

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА  
НА ВСЕХ ЭТАПАХ  
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ**





РОСТЕХРЕГУЛИРОВАНИЕ

Фонд поддержки творческих инициатив студентов

Посвящается 100-летию со дня рождения  
Василия Васильевича Бойцова

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

Под редакцией профессора Ю. Ю. Комарова

Москва  
2008

УДК

Обеспечение качества на всех этапах жизненного цикла изделия / Под ред. проф. Ю. Ю. Комарова. – М.: Изд-во МАИ, 2008. – 456 с.

В сборнике содержатся статьи научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических работ студентов, молодых ученых и инженеров, представленных на Всероссийский открытый конкурс, посвященный 100-летию со дня рождения Василия Васильевича Бойцова.

Редакционная коллегия: В. М. Абашев, А. С. Аветисян, Л. С. Гурьева, Г. А. Дубенский, Ю. Ю. Комаров (председатель), В. З. Максимович, В. П. Махров, С. Л. Самсонович, А. С. Сидоренко, Ю. Г. Сосулин, А. А. Пунтус, А. М. Хомяков.

Рецензенты: *С. В. Далецкий, Л. Б. Большаков*

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.

ISBN \_-\_\_\_\_\_-\_\_\_\_\_-

© Фонд поддержки творческих инициатив студентов  
МАИ, 2008 г.

## ***В. В. БОЙЦОВ — ЧЕЛОВЕК С БОЙЦОВСКИМ ХАРАКТЕРОМ <sup>1</sup>***

Научно-техническая общественность России в начале января широко отметила 100-летие со дня рождения В. В. Бойцова.

Василий Васильевич Бойцов — крупный ученый, выдающийся организатор, замечательный человек. Он оставил глубокий след в двух сферах деятельности: в авиационной промышленности и стандартизации, прожил долгую, полную событий и свершений жизнь, не дожив двух недель до своего 90-летия.

Во время Великой Отечественной войны В. В. Бойцов работал главным инженером и директором авиационных заводов в Комсомольске-на-Амуре и Саратове. Затем он был назначен первым заместителем Министра авиационной промышленности СССР. Честный, принципиальный, ответственный за судьбу вверенной ему отрасли, Василий Васильевич категорически возражал против предложения Л. Берии о разделении (раздроблении) авиационной промышленности. Разум и логика победили — Минавиапром остался целостным комплексом, продолжая быть флагманом отечественной промышленности.

Василию Васильевичу повезло. Отстаивая интересы авиастроения, он потерял не жизнь, а всего лишь должность: его понизили до директора головного отраслевого института — Научно-исследовательского института авиационной технологии (НИАТ).

В НИАТе раскрылся талант Бойцова-ученого. Под его руководством были выполнены интересные, принципиально новые разработки не только в технологии, но и в конструировании, летных испытаниях и т. д. Кроме этого, в НИАТе по инициативе В. В. Бойцова были разработаны и изготовлены формы для производства блочных стеновых панелей зданий — это



<sup>1</sup>Статья опубликована в журнале «Методы менеджмента качества», 2008, №2



было огромной помощью в деле индустриализации жилищного строительства 60-х годов прошлого столетия.

Работы В. В. Бойцова по теории агрегатирования и унификации привлекли внимание стандартизаторов, и Василию Васильевичу был предложен пост председателя Госстандарта СССР. Он возглавлял комитет с 1963 по 1984 гг. Этот период запомнился всем как расцвет системы Госстандарта, как время нового, прогрессивного отношения к стандартам и ко всему, что с ними связано.

Авторы этой статьи имели удовольствие с середины 70-х годов работать под руководством В. В. Бойцова, часто общаться с ним, получая исключительно полезный опыт.

Василием Васильевичем были применены новые подходы к задачам стандартизации, в корне изменившие эту сферу деятельности. Достаточно вспомнить Единую систему технологической подготовки производства, систему разработки и постановки продукции, комплексную стандартизацию (от сырья до готовой продукции), первую версию Государственной системы стандартизации (ГСС).

Как человек, неоднократно руководивший крупными научно-техническими и технологическими проектами, Василий Васильевич искренне недоумевал, почему брошюрка ГОСТ стоит всего 3 копейки? Ведь каждый стандарт был результатом колоссального интеллектуального труда многих коллективов ученых и специалистов!

Особо следует упомянуть о достижениях Бойцова в области теории и практики управления качеством. Основы организации и системной работы по качеству, позволившие впоследствии сформировать и внедрить «Систему организации бездефектного изготовления продукции и сдачи ее с первого предъявления», В. В. Бойцов заложил еще на Саратовском авиационном заводе. Собирая по крупице опыт передовых предприятий страны, изучая различные инициативные предложения, ученые и специалисты Госстандарта под руководством В. В. Бойцова пришли к комплексным системам управления качества продукции (КС УКП). Итоги широкого внедрения данных систем позволили Госстандарту в 1978 г. утвердить единые принципы государственного управления качеством.

Василий Васильевич Бойцов, будучи в тот период Президентом ISO, рекомендовал Техническому комитету ISO/TC 176 приступить к разработке международных стандартов по управлению качеством.

Тем более, что в Великобритании в 1979 г. появились аналогичные стандарты - BS 5750. Все это позволило через восемь лет утвердить Международные стандарты серии 9000, которые сегодня действуют на 900 тыс.

предприятий и организаций 170 стран мира.

Деятельность В. В. Бойцова всегда отличалась государственным подходом. Он обоснованно считал стандартизацию и метрологию важнейшими инструментами управления народным хозяйством.

Без стандартизации и метрологии не обходилось решение ни одной из народно-хозяйственных проблем, будь то ускорение научно-технического прогресса или продовольственная программа. Метрологическое и стандартизационное обеспечение производства крупных энергоблоков (турбин, электрогенераторов, перекачивающих насосов) и многих других видов техники было неотъемлемой частью технической политики государства. Например, для подготовки производства «Жигулей» на новом автомобильном заводе в г. Тольятти Госстандартом были планомерно пересмотрены и ужесточены требования 2 тыс. государственных стандартов на материалы и комплектующие изделия.

В. В. Бойцов проповедовал идею качества, которое не имеет границ. Особое внимание он уделял международному сотрудничеству как на двусторонней, так и на многосторонней основе. За время его пребывания на посту председателя Госстандарта СССР наша страна вступила в Европейскую организацию по контролю качества (ЕОКК), успешно провела Пленарную сессию МЭК, ежегодную конференцию ЕОКК, XIV Международный конгресс по высокоскоростной фотографии и фотонике, а также множество различных симпозиумов, семинаров, заседаний ТК.

Госстандарт СССР стал соучредителем новой международной системы сертификации изделий электронной техники МЭК. В этой системе первой была аккредитована испытательная лаборатория ВНИИ «Электронстандарт». При ее подготовке к проверке международной комиссией активное участие принимали специалисты по стандартизации и метрологии территориального органа Госстандарта - Ленинградского ЦСМ.

В. В. Бойцов поддерживал тесные деловые связи с национальными организациями по стандартизации ведущих стран мира: были заключены двусторонние договоры о сотрудничестве с США, Францией, Италией, Великобританией и другими странами. По политическим мотивам аналогичное соглашение не удалось тогда заключить лишь с ФРГ, так как Немецкое ведомство по стандартизации ФРГ (DIN) располагалось в Западном Берлине, который по своему статусу не являлся территорией ФРГ. (Договор с DIN был подписан лишь в 1989 г.).

Однако отсутствие официального документа не мешало В. В. Бойцову и руководителю DIN Х. Райлену проводить согласованную политику в рамках международных организаций. В этом факте еще раз проявилась

мудрость Василия Васильевича.

За выдающийся вклад в развитие международной стандартизации В. В. Бойцов был удостоен высшей награды ISO — золотых запонок.

Богатый международный опыт В. В. Бойцова проявился и в его инициативе создания в СССР Общественной академии - по образцу и подобию Международной академии качества (МАК). В состав оргкомитета по созданию Академии вошли и мы, авторы этого материала. Учитывая, что Академия должна была регистрироваться как межрегиональная общественная организация, Василий Васильевич поручил нам быть соучредителями Санкт-Петербургского отделения. Такое отделение было создано в сентябре 1993 г., а в декабре того же года была зарегистрирована Академия проблем качества России. В. В. Бойцов был единогласно избран почетным президентом Академии.

До конца своих дней Василий Васильевич участвовал в работе Академии, подсказывал решения самых сложных проблем, предлагал интересные инициативы и перспективные идеи. При этом он всегда был внимателен и отзывчив, уважительно относился к окружающим. Несмотря на возраст, он всегда был подтянут и находился в хорошей физической форме.

В. В. Бойцов, руководя Союзным ведомством такого огромного государства, опирался на своих представителей - территориальные органы комитета. Сеть местных организаций по всей стране была задумана еще Д.И. Менделеевым. Первоначально это были поверочные палатки, осуществляющие поверку и клеймение торговых мер и весов. Со временем они существенно расширили свои функции и к приходу В. В. Бойцова в Госстандарт превратились в лаборатории государственного надзора за стандартами и измерительной техникой (ЛГН). Василий Васильевич поставил задачу значительно повысить роль этих организаций: в 1974 г. ЛГН были преобразованы в Центры стандартизации и метрологии (ЦСМ).

Подобную реорганизацию было провести весьма сложно. Ведь требовалось добиться дополнительного бюджетного финансирования, увеличения численности персонала (да еще в непроизводственной сфере!), выделения материально-технических ресурсов. Все это удалось Василию Васильевичу со своей командой, которая находила и экономические, и юридические, и политические аргументы в пользу Госстандарта.

Переход от ЛГН к ЦСМ был не просто реорганизацией. Была заложена качественно иная материально-техническая база.

Единая команда, которую в шутку называли «БОБ» (Бойцов—Огрызков—Берест), работала эффективно и исключительно в интересах дела

и государства. Настоящий пример для подражания!

Благодаря усилиям В. В. Бойцова все новейшие разработки метрологических институтов оперативно осваивали приборостроительные заводы созданного к тому времени Всесоюзного промышленного объединения «Эталон».

Оснащение ЦСМ проводилось на плановой основе по специальной программе, руководителем которой был назначен начальник СКБ А.С. Кустарев (ныне заслуженный конструктор РФ, заместитель генерального директора ФГУ «Тест - С.-Петербург»). Разработки СКБ автоматизированных рабочих мест поверителей и комплексных поверочных лабораторий позволили резко повысить качество и производительность труда, освоить новые виды и методики поверок.

В. В. Бойцов, имевший опыт работы в авиационной промышленности, прекрасно понимал, что уверенно контролировать качество продукции можно лишь инструментальными методами. Проводимая им политика предусматривала наличие государственных испытательных центров (ГИЦ). Такие центры, создаваемые на базе ведущих отраслевых НИИ - головных по видам продукции, стали основой зарождающихся систем сертификации.

В территориальных органах Госстандарта было признано целесообразным развивать испытания тех видов продукции, которые выпускаются повсеместно и в больших объемах. Это, прежде всего, продукты питания, косметика и сельскохозяйственное сырье.

В. В. Бойцов настойчиво требовал от руководителей ЦСМ организации испытательных лабораторий и закупок испытательного оборудования. Все это принесло плоды: к моменту введения сертификации продукции большинство ЦСМ были готовы к новому виду деятельности.

Коллегам и соратникам Василия Васильевича Бойцова, усвоившим его идеологию и опыт, совершенно очевидна его правота и прозорливость.

Реализация всего наследия В. В. Бойцова — одна из главных задач его единомышленников и последователей.

Отличительной чертой деятельности В. В. Бойцова был комплексный подход, опора на научные разработки, использование инструментальных методов обеспечения и управления качеством, ориентация на лучший отечественный и мировой опыт, работа с командой единомышленников.

Все эти перечисленные ценности, «бойцовский дух» будут и дальше востребованы, если традиции, заложенные Бойцовым, будут сохранены.

Благодарные потомки и ученики Василия Васильевича увековечили память о нем в названии малой планеты «6685 Бойцов».

*В. В. Окрепилов*, генеральный директор ФГУ «Тест – С.-Петербург»,  
член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки и техники РФ,  
лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники  
и Премии Президента РФ в области образования.

*И. И. Исаев*, главный специалист ФГУ «Тест – С.-Петербург»,  
заслуженный машиностроитель РФ,  
бывший заместитель председателя Госстандарта СССР.

# **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ**

Б. В. Бойцов, Г. Н. Кравченко, Н. С. Костин, Р. В. Стрижаков

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНЫХ КРИВЫХ УСТАЛОСТИ**

Моделирование несущей способности силовых элементов и узлов конструкции по комплексной методике расчета на прочность и сопротивление усталости на стадии проектирования позволяет оперативно рассмотреть несколько конструктивно-технологических вариантов и обеспечить необходимое качество, выраженное долговечностью конструкции при заданном уровне надежности. Комплексная методика проектирования силовых элементов планера включает традиционный силовой расчет при статических нагрузках, расчет типового блока нерегулярного переменного нагружения, предела выносливости расчетного сечения и его статистических характеристик, оценку уровня надежности и определение усталостной долговечности. В результате расчета по комплексной методике получают значения коэффициентов запаса прочности по пределу прочности, усталостной долговечности и пределу выносливости. Расчет ведется по отдельным наиболее нагруженным сечениям силовых элементов самолета при уровне надежности, заданном Авиационными правилами (АП-23, АП-25).

Коэффициент запаса прочности по усталостной долговечности  $n_\lambda = \lambda_{P_{зап}} / \lambda_{P_{заданное}}$  показывает, во сколько раз расчетная долговечность, определенная с запасом, превышает долговечность, регламентируемую техническим заданием при заданной надежности. Коэффициент запаса прочности по пределу выносливости  $n_{\sigma_{-1ДНГ}} = \bar{\sigma}_{a_{ЭКВ}} / \bar{\sigma}_{-1ДНГ}$  показывает, во сколько раз среднее значение эквивалентной по накоплению усталостных повреждений амплитуды напряжений гармонических колебаний  $\bar{\sigma}_{a_{ЭКВ}}$



превышает среднее значение предела выносливости, требуемого для обеспечения заданной долговечности при уровне надежности соответствующей полной безопасности полета [1, 4].

