрьевич, проф.каф.104, председатель Совета по НИРС МАИ. Тел.: (499)158-41-73

Максимович Владимир Захарович, доц.каф.101, 1-й факультет. Тел.: (499)158-48-65.

Демидов Анатолий Семенович, проф.каф. 203, 2-й факультет. Тел.: (499) 158-47-81.

Дубенский Георгий Александрович, доц.каф. 310, 3-факультет. Тел.: (499)158-46-68.

Латышев Вячеслав Васильевич, проф. каф. 405, 4 факультет. E-mail: lvv@mai.ru

Зуева Татьяна Игоревна, ст.преп.каф.505, 5-й факультет. Тел.:(499)158-44-73.

Гусев Евгений Владимирович, ст.преп.каф 610, 6-факультет. Тел.:(499)195-91-72.

Самсонович Семен Львович, проф.каф.702, 7-й факультет. Тел.: (499)158-43-50.

Пунтус Артур Агафонович, проф.каф.803, 8-й факультет. Тел.:(499) 158-43-95.

Сидоренко Александр Сергеевич, проф.каф.906, 9-й факультет. Тел.: (499)158-46-30.

Гурьева Валентина Семеновна, проф.каф. 009, 10-й факультет. Тел.:(499)158-49-92.

Зубанова Светлана Геннадьевна, проф.каф."Теория и практика вторых иностранных языков" Тел.:(499)158-41-56.

Хомяков Анатолий Михайлович, доц.каф.КО-01, филиал "Комета" . Тел.: (495)572-00-66.

УДК 629.7

ББК 39.52

Коллектив Совета по НИРС МАИ : Ю.Ю.Комаров,  
Т.В.Семенихина, Е.М.Смирнова, В.М.Островская.

Адрес: 125993, Москва, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4.  
ГАК, к.413Б.

Телефоны: 8 (499) 158-44-76, 8 (499) 158-41-73.

E-mail: nirs@mai.ru

www.http://nirs.mai.ru

*Желаем успехов в вашей научной деятельности!*

Вопросы создания аэрокосмических и ракетных  
летательных аппаратов.

Компьютерная верстка: Лосева Н.А.

Редактор: Семенихина Т.В.

Подписано в печать

Бум. офсетная. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 20. Уч.-изд.л. 21,5 Тираж-300 экз.

ISBN 978-5-905176-19-7



МАИ, Волоколамское ш., д. 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993