В подавляющем большинстве случаев производится расчет силовых элементов конструкции, разрушение которых может привести к катастрофе. В АП-25 принимается значение вероятности возникновения ситуации, приводящей к катастрофе,  $P = 10^{-9}$  на 1 час полета. При данном значении вероятности катастрофы считается, что эксплуатация самолета будет практически безопасной.

Предлагаемый комплексный метод увязывает ряд следующих методов и способов подготовки данных для расчета коэффициентов запаса: метод силового расчета при статических нагрузках; метод приведения нагружения от мест приложения до расчетного сечения; метод определения геометрических характеристик расчетного сечения; методы расчета блока нагружения или функции распределения нагрузок в сечениях, включающие методы схематизации; метод определения характеристик сопротивления усталости расчетного сечения, основанный на теории подобия усталостного разрушения [5] и включающий способы оценки влияния технологии обработки сечения и коррозионной среды [3, 4]; метод расчета на сопротивление усталости по вторичным кривым усталости с применением метода Серенсена—Когаева [5]. Проведение моделирования по комплексному методу позволяет оценить долговечность и уровень безопасности, а также провести анализ прочности конструкции [2, 3].

Комплексным методом проведена оценка несущей способности по сопротивлению усталости узла крепления киля проектируемого пассажирского самолета. Узел крепления киля приведен на рис. 1. Требуется определить его усталостную долговечность по опасному сечению А–А, в случае недостаточной несущей способности по сопротивлению усталости необходимо определение возможных видов технологии упрочнения. В случае расчета проушины узла крепления киля приняты значения коэффициентов запаса  $[n_\sigma] = 1,1$ ,  $[n_\lambda] = 4$ . Конструктивно-силовая схема киля двухлонжеронная, с клепанной стрингерной панелью. Киль стыкуется с фюзеляжем при помощи стыковых разъёмных узлов ухо–вилка. Для узла крепления киля выбран материал стыковых болтов 30ХГСА ( $\sigma_B = 110$  кг/мм<sup>2</sup>), для проушины крепления киля — 30ХГСН2А ( $\sigma_B = 165$  кг/мм<sup>2</sup>).

Основными расчётными случаями при проектировании вертикального оперения являются: 1) уравновешивающая нагрузка в случае отказа одного из двигателей:  $Z_{ур. в. о} = \frac{P \times h \times f \times n_z}{L_{в. о}}$ , где  $P$  — тяга двигателя;  $h$  — плечо между осью симметрии двигателя и осью симметрии самолёта;  $L_{в. о}$  —

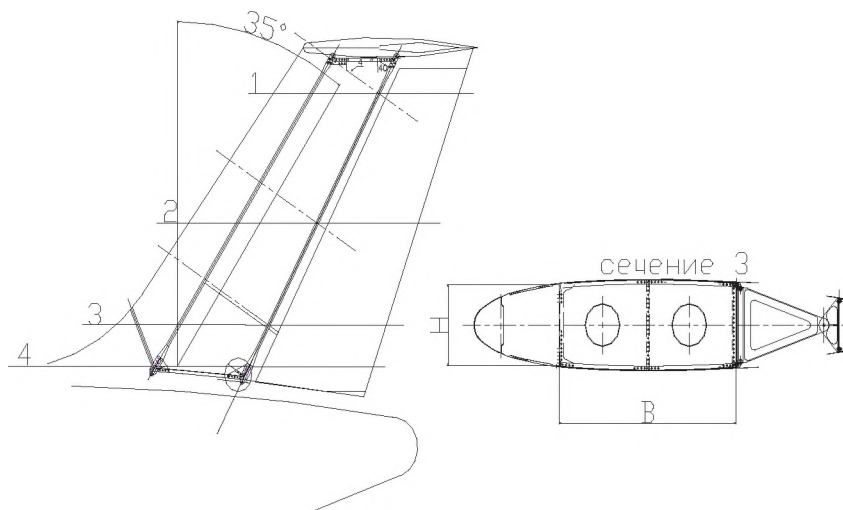


Рис. 1. Узел крепления кия проектируемого пассажирского самолета

плечо вертикального оперения;  $f$  — коэффициент безопасности ( $f = 1,5$ );  $n_z$  — перегрузка по оси  $z$  ( $z = 1,5$ ); 2) манёвренная нагрузка при отклонении руля направления — она пропорциональна нагрузке на квадратный метр крыла  $p = G/S$ :  $Z_{\text{ман}} = f \times n \times n_z \times p \times S_{\text{оп}}$  3) нагрузки при полёте в неспокойном воздухе:  $Z_{\text{н. в}} = 1,6 \times V_{0 \text{ max}} \times S_{\text{в. о}} \times f \times n_z$ , где  $V_{0 \text{ max}}$  — максимальная скорость горизонтального полёта. Кроме того, поскольку оперение Т-образное, на киль действуют растягивающие усилия, которые вычисляются так:  $N = \frac{Y_{\text{го}} \times n \times f}{l_{\text{го}}} - \frac{G_{\text{го}} \times n \times f}{l_{\text{го}}}$ .

В предварительном расчете определены: нагрузка на крыло  $p = 293,5$  даН/м<sup>2</sup>; тяга двигателя  $P_{\text{max}} = 3660$  даН; площадь оперения  $S_{\text{оп}} = 13,6$  м<sup>2</sup>; максимальная скорость горизонтального полёта  $V_{0 \text{ max}} = 500$  км/ч; плечо вертикального оперения  $L_{\text{в. о}} = 10,72$  м; плечо между осью симметрии двигателя и осью симметрии самолёта  $h = 3,75$  м.

В результате значение уравновешивающей нагрузки в случае отказа одного из двигателей  $Z_{\text{ур. в. о}} = 2880,7$  даН; значение манёвренной нагрузки при отклонении руля направления  $Z_{\text{ман}} = 8979,7$  даН; значение нагрузки при полёте в неспокойном воздухе  $Z_{\text{н. в}} = 7990,27$  даН. Следовательно, за максимальную нагрузку принимаем значение манёвренной нагрузки  $Z_{\text{ман}} = 8979,7$  даН; растягивающие усилия  $N = 1136$  даН.

Значения изгибающего момента  $M_{\text{изг}}$ , перерезывающей силы  $Q$ , крутящего момента  $M_{\text{кр}}$  отсека кия, определялись из эпюр по сечениям кия, построенных при максимальных нагрузках. В результате определялись нагрузки, действующие на узлы крепления кия: изгибающий момент  $M_{\text{изг}} = 16873,85$  даН/м, перерезывающая сила  $Q = 8964,1$  даН; крутящий момент  $M_{\text{кр}} = 3252,94$  даН/м; нормальная сила  $N = 1136$  даН. Высота лонжеронов в этом сечении  $H = 440$  мм.  $N_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}}}{2H} = \frac{16873,85}{2 \cdot 0,44} = 19174,83$  даН —

усилие на каждый пояс лонжерона от изгибающего момента.  $N_p = \frac{N}{4} = \frac{1136}{4} = 284$  даН — реакция от растягивающей силы  $N$  в каждом поясе. Суммарное нормальное усилие составляет на растянутом поясе лонжерона кия — 19458,83 даН; на сжатом — 18890,83 даН.

Проводился расчет на прочность, и определялись геометрические параметры стыкового узла кия. При расположении стыкового узла (рис. 2) болты воспринимают только усилия, возникающие от  $M_{изг}$  и растягивающей силы  $N$ . Усилия болтов равны нормальным силам в поясах лонжеронов от этих двух нагрузок.

Расчет прочности стыкового болта кия проводился на срез. Перерезывающая сила, действующая на один болт,  $Q_{болта} = N_{лонж} = 19458,83$  даН. Предел прочности по касательным напряжениям  $\tau_B = 0,6\sigma_B = 72$  даН/мм<sup>2</sup>. Расчет болта проводится с учетом двух поверхностей среза болта. Площадь сечения болта  $F_{ср} = Q_{болта}/2 \cdot \tau_B = 135,13$  мм<sup>2</sup>. Диаметр болта  $d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ср}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 135,13}{3,14}} = 13,12$  мм. Окончательно диаметр болта принимается равным  $d = 14$  мм. Проверка на срез болта  $d = 14$  мм:  $F_{ср} = 153,86$  мм<sup>2</sup>,  $\tau_{ср} = 63,24 < 72$ . Коэффициент запаса  $n_{ср} = \tau_{ср}/\tau_B = 72/63,24 = 1,14$ .

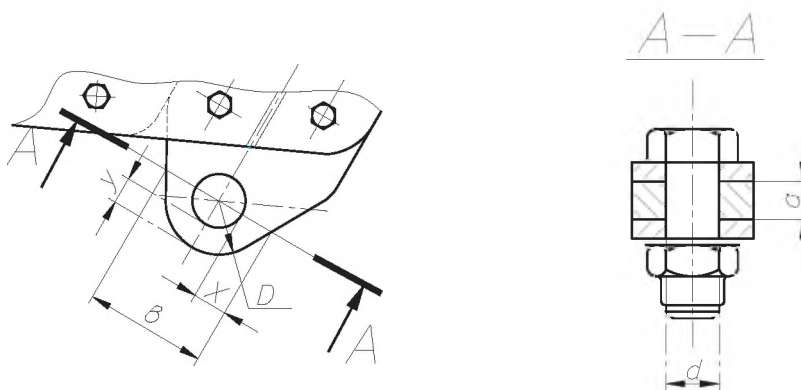


Рис. 2. Параметры проушины крепления кия

Расчет прочности проушины стыкового узла кия проводился на смятие и разрыв  $\sigma_{см} = \sigma_B = 165$  даН/мм<sup>2</sup>. Толщина проушины  $a = N_{лонж}/(d\sigma_{см}) = 8,42$  мм. Принимается толщина проушины  $a = 10$  мм. Проверяется проушина на смятие  $\sigma_{см} = N_{лонж}/(da) = 139$ ,  $\sigma_{см} < \sigma_B$ , т. к.  $139 < 165$  даН/мм<sup>2</sup>. Коэффициент запаса  $n_{см} = \sigma_B/\sigma_{см} = 165/139 = 1,19$ . Проверяется проушина на разрыв от растяжения при ее ширине  $b > 2d = 30$  мм. Определяется коэффициент  $k_p$ , учитывающий влияние материала

и геометрических параметров проушины на среднее разрушающее напряжение при боковой перемычке  $x = (b - d)/2 = 8$  мм и верхней перемычке  $y = 6$  мм,  $k_p = 0,565 + 0,48 \cdot x/y - 0,1 \cdot b/a = 0,845$ ,  $\sigma_p = N_{\text{лонж}}/(k_p \cdot (b - d) \cdot a)$ ,  $\sigma_p = 134$ ,  $\sigma_p < \sigma_B$ , т. к.  $134 < 165$  даН/мм<sup>2</sup>. Коэффициент запаса  $n_p = \sigma_B/\sigma_p = 165/134 = 1,23$ .

Определение характеристик переменного эксплуатационного нагружения расчетного сечения проушины заключается в определении типового блока нагружения за 1 полет от всех действующих нагрузок и коэффициента вариации амплитуд блока нагружения в ступени блока. Основные нагрузки, которые должны учитываться в типовом блоке нагружения при проектировании вертикального оперения, включают: уравнивающую нагрузку, действующую на киль в случае отказа одного из двигателей  $Z_{\text{ур. в. о}}$ , манёвренную нагрузку при отклонении руля направления  $Z_{\text{ман}}$ , нагрузку при полёте в беспокойном воздухе  $Z_{\text{н. в}}$ , растягивающую нагрузку от воздействия на киль Т-образного оперения  $Z_{\text{н. в}}$ .

На основе статистического анализа при выполнении маневров было установлено, что распределение экстремальных значений маневренных перегрузок для всех типов самолетов близко к нормальному закону распределения. Анализ маневренных перегрузок по результатам летных испытаний показал, что влияние перегрузок от беспокойного воздуха на повторяемость маневренных перегрузок практически не сказывается [8]. При расчетах было принято, что среднее число значимых максимальных маневренных перегрузок транспортного самолета равно 7 за 1 полет. Статистический анализ показал, что распределение экстремальных значений болтаночных перегрузок от беспокойного воздуха близко к двойному показательному закону [8]. Для дальнейших расчетов было принято, что среднее число значимых приращений экстремальных значений перегрузок от беспокойного воздуха равно 10 на каждые 100 км, т. е. за 1 полет в среднем на 1000 км будет наблюдаться 100 значимых приращений экстремальных значений.

Для оценки уравнивающей нагрузки, действующей на киль в случае отказа одного из двигателей, принималось, что за весь срок эксплуатации возможны три отказа двигателя.

Считается, что нагрузка на узел крепления кия при появлении перегрузки возрастает от нулевого значения, т. е. происходит отнулевой цикл: для получения симметричных циклов нагружения проводится приведение по формуле  $\sigma_{\text{пр}i} = \sigma_i/2 + \psi \cdot g\sigma_i/2$ ,  $\psi$  — коэффициент учета асимметрии цикла нагружения. Исходя из приведенных выше закономерностей и допущений построен типовой блок (рис. 3).

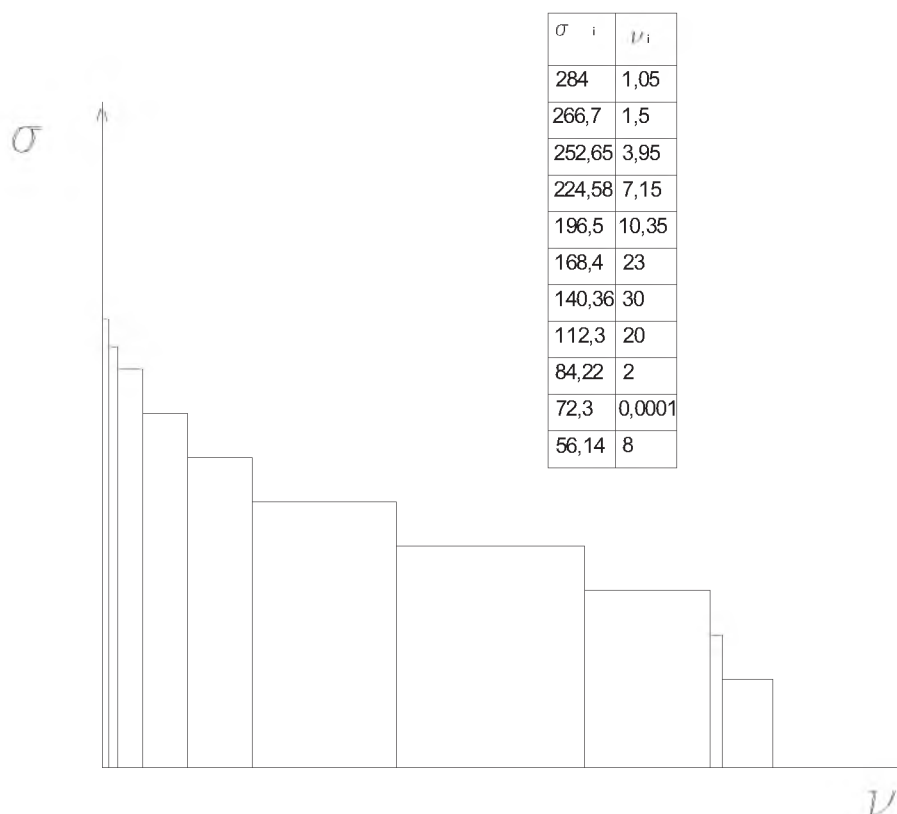


Рис. 3. График типового блока нагружения кия за 1 полет

Коэффициент вариации амплитуд нагрузки в ступени нагружения принят  $V_a = 0,075$ .

Определение характеристик сопротивления усталости расчетного сечения проушины узла крепления кия проводилось с применением уравнения подобия усталостного разрушения образца и детали, разработанного профессором В.П. Когаевым [5] и регламентированного ГОСТом 25.504.

При расчете характеристик сопротивления усталости сечения проушины по уравнению подобия использованы данные по стандартному гладкому лабораторному образцу диаметром  $d_0 = 7,5$  мм из стали 30ХГСН2А [3].

В результате расчета по уравнению подобия В.П.Когаева был определен коэффициент снижения предела выносливости

$$K = (K_\sigma / K_{d\sigma} + 1 / K_{F\sigma} - 1) / (K_V \cdot K_A \cdot K_{кор} \cdot K_T),$$

где  $K_V$  — коэффициент влияния специального дополнительного поверхностного упрочнения;  $K_A$  — коэффициент влияния анизотропии свойств материала,  $K_{кор}$  — коэффициент влияния эксплуатации в коррозионной среде;  $K_T$  — коэффициент влияния технологических процессов изготовления;  $K_\sigma / K_{d\sigma}$  — отношение эффективного коэффициента концентрации к коэффициенту влияния абсолютных значений поперечного сечения;  $K_{F\sigma}$  — коэффициент влияния шероховатости поверхности.

По значению  $K = 3,28$  при  $K_V = K_A = K_{\text{кор}} = K_T = 1$  определялся предел выносливости расчетного сечения проушины  $\bar{\sigma}_{-1Д} = \frac{\bar{\sigma}_{-1}}{K} = 190,0438$  МПа. Значение показателей наклона кривой усталости  $m_1, m_2$  рассчитывалось по формуле, рекомендованной ГОСТ 25.504:  $m_1 = (5 + \sigma_B/80) = 7,811$  ( $\sigma$  в МПа). В результате лабораторных испытаний стандартных образцов из стали 30ХГСН2А с коэффициентом концентрации  $\alpha_\sigma = 3$  получено значение показателя наклона кривой усталости  $m_1 = 7,4$  [3] что подтверждает результат расчета. Значение показателя наклона правой ветви кривой усталости  $m_2$  рассчитывалось по формуле, рекомендованной методическими рекомендациями ГОССТАНДАРТА РД 50–607  $m_2 = 2m_1 - 1 = 14,623$ .

Построение вторичной кривой усталости проводилось на основе применения скорректированной линейной гипотезы суммирования усталостных повреждений. Серенсена–Когаева [5]. Для построения ВКУ задавались значения предельного коэффициента нагруженности  $n_p$  в диапазоне от 0,02 до 1,5 и рассчитывались значения усталостной долговечности в количестве полетов определяются по формуле

$$\lg \lambda_P = \lg \left( \frac{a_{p\sigma} \cdot N_G}{\nu_\sigma} \left[ n_{p\sigma}^{m_1} \sum \left( \frac{\sigma_{ai}}{\sigma_{a\max}} \right)^{m_1} \frac{\nu_i}{\nu_\sigma} + n_{p\sigma}^{m_2} \sum \left( \frac{\sigma_{ai}}{\sigma_{a\max}} \right)^{m_2} \frac{\nu_i}{\nu_\sigma} \right]^{-1} \right) + U_p S_{\lg \lambda},$$

где  $S_{\lg \lambda} = 0,491$  – среднее квадратическое отклонение логарифма усталостной долговечности;  $U_p = 0,846$  – квантиль нормального распределения для вероятности  $P = 6 \cdot 10^{-5}$ .

По вторичной кривой усталости при вероятности катастрофы  $P = 6 \cdot 10^{-5}$  долговечность составит  $\lambda_{P=6 \cdot 10^{-5}} = 10^{2,742} = 552,068$  полетов. Поскольку срок службы проектируемого самолета назначен 30 000 полетов, коэффициент запаса по усталостной долговечности составит  $n_\lambda = \lambda_P / \lambda_{P\text{ заданное}} = 552,068 / 30000 = 0,0184$ , а должен составлять  $n_\lambda = 4$ . Таким образом, необходимо: или снижать нагрузки, увеличивая площадь сечения, и, следовательно, вес узла крепления кия, или повышать предел выносливости, проводя специальные методы упрочнения для увеличения сопротивления усталости; или повышать стабильность свойств материала узла и технологии изготовления; или применять новый материал с более высоким пределом выносливости.

Предлагается выбрать способ увеличения коэффициента запаса по усталостной долговечности повышением предела выносливости проуши-



ны крепления кия, проводя упрочнение для повышения сопротивления усталости. Следовательно, необходимо определить значение коэффициента упрочнения  $K_V$ . По полученному значению  $K_V$  можно определить технологические способы упрочнения и их режимы.

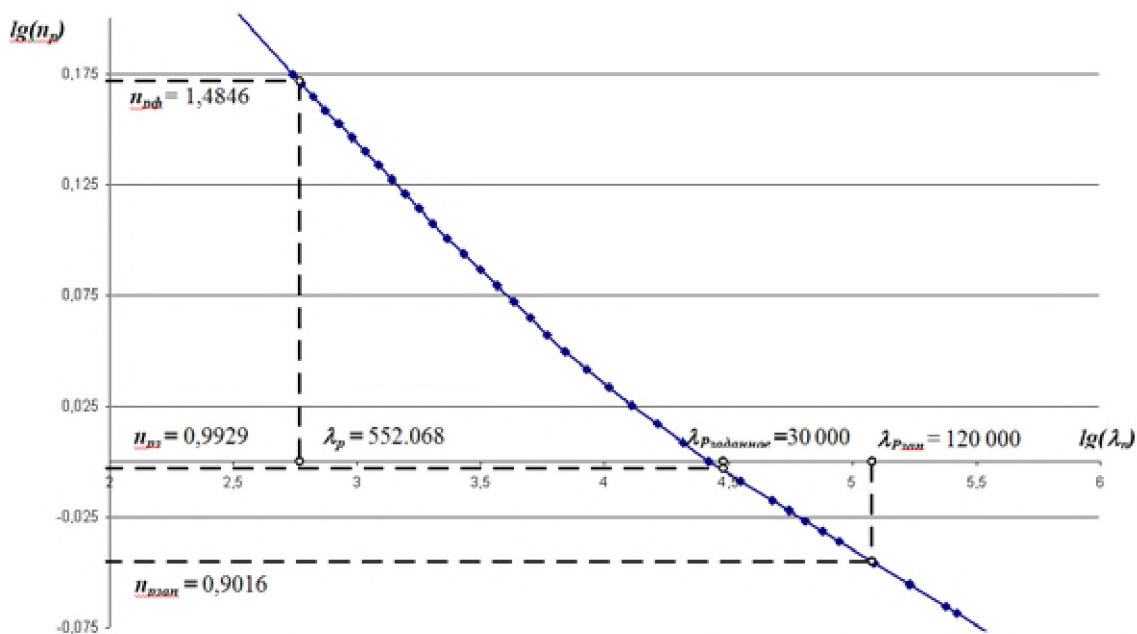


Рис. 4. Вторичная кривая усталости при вероятности разрушения  $P = 6 \cdot 10^{-5}$

На ВКУ откладываются значения заданной долговечности  $\lambda_{Pзаданное} = 30000$  и определяется соответствующее значение коэффициента предельной нагруженности:  $n_{p3} = 0,9929$ . Затем откладывается значение долговечности с учетом коэффициента запаса  $n_\lambda = 4$   $\lambda_{Pзап} = 120\ 000$ , по которому определяется соответствующее значение коэффициента предельной нагруженности  $n_{pзап} = 0,9016$ .

По полученным данным определяются: фактический запас по пределу выносливости  $n_{\sigma\phi} = n_{p3} / n_{p\phi} = 0,9929 / 1,4846 = 0,669$  (низкий); требуемый запас по пределу выносливости  $n_{\sigmaзап} = n_{p3} / n_{pзап} = 0,9929 / 0,9016 = 1,101$  (удовлетворяющий заданию); значение коэффициента упрочнения проушины для обеспечения заданного ресурса с запасом  $K_V = n_{\sigmaзап} / n_{\sigma\phi} = 1,101 / 0,669 = 1,65$ .

Для данного вида проушины возможно применение различных видов упрочняющей обработки, обеспечивающих необходимый коэффициент упрочнения  $K_V = 1,65$  — например, методами поверхностного упрочнения, методами местного глубокого пластического деформирования, методами с применением радиального натяга с запрессовкой втулки и др.

После выбора конкретного технологического процесса упрочнения или финишной обработки следует повторить расчет усталостной усталости с целью учета в модели подобия разрушения новых параметров кривой

усталости детали после процесса упрочнения и их статистического разброса. Таким образом, при получении новых сведений о нагружении и характеристиках сопротивления после испытаний и эксплуатации ВКУ следует уточнять, получая уточненные коэффициенты запаса по сопротивлению усталости и усталостной долговечности. Применение моделирования несущей способности силовых элементов и узлов конструкции по комплексной методике расчета на прочность и сопротивление усталости на стадии проектирования поможет повысить качество конструкции за счет выбора оптимального конструктивно-технологического варианта с необходимым коэффициентом упрочнения для обеспечения безопасной эксплуатации.

#### Библиографический список

1. Проектирование гражданских самолетов / Под ред. Г. В. Новожилова. – М.: Машиностроение, 1991.
2. Бойцов Б. В. Надежность шасси самолета. – М.: Машиностроение, 1976.
3. Бойцов Б. В. Прогнозирование долговечности напряженных конструкций. Комплексное исследование шасси. – М.: Машиностроение, 1985.
4. Бойцов Б. В., Кишкина С. И., Кравченко Г. Н. и др. Долговечность шарнирно-болтовых соединений летательных аппаратов — М.: Машиностроение 1996.
5. Когаев В. П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. М.: Машиностроение, 1977.
6. Колесников Г. А., Марков В. К., Михайлюк А. А. и др. Аэродинамика летательных аппаратов. / Под ред. Колесникова Г. А. — М.: Машиностроение, 1993.
7. Войт Е. С., Ендогур А. И., Мелик-Саркисян З. А. Проектирование конструкций самолетов. — М.: Машиностроение, 1987.
8. Селихов А. Ф., Чижов В. М. Вероятностные методы в расчетах прочности самолета. — М.: Машиностроение, 1987.
9. Ковальский Б. С., Сороковенко Ф. Ф. Расчет проушин // Вестник машиностроения. 1969. № 10. С. 7–10.

В. А. Кравцов

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЩЕЛЕВОГО КРЫЛА НА СВЕРХЗВУКОВЫХ ИСТРЕБИТЕЛЯХ**

Планер современного сверхзвукового истребителя должен иметь аэродинамические формы, позволяющие сочетать высокую маневренность на

дозвуковых скоростях полета и возможно большее аэродинамическое качество крейсерского полета на до- и сверхзвуковых скоростях.

Тандемная схема расположения крыльев на дозвуковых скоростях полета имеет очень высокие маневренные характеристики и повышенное аэродинамическое качество. Но на сверхзвуковых скоростях полета наличие двух крыльев обуславливает высокое лобовое сопротивление, что делает неприемлемым использование подобной схемы.

Была рассмотрена возможность использования тандемной схемы с максимально близко (5 мм) расположенными передним и задним крыльями. В этом случае для совместности деформаций силовые схемы целесообразно соединить по концевым сечениям консолей. Такое крыло назовём *щелевым крылом*, а его составляющие обозначим как «передняя» и «задняя» части (рис. 1). На сверхзвуковых скоростях полета влияние пограничных явлений у поверхности передней части крыла может уменьшить интенсивность скачка уплотнения на кромке задней части, что делает целесообразным применение тандемной схемы на сверхзвуковых самолетах.

С использованием программного комплекса FlowVision проведено сравнение аэродинамических характеристик двух прямых крыльев бесконечного размаха на до- и сверхзвуковых скоростях полета с различными вариантами отклонения механизации.

Профили имели следующие параметры:

- длина хорды 2 м;
- плоская нижняя поверхность;
- радиус передней кромки профиля 3 мм;
- относительная толщина профиля бесщелевого крыла 0,03 (наибольшая толщина расположена на 0,45 хорды профиля);
- относительная толщина профиля части щелевого крыла 0,06 (наибольшая толщина расположена на 0,45 хорды профиля);
- относительная хорда отклоняемого носка 0,162;
- относительная хорда закрылка 0,2.

Хорда щелевого крыла состоит из двух одинаковых профилей.

Числа Маха:  $M = 0,75$  (угол атаки  $3^\circ$ ),  $M = 1,6$  (угол атаки  $2^\circ$ ).

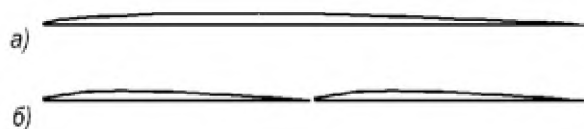


Рис. 1. Профили исследуемого крыла: *a* — бесщелевое крыло; *b* — щелевое крыло

Результаты расчетов позволили выделить ряд особенностей щелевого

крыла.

1. Лобовое сопротивление:

1) на дозвуковых скоростях полета лобовые аэродинамические сопротивления щелевого и бесщелевого крыльев практически равны;

2) на сверхзвуковых скоростях полета давление на передней кромке заднего профиля на 70 % ниже, чем на передней кромке переднего профиля; лобовое сопротивление щелевого крыла превосходит сопротивление бесщелевого крыла на 32 %.

2. Критичным параметром для щелевого крыла является радиус передней кромки заднего профиля. Увеличение радиуса с 3 до 6 мм привело к тому, что ослабление скачка уплотнения на носке задней части крыла составило не 70 %, а 40 %.

3. Подъемная сила:

1) на дозвуковых скоростях полета малое (в пределах  $3^\circ$ ) отклонение механизации в зоне щели крыла изменяло подъемную силу в пределах от 92 % до 110 % подъемной силы бесщелевого крыла (табл. 1), что позволяет утверждать о возможном повышении дозвукового аэродинамического качества крыла;

Таблица 1

*Подъемная сила щелевого крыла при отклонении механизации*

№	1	2	3	4	5	6	7
Отклонение закрылка передней части крыла	$0^\circ$	$-2^\circ$	$-2^\circ$	$-3^\circ$	$-3^\circ$	$-3^\circ$	$-7^\circ$
Отклонение носка задней части крыла	$0^\circ$	$0^\circ$	$-1^\circ$	$-1,5$	$-2$	$-3^\circ$	$-3^\circ$
Относительная величина подъемной силы (за единицу принята подъемная сила бесщелевого крыла)	1,04	1	1,01	1,1	0,99	0,98	0,92

2) на сверхзвуковой скорости ( $M = 1,6$ ) полета наличие щели не влияет на подъемную силу на передней части, однако подъемная сила на задней части оказывалась на 20 % ниже, чем на передней, поэтому в целом для крыла наличие щели снижает подъемную силу на 10 %.

4. Центры давления и фокусы щелевого и бесщелевого крыла близки и на дозвуковых, и на сверхзвуковых скоростях.

5. На сверхзвуковых скоростях полета поток газа через узкую щель снижает статическое давление на нижней поверхности передней кромки задней части крыла, что вызывает снижение лобового сопротивления - закрытие щели на сверхзвуковых скоростях полета приводит к повышению лобового сопротивления щелевого крыла.

6. Производная приращения момента тангажа по углу отклонения механизации для прямого щелевого крыла на 24 % превосходит эту величину для бесщелевого крыла. Проведено сравнение самолетов двух схем с одинаковыми формами фюзеляжа и размахами крыла (рис. 2):

1) самолет нормальной схемы (аналогичный F-35);

2) самолет с щелевым крылом; положение и относительный размах зоны крыла с щелью соответствуют положению и размаху горизонтального оперения самолета нормальной схемы.

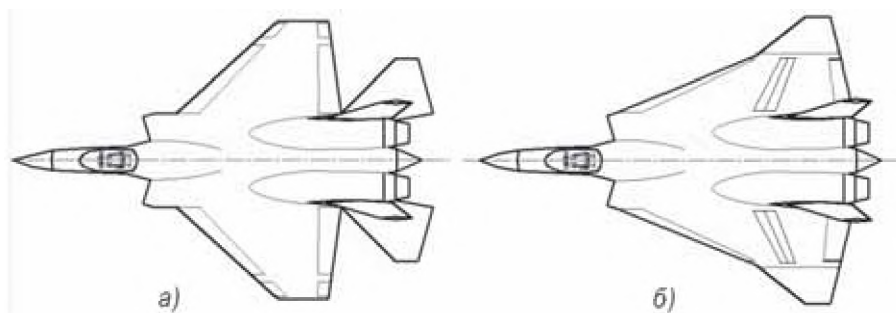


Рис. 2. Профили исследуемого крыла: *а* — самолет нормальной схемы; *б* — самолет с щелевым крылом

Производная момента тангажа по углу отклонения механизации<sup>2</sup> самолета с щелевым крылом (оцененная с использованием результатов исследований) получилась в 1,7 раза выше, чем у самолета нормальной схемы. Очевидно, что в канале крена аналогичная величина тоже будет превосходящей.

Для сравненных схем можно также отметить следующее:

— на сверхзвуковых скоростях полета скачок уплотнения на горизонтальном оперении (ГО) у самолета нормальной схемы интенсивнее скачка уплотнения в зоне щели самолета с щелевым крылом, т. к. ГО самолета нормальной схемы удалено от задней кромки крыла, поэтому по сравнению с самолетом нормальной схемы дополнительное лобовое сопротивление зоны щели в крыле не является недостатком;

— аэродинамическое качество предложенного самолета с щелевым крылом превосходит аэродинамическое качество самолета нормальной схемы и на дозвуковых, и на сверхзвуковых скоростях полета;

— на сверхзвуковых скоростях полета в зоне щели механизация не используется; аэродинамические характеристики самолета близки к характеристикам схемы «бесхвостка».

Таким образом, можно сделать следующий вывод. Использование ще-

<sup>2</sup>Для самолета нормальной схемы рассматривалось совместное отклонение ЦШГО и закрылков, для самолета с щелевым крылом — варианты совместного отклонения механизации кромок крыла.

левого крыла может позволить сочетать ряд достоинств тандемной схемы на дозвуковых скоростях полета с достоинствами схемы «бесхвостка» на сверхзвуковых скоростях.

#### Библиографический список

1. Кондратин Т. В., Ткаченко Б. К., Березникова М. В. и др. Использование средств компьютерного моделирования в курсах механики жидкости и газа. — М.: МФТИ, 2005.
2. Крайко А. Н. Газовая динамика. Избранное: В 2-х т. — М.: Физматлит, 2005.
3. Краснов Н. Ф. Аэродинамика. Основы теории. Аэродинамика профиля и крыла. — М.: Высшая школа, 1980.

Ю. Ю. Комаров, О. А. Федотов

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ПЛАНИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЦИФРОВОГО МАКЕТА ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Создание любого достаточно сложного изделия невозможно без использования современных средств автоматизации проектирования, в частности, без систем трехмерного моделирования. Классический путь проектирования от замысла к проекту и производству обычно предусматривает планирование и описание процессов проектирования с точки зрения конструктора — человека, который занят проектированием изделия с точки зрения выполняемых им функций и не учитывает необходимость проектирования самого процесса создания нового изделия с учетом имеющихся в его распоряжении инструментов. Под инструментом прежде всего следует понимать систему проектирования, которая используется в процессе создания изделия. Результатом работы системы является набор геометрических моделей, описывающих элементы будущего изделия и взаимосвязи между ними, причем взаимосвязи физические, показывающие, как детали взаимодействуют между собой в реальном мире. Само проектирование происходит в виртуальной среде, которая имеет свои законы и ограничения, оказывающие влияние на процесс работы конструктора, и, что самое главное, на результат его работы. Модель, описывающую структуру изделия, геометрию его элементов и связи между компонентами, обычно называют *цифровым (электронным) макетом изделия*.



Рассмотрим структуру цифрового макета, его основные особенности и отличие от реального изделия. Основной составной частью цифрового макета является деталь. *Деталь* — это математическая модель, описывающая геометрическую форму, свойства и характеристики одного элемента конструкции. *Сборка* — это объединение деталей, описывающее их взаимосвязи между собой и другими сборками. Также возможно использование ряда дополнительных сущностей, таких, как чертеж, спецификация и другие, в зависимости от задач и способа проектирования.

Остановимся подробнее на сборке. Если рассматривать цифровой макет с точки зрения моделирования, то сборка — это основной элемент, который содержит в себе информацию о структуре изделия. Очевидно, что структура может быть различной, и в зависимости от этих различий выделяют несколько видов сборок.

1. Сборочная единица — соответствует структуре реальной сборочной единицы.
2. Рабочая сборка — содержит в себе набор элементов, необходимых для проектирования конструктором детали или сборочной единицы.
3. Псевдосборка — содержит в себе набор элементов, объединенных между собой по одному или нескольким признакам, но не существующих в виде сборочной единицы.

Назначение и принципы использования двух первых типов сборок достаточно очевидны. Наибольший интерес представляет третий вид сборки, так как он включает в себе ряд возможностей по оптимизации процесса работы конструктора. Прежде чем перейти к подробному рассмотрению этого вопроса, сделаем небольшое отступление, посвященное технологическим особенностям использования современных систем трехмерного моделирования.

Работа с геометрическими моделями требует использования значительных вычислительных ресурсов. Параллельно с развитием мощности современных аппаратных средств происходит как развитие программных средств, так и усложнение изделий, которые проектируются в среде систем геометрического моделирования. Любое увеличение аппаратной мощности компьютера практически мгновенно оказывается компенсировано потребностью в работе с еще более сложными моделями. Если рассматривать работу конструктора, то факторов, создающих нагрузку на вычислительную технику в процессе проектирования, оказывается как минимум два:

- 1) сложность геометрии используемых моделей;

2) количество используемых моделей.

Фактор сложности геометрии используемых моделей имеет ряд специфических особенностей, связанных с реализацией геометрического ядра системы проектирования, способом проектирования, особенностями визуализации и другими параметрами. Его рассмотрение выходит за рамки настоящей статьи. Следует только упомянуть о различных способах визуализации моделей, так как этот метод используется как для компенсации сложности геометрии, так и для упрощения работы с большим количеством геометрических элементов. Существуют два основных способа представления трехмерных моделей:

- 1) точное представление;
- 2) тасселированное (фасеточное) представление.

Точное представление геометрии изделия — это то, что создает конструктор и то, с чем он работает в процессе проектирования. Оно полностью соответствует геометрии реального изделия (обычно без учета допусков и погрешностей изготовления). Тасселированное представление — это упрощенная геометрия изделия за счет разбиения поверхностей на простые геометрические элементы, описывающая, как правило, только внешние поверхности моделей. Упрощенное представление геометрии используется для элементов, которые не участвуют непосредственно в процессе проектирования и используются для визуализации среды, в которой ведется работа. Очевидно, что подобная методика работы это прежде всего компромисс между необходимостью учитывать в процессе работы окружающие элементы конструкции и существующими вычислительными ресурсами. При работе со сложными изделиями, например, когда речь идет о проектировании и размещении электрической системы самолета, даже использование упрощенного представления не обеспечивает достаточной производительности системы моделирования.

Для решения проблемы производительности при проектировании сложных конструкций используют работу в среде специально созданных частичных (рабочих) сборок, в которые включают минимально необходимый для проектирования набор элементов (обстановку). Типовой процесс создания подобных сборок выглядит следующим образом.

1. Открыть сборку 1 и скопировать из нее необходимые элементы.
2. Открыть сборку 2 и скопировать из нее необходимые элементы.
- ...
- N. Открыть сборку N и скопировать из нее необходимые элементы.

Очевидно, что этот процесс не оптимален и к тому же не столь прост, как может показаться на первый взгляд. Для примера возьмем прокладку электрических жгутов на стыке между двумя отсеками самолета. Сложность заключается прежде всего в том, что как правило, конструкция изделия поделена на сборки исходя из конструктивно-технологических особенностей, то есть на сборочные единицы, агрегаты, отсеки и т. д. Чтобы загрузить сборку отсека самолета, включающего в себя каркас вместе со всеми системами и крепежными элементами в среде системы геометрического моделирования, требуется значительная мощность используемых компьютеров, и что самое важное — большое количество времени. Исходя из этого, очевидно, что цифровой макет изделия необходимо разделять на сборки исходя не только из конструктивно-технологических параметров, но и из особенностей процесса проектирования. Прежде всего, основным способом такого разделения служит использование псевдосборок. Остановимся на этом процессе подробнее. Как уже было упомянуто ранее, псевдосборка — это объединение элементов не существующее в физическом виде, но удобное для логической организации цифрового макета. Типичным примером псевдосборки является псевдосборка крепежных элементов. При таком способе объединения все крепежные элементы (заклепки, гайки, болты и др.), входящие в сборочную единицу, объединяются в одну сборку, что позволяет оперировать ими как единым целым и, в свою очередь, загружать их в системе геометрического моделирования только в случае необходимости. Использование псевдосборок такого типа позволяет уменьшить размер сборок, а следовательно, сократить потребляемые ими вычислительные ресурсы за счет отключения загрузки неиспользуемых в проектировании элементов. Как мы уже отметили, немаловажным фактором при работе в цифровом макете является не только время и вычислительные ресурсы, затрачиваемые на загрузку большихборок, но и время, необходимое для формирования рабочихборок. Возвращаясь к вопросу создания рабочей сборки на стыке двух отсеков самолета, следует сказать, что основная проблема заключается в том, что конструктору сложно определить, какие элементы понадобятся ему для проектирования, без загрузки всех окружающих элементов. Избежать такой загрузки можно несколькими способами:

- 1) анализом структурыборок и составлением перечня необходимых элементов;
- 2) использованием «объемного» поиска;
- 3) формированием псевдосборок для переходных зон.

Первый способ наиболее очевидный и наиболее трудоемкий. В этом

случае состав рабочей сборки формируется по именам (номерам) существующих деталей исходя из структуры сборочных единиц.

Второй способ предполагает использование специализированных инструментов, как правило, являющихся составной частью PDM-систем. Принцип работы заключается в поиске всех элементов, находящихся на заданном расстоянии от указанной детали. Причем поиск может производиться как просто по матрицам позиционирования деталей в контексте конкретной сборочной единицы, так и с учетом заранее сформированных таблиц, содержащих сведения о взаимосвязях элементов конструкции между собой. Основным недостатком данного способа является выполнение большого числа вычислительных операций, связанных с пересчетом матриц позиционирования и формированием базы данных взаимосвязанных элементов без гарантии полезности дальнейшего применения результатов этих вычислений. Также следует отметить, что использование подобной технологии работы в качестве основной вносит фактор беспорядочности в процесс проектирования, когда работа по планированию структуры изделия заменяется поиском деталей в общем архиве.

Третий способ является наиболее предпочтительным с точки зрения организации работы и наименее затратным по использованию вычислительных ресурсов. При работе над цифровым макетом, помимо физических сборочных единиц, создаются логические сборочные единицы (псевдосборки), в которые включаются зоны пересечения большинства элементов конструкции, такие, как стыки отсеков, интерфейсы систем, места установки оборудования. В зависимости от сложности изделия и количества входящих в него элементов определяются параметры формирования подобных псевдосборок и способы их организации (количество уровней, перечни элементов, правила именования). При переходе от уровня отсека к уровню сборочных единиц целесообразно комбинирование метода разделения на зоны и метода «объемного» поиска.

В заключение следует сказать, что работа по правильному формированию структуры макета не требует значительных затрат труда, но позволяет конструктору уменьшить время на выполнение подготовительных операций, что, в свою очередь, повышает эффективность проектирования.

#### Библиографический список

1. Комаров Ю. Ю., Федотов О. А. Визуальное моделирование при разработке автоматизированных систем технологического назначения. — М.: Изд-во МАИ, 2003.
2. Комаров Ю. Ю., Федотов О. А. Применение экспертных систем для проектирования технологических процессов. — Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2007.

## **СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ МАКЕТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ**

Одной из актуальных проблем сегодня является создание крупногабаритных макетов изделия. Такие макеты необходимы во многих отраслях машиностроения, особое место они занимают в одном из наиболее перспективных направлений — в композиционном производстве. Существует несколько способов изготовления макетов. Например, технология быстрого прототипирования включает в себя все многообразие получения прототипа изделия по компьютерной модели. Имеется широкий спектр технологий быстрого прототипирования: установки для послойного синтеза деталей из воска или пластика, порошковых материалов; технология вакуумного литья по выплавляемым (выжигаемым) моделям; силиконовые формы. Сами технологии создания прототипов бывают различными, но принципы создания одинаковые: основой любого прототипа является твердотельная модель, а результатом — деталь.

Помимо высокой стоимости расходных материалов и самих установок прототипирования, эти технологии обладают еще одним недостатком — невозможностью изготовления крупногабаритных изделий.

При реализации проекта легкого многоцелевого самолета возникла необходимость создания автоматизированной методики макетирования крупногабаритных объектов с поверхностью двойной кривизны.

**Постановка задачи. Вербальная постановка задачи.** В связи с потребностью создания макета для изготовления изделия из композиционного материала легкого многоцелевого самолета была поставлена цель:

*Разработать научно-методическое и программное обеспечения для решения вопросов макетирования крупногабаритных объектов с поверхностью двойной кривизны.*

Достижение поставленной цели осуществляется на основе решений следующих задач:

- Проведение анализа методов прототипирования.
- Разработка метода создания каркаса.
- Разработка алгоритмов и программ и включение их в подсистему автоматизированного формирования компоновки каркаса поверхности изделия.

- Проведение на базе созданной подсистемы проектных исследований по выявлению рациональных значений параметров каркаса макета.
- Выработка проектных рекомендаций.

*Методика исследования.* Объект исследования — макет изделия. Предмет исследования — процесс изготовления макета изделия. Декомпозиция задач, разработка моделей и алгоритмов базируются на принципах системного подхода.

Выявление рациональных конструктивно-компоновочных решений осуществлено на основе моделирования с помощью формально-эвристических процедур. Математическая задача отыскания рациональных значений параметров поставлена как задача многокритериальной дискретной оптимизации.

*Научная новизна* заключается в разработке комплекса формально-эвристических методов, моделей, алгоритмов и процедур решения задачи натурального макетирования агрегатов, на базе виртуальных моделей.

**Математическая постановка задачи.** Математическую модель параметрической задачи создания оптимального каркаса изделия можно представить с помощью методов динамического программирования как задачу дискретной многокритериальной оптимизации.

В данной работе рассматривается отдельный элемент общей декомпозиционной системы: декомпозиция структуры макета. Декомпозиция структуры макета включает в себя несколько уровней (табл. 1).

Таблица 1

*Уровни декомпозиции структуры*

Уровень	Декомпозиция структуры макета
1	X1 конструктивно-технологическое членение макета
2	X1+X2 структура макета
3	X1+X2+X3 технологическое решение

Многоуровневая декомпозиционная схема выбрана для понижения размерности задачи проектирования, так как отражает конкретную степень детализации проектного решения. Каждый уровень представляет собой функционально законченную подзадачу.

В целом задача сводится к отысканию оптимальных параметров каркаса по стоимости и точности, которая напрямую зависит от количества элементов каркаса.

**Сравнительный анализ технологий быстрого прототипирования.** При оценке методов макетирования воспользуемся концепцией эффективности макетирования, ранжированной совокупностью частных критериев эффективности, т. е. множество  $\{A_i, V_i\}$ , где  $i = 1, \dots, n$  — общее число



частных критериев эффективности. Концепция основана на методе экспертных оценок. Введем следующий набор критериев: А1 — точность изготовления изделия, А2 — цена изготовления изделия, А3 — максимальный размер изготавливаемого изделия, А4 — время изготовления изделия, А5 — шероховатость изготовленного изделия. Оценим существующие методы быстрого прототипирования критериями эффективности А1, А2, А3, А4 по десятибалльной шкале. Метод, который по сравнению с другими является наилучшим с точки зрения критерия  $A_i$ , получает 10 баллов.

*Проанализировав существующие методы макетирования, я пришла к выводу, что существующие технологии не отвечают предъявляемым требованиям по точности, размерности изготовления деталей, времени и цены изготовления, что приводит к необходимости создания нового метода макетирования.*

**Верификация математической модели.** Рассматривается методика макетирования крупногабаритных объектов с поверхностью двойной кривизны. В авиации одним из таких объектов является фюзеляж. Форма фюзеляжа бывает различной, но в любом случае ее стараются сделать максимально обтекаемой, чтобы уменьшить лобовое сопротивление. Фюзеляжи многих современных самолетов имеют веретенообразную форму, напоминающую в первом приближении эллипсоид.

Для наглядности и простоты вычислений рассмотрим пример решения задачи оптимизации каркаса в случае макетирования эллипсоида:

$$X^* = \text{Arg min } F(x, u), \quad x \in X, \quad u \in U,$$

$X = X(S_1; S_2, \delta)$  — вектор конструктивных параметров (рис. 1).

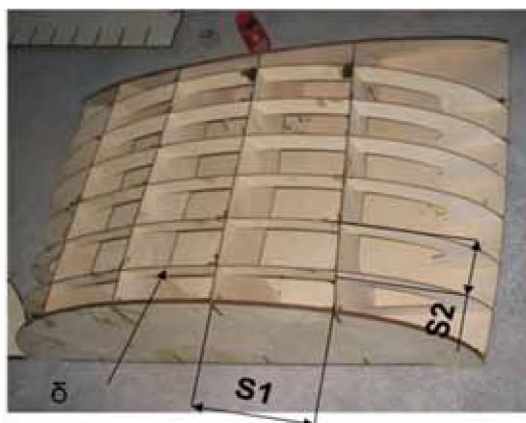


Рис. 1. Конструктивные параметры

Оптимизация проводится по минимизации длины реза лазера  $L$ .  $L_i = 2\pi R_i$ ;  $L = \sum 2\pi R_i$ ;  $L_i$  — длина реза  $i$ -го сечения;  $R_i$  — радиус  $i$ -го сечения;  $L$  — суммарная длина реза;  $i$  — количество сечений;  $F(x, u)$  — целевая функция.

Параметр  $\delta$  будет варьироваться в соответствии с существующим сортаментом фанеры (как основного материала для каркаса):

$$\delta = 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20.$$

Параметры  $S_1, S_2$  подбирались дискретно исходя из ограничений

$$U = U(U_1; U_2; U_3; U_4) \text{ — вектор ограничений.}$$

$U_1$  — ограничение по размеру обрабатываемого сечения / слоя:  $A = (S \cdot P) / \delta$  — отношение площади элемента его к толщине, умноженного на периметр;  $U_1 > 20 \dots 24$ ;

$U_2$  — ограничение по допустимой погрешности  $\Delta < 0,003 \%$ ;

$U_3, U_4$  — ограничения по размеру обрабатываемого материала.

Рассмотрим изменение точности получаемого изделия с варьированием толщины и количества элементов каркаса. Сравнение различных схем членения (рис. 2) происходит по погрешности  $\Delta$  и длине реза (периметр всех элементов каркаса):

$$\Delta = V_1/V_2 = \frac{\frac{4}{3}\pi ABC}{\iiint_V F_2 dx dy dz},$$

$V_1$  — объем эллипсоида;  $V_2$  — объем аппроксимируемой фигуры.

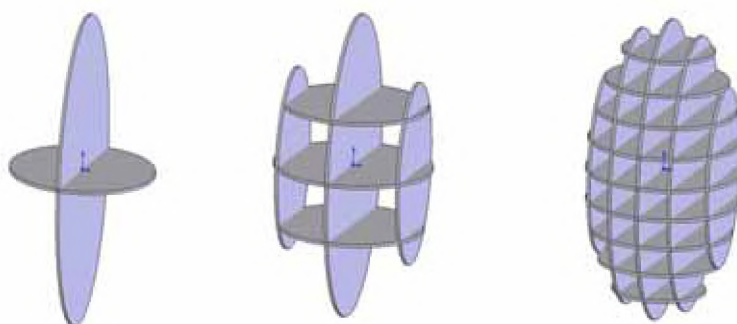


Рис. 2. Схемы членения

Исследования показали, что оптимальным является членение эллипсоида, имеющего пять горизонтальных и девять вертикальных элементов (при размере большой оси 1 м). Дальнейшее уменьшение шага сетки приводит к увеличению длины реза, но не снижает значение погрешности (рис. 3). Оптимальная толщина каркаса — 10 мм, увеличение толщины элементов каркаса приводит к существенному снижению точности прототипируемого элемента и требует значительной дальнейшей доработки.

**Создание крупногабаритных прототипов с применением информационных технологий.** Рассмотрены объекты исследований технологии макетирования. Ими являются легкий многоцелевой самолет с габаритными размерами  $6 \times 6$  м, взлетной массой 600 кг и дальнемагистральный

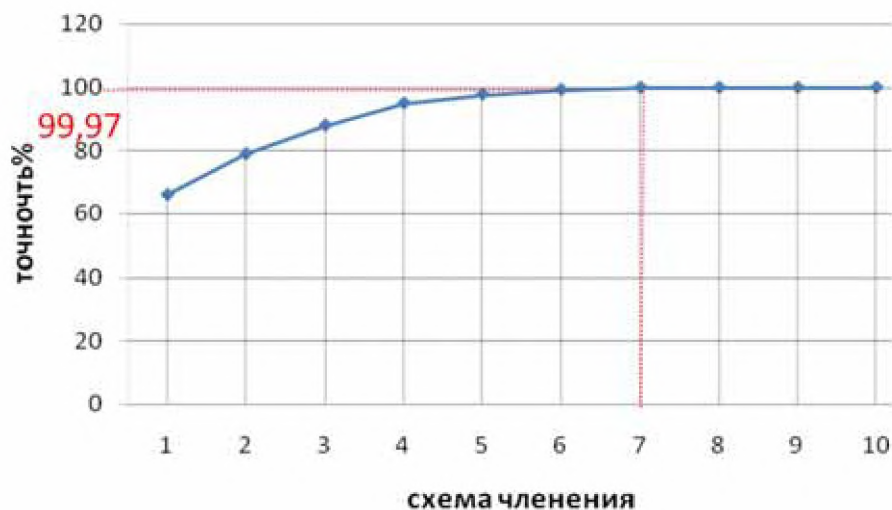


Рис. 3. Зависимость точности изделия от схемы членения макета

самолет — габаритные размеры  $80 \times 62$  м, взлетная масса 550 т.

**Принцип макетирования.** Рассматривается алгоритм создания макета от стадии твердотельной компьютерной модели до реального изделия.

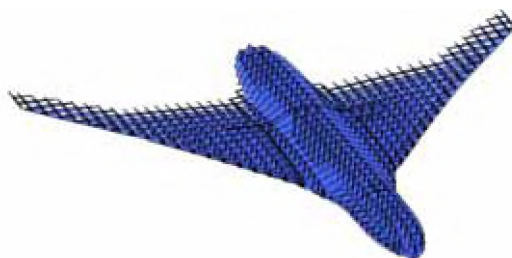


Рис. 4. Трехмерная каркасная модель

1. Изготовление твердотельной компьютерной модели (рис. 4). В рассматриваемом случае трехмерное моделирование осуществляется в САПР Solid Works.

2. Генерация каркаса с помощью специально написанной подпрограммы для Solid Works и создание сборки, где каждому элементу каркаса соответствует свой файл, содержащий его трехмерную модель (рис. 5).

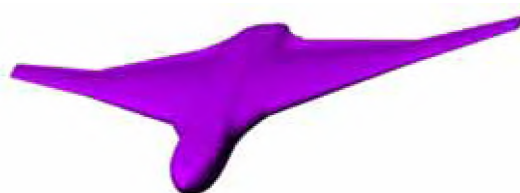


Рис. 5. Твердотельная компьютерная модель

3. Изготовление деталей на 2-координатном лазерном станке по предварительно подготовленному раскрою деталей (рис. 6).

4. Сборка изделия из плоских элементов каркаса (рис. 7).

*Перспективы развития технологии видятся нами в:*

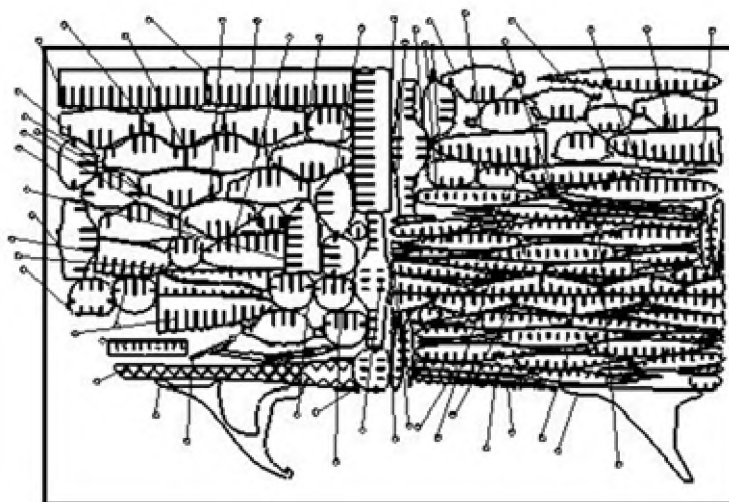


Рис. 6. Схема раскроя деталей



Рис. 7. Модель дальнемагистрального самолета

- автоматизации процессов распределения базирующих пазов и облегчений в элементах каркаса прототипа для получения простого в сборке изделия, не требующего дополнительных конструкторских доработок;
- расширении сферы применения технологии за счет доработки программного обеспечения и возможности моделировать контр – поверхность изделия, получая сразу каркас матрицы изделия, для последующего изготовления деталей из композиционных материалов;
- разработке более подробной математической модели, позволяющей учитывать одновременно большое количество критериев;

Проблема воспроизведения поверхности является одной из основных задач технологической оснастки. Здесь было рассмотрено решение проблемы воспроизведения нужной поверхности с заданной точностью.

**Итогами выполненной работы можно считать следующее:**

- Разработано научно-методическое и программное обеспечение для решения вопросов макетирования крупногабаритных объектов с поверхностью двойной кривизны, обеспечивающее точность до 0,003 % от габаритов прототипируемого изделия.
- Разработанные алгоритмы и программы включены в подсистему автоматизированного формирования компоновки каркаса поверхности изделия, что позволило сократить стоимость более чем в 300 раз.
- Проведены на базе созданной подсистемы проектные исследования по выявлению рациональных значений параметров каркаса макета; выработаны проектные рекомендации.
- Использование САПР помогло значительно сократить и модернизировать стандартные технологические процессы, что привело к сокращению срока выполнения задачи в четыре раза.
- Возможно изготовление широкого спектра изделий (винты, детали тюнинга автомобилей, колонны зданий и другие архитектурные элементы).
- Успешная апробация технологии на реальных изделиях:
  - создание модели под матрицу легкого самолета в масштабе 1 : 1 (рис. 8).
  - создание модели под матрицу легкого самолета в масштабе 1 : 4;
  - создание выставочной каркасной модели дальнемагистрального самолета из оргстекла.





Рис. 8. Модель фюзеляжа легкого многоцелевого самолета

Методика показала свою инвариантность для различных по размерности типов самолетов от 15 кг (беспилотная модель самолета) до 600 т (дальнемагистральный самолет) по взлетным массам.

Д. В. Борисов, А. К. Жуковский, П. А. Лавренюк, Н. Н. Маркин

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## УПРАВЛЕНИЕ САМОЛЕТОМ С ОТКЛОНЯЕМЫМ ВЕКТОРОМ ТЯГИ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ БЫСТРОМ УГЛОВЫМ ВРАЩЕНИИ ПО КРЕНУ

Рассматривается динамика самолета при маневрировании с большими угловыми скоростями крена. При вращении самолета относительно продольной оси появляется кинематическая связь каналов рысканья и тангажа. Сущность **кинематического взаимодействия** определяется схемой углового вращения (рис. 1). Изменение углов атаки и скольжения имеет вид гармоник с одинаковой амплитудой, равной углу атаки в момент начала вращения, но сдвинутых по фазе на угол  $\pi/2$  [1]:

$$\begin{array}{cccc}
 \gamma_0 = 0; & \gamma_1 = \frac{\pi}{2}; & \gamma_2 = \pi; & \gamma_3 = \frac{3\pi}{2}; \\
 \alpha_0 > 0; & \alpha_1 = 0; & \alpha_2 = -\alpha_0; & \alpha_3 = 0; \\
 \beta_0 = 0 & \beta_1 = \alpha_0 & \beta_2 = 0 & \beta_3 = -\alpha_0
 \end{array}$$

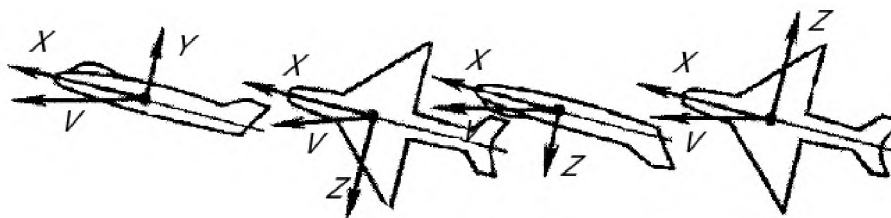


Рис. 1. Кинематическая связь каналов рыскания и тангажа

В силу непрерывного изменения углов атаки и скольжения появляется **аэродинамическое взаимодействие** каналов продольного и бокового движений [2]. В основе аэродинамического взаимодействия лежит зависимость аэродинамических сил и моментов, определяющих характер бокового движения, от параметров продольного движения и наоборот. При несимметричном обтекании стреловидного крыла аэродинамические силы и моменты в продольном и боковом каналах одновременно зависят от углов атаки и скольжения.

При вращении самолета по крену с угловой скоростью  $\omega_x$  создается кинетический момент, равный произведению момента инерции на угловую скорость вращения. В результате при угловой скорости тангажа  $\omega_z$  на самолет действует гироскопический момент рысканья  $M_{yi}$  в боковом канале, а угловая скорость рысканья  $\omega_y$  создает гироскопический момент тангажа  $M_{zi}$  в продольном канале. Значения инерционных моментов в продольном и боковом каналах определяются через проекции угловой скорости на связанные оси:

$$M_{zi} = -\omega_x \omega_y (J_y - J_x); \quad (1)$$

$$M_{yi} = \omega_x \omega_z (J_z - J_x). \quad (2)$$

Такое соотношение между инерционными моментами и угловыми скоростями в продольном и боковом каналах называется **инерционным взаимодействием**.

При маневрах со значительной угловой скоростью крена  $\omega_x = \Omega$  (бочках, переворотах через крыло, разворотах) значения инерционных моментов при малых углах атаки и скольжения ( $\sin \alpha = \alpha$ ,  $\cos \beta = \beta$ ,  $\cos \alpha = \cos \beta = 1$ ) вычисляются по формулам

$$M_{zi} = \Omega^2 (J_y - J_x) \alpha; \quad (3)$$

$$M_{yi} = \Omega^2 (J_z - J_x) \beta. \quad (4)$$

Инерционные моменты уменьшают степень продольной и путевой статической устойчивости самолета пропорционально квадрату угловой скорости вращения:

$$\Delta m_z^\alpha = \frac{\Omega^2 (J_y - J_x)}{S q b_A}; \quad (5)$$

$$\Delta m_y^\beta = \frac{\Omega^2(J_z - J_x)}{Sgl}. \quad (6)$$

Снижение запасов устойчивости при вращении с большой угловой скоростью крена является предпосылкой для развития такой опасной формы движения, как **аэроинерционное самовращение**.

При вращении с большой угловой скоростью крена эффективность аэродинамических органов управления существенно снижается. Для обеспечения устойчивости углового движения используется отклонение вектора тяги двух двигателей по двум осям, что позволяет создать моменты в каналах управления самолетом по тангажу, рысканью и крену. Создаваемые двигателем моменты по трем осям при отклонении вектора тяги практически не зависят от угловой скорости крена, что позволяет сохранить управляемость самолета.

**Ставится задача исследования** влияния угловой скорости крена на устойчивость пространственного углового движения и аналитическое конструирование оптимального регулятора пространственного углового движения с использованием момента, создаваемого двигателем по двум осям.

**1. Математическое моделирование углового движения с учетом аэроинерционного взаимодействия.** Опишем возмущенное движение самолета при маневре с постоянной угловой скоростью крена при допущениях о постоянстве скорости и нулевых значениях угловых скоростей тангажа и рысканья.

Уравнения движения запишем в связанной системе осей координат [3]:

$$m(\dot{V}_y - V_z\omega_x + V_x\omega_z) = R_y; \quad (7)$$

$$m(\dot{V}_z - V_x\omega_y + V_y\omega_x) = R_z; \quad (8)$$

$$J_y\dot{\omega}_y + (J_x - J_z)\omega_x\omega_z = M_y; \quad (9)$$

$$J_z\dot{\omega}_z + (J_y - J_x)\omega_x\omega_y = M_z. \quad (10)$$

Здесь  $R_y, R_z$  — проекции результирующей силы на оси OY, OZ;  $M_y, M_z$  — моменты аэродинамических сил и тяги относительно связанных осей;  $\omega_x$  — угловая скорость крена,  $\omega_y, \omega_z$  — угловые скорости рыскания и тангажа.

Линеаризуем эту систему уравнений в окрестности исходного режима — движения самолета с постоянной скоростью центра масс, с постоянной угловой скоростью крена и нулевыми скоростями рысканья и тангажа. С использованием обозначений

$$\frac{J_z - J_x}{J_y} = A; \quad \frac{J_y - J_x}{J_z} = B; \quad \frac{Y^\alpha}{mV} = \bar{Y}^\alpha;$$



$$\frac{M_z}{J_z} = \bar{M}_z; \quad \frac{Z^\beta}{mV} = \bar{Z}^\beta; \quad \frac{M_y}{J_y} = \bar{M}_y \quad (11)$$

получим систему линеаризованных уравнений пространственного углового движения при вращении с угловой скоростью крена  $\omega_x$ :

$$\Delta \dot{\alpha} = -\bar{Y}^\alpha \Delta \alpha + \Delta \omega_z - \omega_x \Delta \beta; \quad (12)$$

$$\Delta \dot{\omega}_z = \bar{M}_z^\alpha \Delta \alpha + \bar{M}_z^{\omega_z} \Delta \omega_z - B \omega_x \Delta \omega_y; \quad (13)$$

$$\Delta \dot{\beta} = \bar{Z}^\beta \Delta \beta + \Delta \omega_y + \omega_x \Delta \alpha; \quad (14)$$

$$\Delta \dot{\omega}_y = \bar{M}_y^\beta \Delta \beta + \bar{M}_y^{\omega_y} \Delta \omega_y + A \omega_x \Delta \omega_z + M_y^{\omega_x} \omega_x. \quad (15)$$

**2. Анализ устойчивости углового движения с учетом аэроинерционного взаимодействия.** Характеристическое уравнение системы дифференциальных уравнений пространственного возмущенного движения имеет вид [4]

$$\lambda^4 + a_3 \lambda^3 + a_2 \lambda^2 + a_1 \lambda + a_0 = 0. \quad (16)$$

Коэффициенты  $a_i$  этого уравнения будут определяться характеристиками продольного и бокового каналов. Условия устойчивого пространственного движения определяются по критерию устойчивости Гурвица неравенствами:

$$R = a_1 a_2 a_3 - a_1^2 - a_3^2 a_0 > 0; \quad a_3 > 0, \quad a_2 > 0; \quad a_1 > 0; \quad a_0 > 0. \quad (17)$$

Расчеты устойчивости пространственного движения самолета показывают [1, 2, 4], что если выполняется условие аperiodической устойчивости  $a_0 > 0$ , то выполняются и все предыдущие. Свободный член характеристического уравнения  $a_0$  вычисляется с использованием определителя системы дифференциальных уравнений и имеет следующий вид:

$$a_0 = (B \omega_x^2 + \bar{M}_z^\alpha + \bar{M}_z^{\omega_z} \bar{Y}^\alpha)(A \omega_x^2 + \bar{M}_y^\beta - \bar{M}_y^{\omega_y} \bar{Z}^\beta) - \omega_x^2 (B \bar{Z}^\beta + \bar{M}_y^{\omega_y})(\bar{M}_z^{\omega_z} - A \bar{Y}^\alpha). \quad (18)$$

При больших угловых скоростях крена основную часть значения  $a_0$  составляет первое слагаемое:

$$a_0 \approx (B \omega_x^2 + \bar{M}_z^\alpha + \bar{M}_z^{\omega_z} \bar{Y}^\alpha)(A \omega_x^2 + \bar{M}_y^\beta - \bar{M}_y^{\omega_y} \bar{Z}^\beta). \quad (19)$$

Значение угловой скорости, при котором свободный член  $a_0$  меняет знак с положительного на отрицательный, называют **первой критической скоростью крена**. При дальнейшем увеличении скорости крена она достигает такой величины, когда и второй множитель меняет знак — это **вторая критическая скорость крена**. С превышением второй критической скорости крена самолёт становится снова устойчивым.

Обозначим критические скорости крена  $\omega_\alpha$  и  $\omega_\beta$ . Их приближённые значения вычисляются по формулам

$$\omega_\alpha \approx \sqrt{\frac{-\bar{M}_z^\alpha - \bar{Y}^\alpha M_z^{\omega_z}}{B}} = \frac{\omega_\alpha}{\sqrt{B}}; \quad (20)$$

$$\omega_\beta \approx \sqrt{\frac{-\bar{M}_H^\beta - \bar{Z}^\beta M_y^{\omega_y}}{A}} = \frac{\omega_\beta}{\sqrt{A}}. \quad (21)$$

Меньшая из этих скоростей — первая критическая скорость — может определяться характеристиками как продольной, так и боковой устойчивости. Критические скорости крена при  $m_{Z^y}^C = -0,15$  и  $m_y^\beta = -0,04$  для выбранного режима полета равны  $\omega_{x1} = 1,02$  и  $\omega_{x2} = 2,06 \frac{1}{c}$ .

**3. Аналитическое конструирование оптимального регулятора углового движения самолета при маневрировании с большими угловыми скоростями крена.** При маневрировании с большими угловыми скоростями крена линеаризованные уравнения пространственного возмущенного движения самолета в матричной форме имеют вид

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{\alpha} \\ \Delta \dot{\omega}_z \\ \Delta \dot{\beta} \\ \Delta \dot{\omega}_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\bar{Y}^\alpha & 1 & -\omega_x & 0 \\ \bar{M}_z^\alpha & \bar{M}_z^{\omega_z} & 0 & -B\omega_x \\ \omega_x & 0 & \bar{Z}^\beta & 1 \\ 0 & A\omega_x & \bar{M}_y^\beta & \bar{M}_y^{\omega_y} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta \alpha \\ \Delta \omega_z \\ \Delta \beta \\ \Delta \omega_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \bar{M}_z^{\varphi_z} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & \bar{M}_Y^{\varphi_Y} & \bar{M}_y^{\omega_x} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \Delta \varphi_z \\ \Delta \varphi_Y \\ \omega_x \end{bmatrix}. \quad (22)$$

В качестве управления рассматривается отклонение ветра тяги в каналах тангажа  $\Delta \varphi_z$  и рысканья  $\Delta \varphi_Y$  для создания управляющих моментов. Коэффициенты матрицы управления определяются по формулам

$$\bar{M}_z^{\varphi_z} = \frac{M_z^{\varphi_z}}{J_z} = \frac{P \cdot L_z}{J_z}; \quad \bar{M}_Y^{\varphi_Y} = \frac{M_Y^{\varphi_Y}}{J_z} = \frac{P \cdot L_y}{J_z}. \quad (23)$$

Момент, создаваемый в канале рысканья при вращении по крену  $M_{yB} = M_y^{\omega_x} \omega_x$ , представляет собой возмущающий момент.

Преобразуем уравнения движения к векторной форме:

$$\dot{x} = Ax + Bu. \quad (24)$$

Для линейной стационарной системы ставится задача синтеза оптимального регулятора по квадратичному критерию:

$$J = \int_0^\infty [x^T Q x + u^T R u]_d t. \quad (25)$$

Аналитическое конструирование оптимального регулятора [5] определяет оптимальный линейный закон управления с отрицательной обратной связью по измеряемым координатам:

$$u = Kx. \quad (26)$$

Оптимальные коэффициенты усиления вычисляются по формуле

$$K = -R^{-1}B^T S. \quad (27)$$

Матрица  $S$  представляет собой результат решения нелинейного алгебраического матричного уравнения Риккати:

$$SA + A^T S - SBR^{-1}B^T S + Q = 0. \quad (28)$$

Оптимизация при максимальной степени потери устойчивости для  $\omega_x = 1,7$  обеспечивает устойчивость замкнутой системы  $A_{ЗАМ} = A - BK$  с оптимальным регулятором. Результаты расчетов коэффициента  $a_0$  для самолета без автоматики и самолета с оптимальным регулятором представлены на рис. 2.

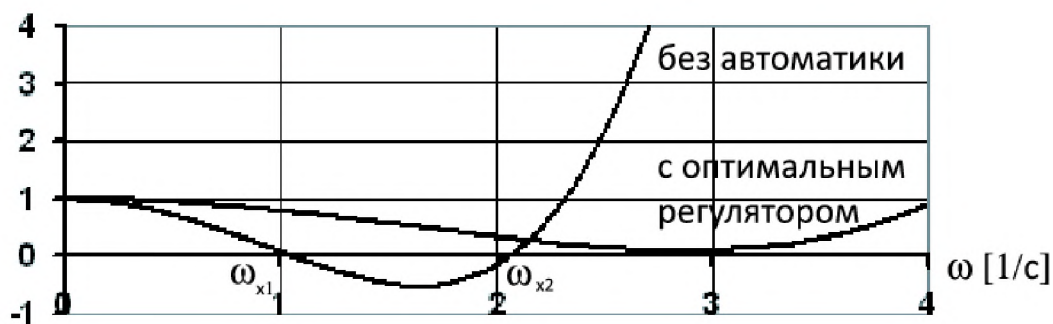


Рис. 2. Зависимость относительного значения коэффициента  $a_0$ , определяющего аperiodическую устойчивость, от угловой скорости крена  $\omega_x$

Самолет с оптимальным регулятором (ОР) обладает аperiodической устойчивостью при любых угловых скоростях крена, в то время как самолет без автоматики теряет устойчивость на интервале  $1.02 < \omega_x < 2.06$ .

Результаты расчетов корней характеристических уравнений самолета без оптимального регулятора и с регулятором представлены на рис. 3.

Корни характеристических уравнений самолета без регулятора при  $\omega_x = 0$  обозначены кольцами, лежат в левой полуплоскости, и пространственное угловое движение устойчиво. Расположение корней характеристического уравнения при  $\omega_x = 1,7$  обозначено квадратами: один из корней положительный. Пространственное угловое движение самолета в этом случае неустойчиво. Использование оптимального регулятора при  $\omega_x = 1,7$  обеспечивает устойчивость всех форм движения, расположение корней характеристического уравнения обозначено звездами. Развитие

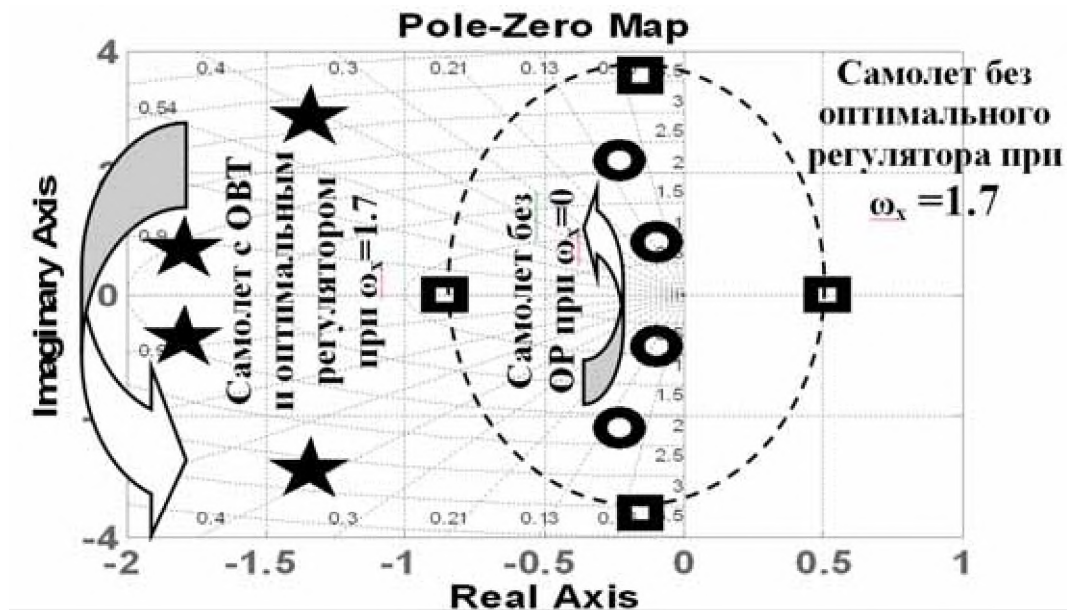


Рис. 3. Расположение корней характеристических уравнений самолета без регулятора при угловых скоростях крена  $\omega_x = 0$  и  $\omega_x = 1,7$  и самолета с оптимальным регулятором при угловой скорости крена  $\omega_x = 1,7$

изолированных форм движения при воздействии возмущающего момента  $\overline{M}_y = \overline{M}_y^{\omega_x} \omega_x$  представлено на рис. 4.

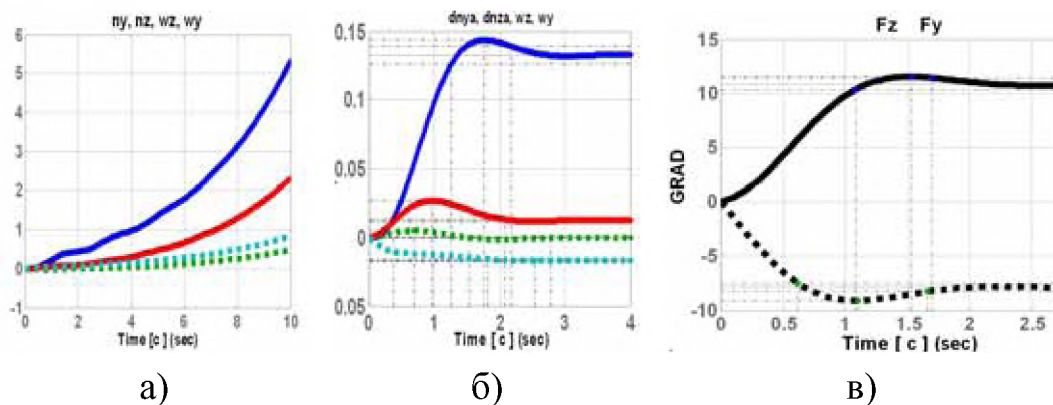


Рис. 4. Изменение перегрузок  $\Delta n_{ya}, \Delta n_{za}$ , угловых скоростей  $\omega_z, \omega_y$  и отклонение вектора тяги в каналах тангажа  $\varphi_z$  и рысканья  $\varphi_y$  при вращении самолета с угловой скоростью крена  $\omega_x = 1,7$ : а – без регулятора, б – с регулятором, в – отклонение вектора тяги

**Выводы.** Оптимальный регулятор, выбранный при значении угловой скорости крена, соответствующей максимальной степени потери устойчивости самолетом без автоматики, обеспечивает устойчивость пространственного движения во всем диапазоне угловых скоростей крена при постоянстве коэффициентов усиления. Максимальный угол отклонения вектора тяги, требуемый для управления в каналах тангажа и рысканья, не превышает 15 градусов.

## Библиографический список

1. Пашковский И. М., Леонов В. А., Поплавский Б. К. Летные испытания самолета и обработка результатов испытаний. — М.: Машиностроение, 1985.
2. Аэромеханика самолета / Под ред. Бочкарева А. Ф. — М.: Машиностроение, 1977.
3. Гуськов Ю. П., Выскребенцев Л. И., Паленов Ю. А. Математическая модель самолета для исследования влияний атмосферных возмущений. — М.: Изд-во МАИ, 1991.
4. Гуськов Ю. П., Загайнов Г. И. Управление полетом самолетов. — М.: Машиностроение, 1992.
5. Летов А. М. Динамика полета и управление. — М.: Наука, 1969.

В. Б. Оводенко

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ**

Цифровые антенные решетки (ЦАР) относятся к классу антенных решеток с обработкой сигнала. ЦАР — это антенная система, представляющая собой совокупность аналого-цифровых каналов с общим фазовым центром, в которой диаграмма направленности (ДН) формируется в цифровом виде, без фазовращателей.

Преимущества ЦАР перед традиционными антеннами общеизвестны. В настоящее время технология цифрового диаграммообразования (ЦДО) вступила в стадию серийного изготовления антенных систем. Своим массовым развитием технологии ЦАР обязаны интеграции процессоров цифровой обработки сигналов (ЦОС) с аналого-цифровыми (АЦП) и цифро-аналоговыми преобразователями (ЦАП) в рамках одного модуля или чипа.

Однако в реализации этой технологии еще существует ряд проблем. Исследование путей построения модуля ЦАР является частью решаемой проблемы.

С целью выбора пути построения модуля ЦАР для конкретного приложения был изучен опыт отечественных и зарубежных научных школ. Значительный вклад в развитие ЦДО внесла компания *ERA Technology*, инициировавшая проекты *TSUNAMI* и *SUNBEAM* [1].

В проекте *TSUNAMI* разработана система с адаптивной ЦАР, работающая в составе базовой станции сотовой связи стандарта *GSM-1800*, которая

подтвердила преимущества технологии ЦДО при воздействии стационарных источников помех.

В соответствии с концепцией проекта *SUNBEAM* разработан приемный модуль однополосной системы связи с ЦДО, а также предложена архитектура приемника прямого преобразования.

В настоящее время все большее распространение получает широкополосная сотовая связь. Особенностью широкополосного приемника ЦДО является отсутствие преселектора на входе. Вместо него помехи по зеркальному каналу должны подавлять смесители антенной решетки.

Неотъемлемой частью путей построения модуля ЦАР является анализ параметров элементной базы. Структурная схема приемного модуля ЦАР предполагает наличие процессора цифровой обработки сигналов (ЦОС) и АЦП (рис. 1).

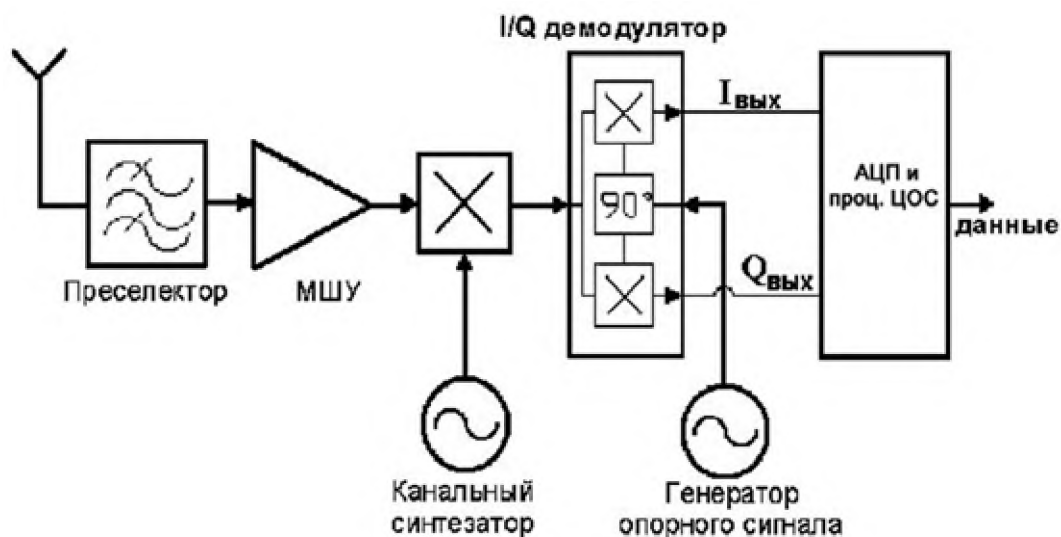


Рис. 1. Структурная схема приемного модуля ЦАР

Процессор цифровой обработки сигналов может быть представлен в виде *DSP (digital signal processor)* — цифрового сигнального процессора (ЦСП) или на ПЛИС — программируемой логической интегральной схеме.

В первом случае упрощается процесс написания и отладки ПО, но падает эффективность реализации битовых алгоритмов. Во втором случае можно гибко распределять вычислительные ресурсы системы: производить параллельные вычисления, учитывать разрядность входных аргументов и нужную точность на выходе при создании модулей. Однако сроки подготовки проекта на ПЛИС больше по сравнению с *DSP*, к тому же составление программ на уровне элементарных вычислительных алгоритмов является более трудоемким. Изменение алгоритмов работы ПЛИС требует перепрограммирования всей ИС, поскольку ее управление реализовано

аппаратно.

Проекты цифровых систем связи, вычислительная мощность которых основывается только на *DSP* или только на ПЛИС, не являются совершенными. Это вынуждает проектировщиков искать альтернативные решения. Одно из них — совместное использование *DSP* и ПЛИС [3]. В данном случае один из ЦСП может выполнять подготовку данных к передаче. Другой — обеспечивать прием, синхронизацию и восстановление данных, а на ПЛИС следует реализовывать наиболее ресурсоемкие функции приемника и передатчика (алгоритмы декодирования Витерби, шифрование, коррелирование).

Существует множество критериев выбора того или иного процессора. Чтобы помочь разработчикам подобрать необходимый процессор была составлена сравнительная таблица параметров ЦСП ведущих мировых производителей: *Analog Devices*, *Texas Instruments* и *Freescale*. Процессоры оценивались по нескольким параметрам: рабочая частота, производительность и оценка в баллах *BDTmark2000*. Представленная таблица позволяет не только оценить конкретный ЦСП, но и сравнить его с ЦСП других производителей.

Таблица 1

Сравнительный анализ ЦСП по основным параметрам

	Рабочая частота, МГц	Производительность, ММАС / bit	Оценка в баллах <i>BDTmark 2000</i>
<b><i>Analog Devices</i></b>			
<i>ADSP - TS201S</i>	600	4800 / 40; 1200 / 80	5330 - 6400
<i>ADSP - TS202S</i>	500	4000 / 40; 1000 / 80	5130
<i>ADSP - TS203S</i>	500	4000 / 40; 1000 / 80	5130
<b><i>Texas Instruments</i></b>			
<i>TMS320C6455-1200</i>	1200	9600 / 16	13170
<i>TMS320C6455-1000</i>	1000	8000 / 16	7900 - 10980
<i>TMS320C6455-850</i>	850	6800 / 16	
<i>TMS320C6455-720</i>	720	5760 / 16	
<b><i>Freescale</i></b>			
<i>MSC 8101 (SC140)</i>	300	1500 / 16	2240 - 5610
<i>MSC 8103 (SC140)</i>	275	1100 / 16	
<i>MSC 8144 (SC3400)</i>	1000 (800)	16 000 / 16 (12800 / 16)	9520 - 11900

Следует отметить предпочтительность процессоров *Analog Devices* для задач, требующих выполнения больших объемов математических вычислений (цифровая фильтрация сигнала, вычисление корреляционных функций и т. д.), поскольку их производительность на подобных задачах выше, чем у конкурентов.

Для приложений, характеризующихся интенсивным обменом информацией с внешними устройствами (многопроцессорные системы, контроллеры), предпочтительнее использовать процессоры *Texas Instruments*, обладающие высокоскоростными интерфейсными подсистемами.

Второй элемент, без которого не обходится приемная ЦАР — это АЦП. Одним из главных его параметров является разрядность (разрешение). Она характеризует количество дискретных значений, которые преобразователь может выдать на выходе. На практике разрядность АЦП ограничена отношением сигнал / шум входного сигнала (*Signal to Noise Ratio, SNR*). При большой интенсивности шумов на входе АЦП различение соседних уровней входного сигнала становится невозможным. При этом реально достижимое разрешение описывается эффективной разрядностью (*ENOB*):

$$ENOB = \frac{SNR - 1,76}{6,02} \text{ дБ.}$$

Для достижения заявленной разрядности отношение сигнал / шум входного сигнала должно быть примерно равным 6 дБ на каждый бит разрядности.

Другим важным параметром АЦП является частота дискретизации, которая характеризует скорость преобразования входного аналогового сигнала в последовательность цифровых значений. Она должна обеспечивать требуемый «темп» обзора пространства антенной решеткой.

Одной из основных проблем, возникающих при аналого-цифровом преобразовании сигналов, является апертурная неопределенность [2]. Она представляет собой разброс значений выборок сигнала в процессе кодирования. Эффект дрожания апертюры оказывает влияние на три характеристики системы, он может: 1) привести к снижению отношения сигнал / шум; 2) вызвать неопределенность фазы оцифрованного сигнала; 3) увеличить межсимвольные помехи.

Чтобы помочь разработчикам выбрать необходимый АЦП, была составлена сравнительная таблица параметров АЦП ведущих мировых производителей: *National Semiconductor, Analog Devices, Atmel* и *Maxim*. Оценка проводилась по нескольким параметрам: количество разрядов, частота дискретизации, эффективное число разрядов и др.

АЦП производства *National Semiconductor* отличаются высокой частотой дискретизации и соотношением сигнал / шум оцифрованного сигнала, однако их разрешение не превышает 8 бит. В приложениях систем сбора данных и там, где требуется высокая точность и возможность многоканальной оцифровки данных, предпочтительнее использовать АЦП фирмы *Analog Devices*, разрядность которых достигает 12 бит.



Таблица 2

## Сравнительный анализ ЦСП по основным параметрам

	Кол-во разрядов / каналов	Частота дискретизации, <i>MSPS</i>	Эффективное число разрядов ( <i>ENOB</i> ): ( <i>Bits</i> ) / <i>Fin</i> (MHz)	Отношение сигнал / шум ( <i>SNR</i> ): ( <i>dB</i> ) / <i>Fin</i> (MHz)
<b>National Semiconductor</b>				
<i>ADC 081500</i>	8 / 1	1500	7.3 / 748	46.3 / 748
<i>ADC 08D1500</i>	8 / 2	1500	7.25 / 748	46.3 / 748
<i>ADC 08B3000</i>	8 / 1	3000	7.0 / 748	52 / 1498
<i>ADC 08D1000</i>	8 / 2	1000	7.4 / 500	47.1 / 1498
<b>Analog Devices</b>				
<i>AD9211-200</i>	10 / 1	200	9.7 / 70	60.1 / 70
<i>AD9627-11-150</i>	11 / 2	150	10.8 / 70	66.7 / 70
<i>AD12401</i>	12 / 1	400	-	62.5 / 175
<i>AD9287</i>	8 / 4	100	7.85 / 50	49 / 50
<b>Atmel</b>				
<i>TS830850</i>	8 / 1	500	7.2 / 250	-
<i>AT84AD001B</i>	8 / 2	1000	6.8 / 500	-
<i>TS83102G0B</i>	10 / 1	2000	7.6 / 700	42 / 500
<b>Maxim</b>				
<i>Max105</i>	6 / 2	800	5.65 / 400	36.5 / 400
<i>Max104</i>	8 / 1	1000	7.5 / 500	47.1 / 500
<i>Max108</i>	8 / 1	1500	7.53 / 750	46.9 / 750

В работе проведен обзор и сравнительный анализ параметров современных цифровых сигнальных процессоров и АЦП (табл. 2). Рассмотрены проблемы, возникающие при проектировании модулей цифровой антенной решетки, а также составлены таблицы для выбора проектировщиками конкретного ЦСП или АЦП.

#### Библиографический список

1. Слюсар В. И. Цифровое формирование луча в системах связи: будущее рождается сегодня // Электроника: НТБ. 2001. № 1. С. 6–12.
2. Браннон Б., Барлоу А. Апертурная неопределенность и рабочие характеристики АЦП // Электроника: НТБ. 2006. № 4. С. 26–29.
3. Койнов А.С. Решения SDR для аппаратуры WiMAX: ПЛИС, DSP или нечто иное? // Электроника: НТБ. 2007. № 2. С. 76–80.
4. Гуськов Ю. П., Загайнов Г. И. Управление полетом самолетов. — М.: Машиностроение, 1992.
5. Летов А. М. Динамика полета и управление. — М.: Наука, 1969.

О. Н. Четоркина

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **ПИЛОТИРУЕМАЯ КОСМОНАВТИКА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ**

Пилотируемой космонавтике — важнейшему направлению космической отрасли — почти полвека.

Сейчас, в начале XXI столетия, перед пилотируемой космонавтикой ставятся глобальные и фундаментальные задачи, связанные с развитием орбитальной инфраструктуры, необходимой для проведения научных исследований, производства новых материалов и биопрепаратов, разработки высоких технологий, освоения Луны, Марса и других небесных тел.

Одним из главных направлений развития космонавтики, которое в будущем должно обеспечить прорыв в освоении Солнечной системы и исследованиях Вселенной, является создание околоземной обитаемой орбитальной инфраструктуры.

Корабли «Протон» и «Союз» за долгие годы эксплуатации подтвердили свою надежность и являются практически единственной связью с МКС,

особенно сейчас, когда шаттлы США практически выработали свой эксплуатационный ресурс.

Проблема в том, что оба пилотируемых корабля были разработаны в 70-х гг. прошлого столетия и уже не справляются с задачами современной космонавтики.

По мере развития техники назрела необходимость качественного изменения конструкции и комплекса бортовых систем кораблей, возникли новые концепции в формировании их облика, реализация которых позволит улучшить характеристики и существенно сократить затраты на эксплуатацию транспортных систем.

Новая транспортная система должна удовлетворять следующим заранее определенным условиям:

- диапазон наклонений обслуживаемых орбит;
- высота реализуемых орбит;
- численность экипажа;
- масса транспортируемого груза;
- система аварийного спасения экипажа (САС) на всех стадиях запуска и выведения;
- длительность автономного полета;
- точность посадки;
- снижение перегрузок на этапе спуска;
- кратность использования;
- частота использования;
- использование РН с экологически чистым видом горючего-окислителя.

Любая проектная деятельность предполагает четкое установление целей проекта. Заказчик должен определить целевое назначение корабля и список решаемых им задач, а также основные требования; конструктор должен обеспечить выполнение задач с условиями технических условий и финансовых ограничения в пределах выделенных средств.

Факторов, влияющих на выбор облика ПКК (пилотируемого космического корабля), — множество. Это, например, назначение, срок пребывания в космическом пространстве, требования к кратности использования, способ посадки, траектория спуска в атмосферу, требования к аварийному прекращению полета, возможности средств выведения

Велика роль экономической части проекта, которая также может формулироваться по-разному: стоимость разработки, стоимость полета или

стоимость всего жизненного цикла РКК. Важно и то, является ли корабль полностью (Space Shuttle, Буран, Hermes) или частично возвращаемым (Клипер, Orion), т. е. к каждому полету требуется изготавливать дополнительную матчасть.

Многоразовая транспортная система «Клипер» представляет собой многоразовый многоцелевой космический корабль, который может использоваться как в пилотируемом, так и в беспилотном (автоматическом) режиме.

Разработчиком и создателем проекта многоразовой транспортной космической системы является РКК «Энергия» им. С.П. Королева. С момента своего создания по настоящее время организация успешно выполняла самые сложные и революционные по своему техническому воплощению ракетно-космические проекты. Организация изменяла свое название, но при этом сохраняла и наращивала как производственные мощности, так и интеллектуальные ресурсы. Мощный научно-технический потенциал позволяет РКК «Энергия» обеспечивать разработки самого высокого уровня сложности.

Разрабатываются два варианта пилотируемого корабля — типа несущий корпус и крылатый вариант, проектируемый совместно с ОКБ «Сухой».

Конструктивно «Клипер» состоит из возвращаемого аппарата (ВА) и орбитального отсека. Главная особенность — возвращаемый аппарат типа «несущий корпус». Существенно более высокое аэродинамическое качество (0,6–1,8 на гиперзвуке против 0,25–0,3 у «фары» «Союза») позволяет осуществлять планирующий спуск в верхних слоях атмосферы, что снижает тепловые нагрузки и позволяет использовать многоразовую теплозащиту. Конструкция также позволяет «утюгу» совершать боковые манёвры в пределах 500–600 км, в то время как «фарам» при спуске с орбиты удаётся скорректировать не более 70–80 км. В отличие от «Союза» «утюг» аэродинамически неустойчив, поэтому для удержания нужной ориентации при спуске на ВА предусмотрены аэродинамические щитки. Крылатый ВА в целом сохранил фюзеляж бескрылого, но несмотря на это обладает высоким аэродинамическим качеством на дозвуке (до 4–5), что позволяет производить посадку на аэродромы как обычному самолету.

Орбитальный отсек спроектирован на базе орбитального отсека «Союза», с него же будут взяты системы сближения и стыковки. Двигатели орбитального маневрирования предполагается сделать на паре этанол / жидкий кислород.

Снизу к орбитальному отсеку пристыкован модуль с твёрдотопливными двигателями системы аварийного спасения (САС). Они же использу-

ются для довыведения на орбиту. Крылатые (самолетного типа) возвращаемые аппараты обладают высоким аэродинамическим качеством, как на гиперзвуковых, так и на дозвуковых скоростях, величины которого соответственно составляют около 1,2 и 4,2.

У таких аппаратов имеются незначительные перегрузки на участке спуска (до 2,5 ед.). Аэродинамические характеристики обеспечивают возможность широкого атмосферного маневра ( $\approx 1200$  км) и горизонтальную (самолетную) посадку на аэродром с использованием колесного шасси. Для обеспечения полностью автоматической посадки требуется аэродром с посадочной полосой длиной до 4 км. Все это создает комфортные условия возвращения экипажа и обеспечивает многократное использование аппарата. При досрочном спуске, за счет возможности аэродинамического маневра, посадка может проводиться на запасной аэродром. Выполнение аварийного спуска требует дополнительных запасных аэродромов.

Возвращаемый аппарат самолетного типа в наибольшей степени соответствует условиям комфортности спуска в атмосфере и посадки (мягкая «самолетная» посадка на аэродром), что исключает необходимость привлечения поисково-спасательных служб и является наиболее предпочтительной схемой с учетом его 100%-ной многозадачности. В связи с этим вариант ПКК «Клипер» с возвращаемым аппаратом самолетного типа принят за основу при проектировании пилотируемого космического корабля.

Предлагаемый пилотируемый ракетно-космический комплекс может использоваться для решения следующих задач:

- проведение транспортно-технического обслуживания долговременных пилотируемых орбитальных станций на орбитах с наклонениями  $51,6^\circ$  и  $65-73^\circ$  в диапазонах высот полета 380–460 км, в том числе в беспилотном варианте использования корабля для доставки и возвращения грузов массой до 1,5–2 т;
- проведение технического обслуживания автоматических КА и орбитальных платформ на орбитах с наклонением  $51,6-73^\circ$  и высотами от 250 до 460 км;
- проведение фундаментальных и прикладных исследований в автономном полете пилотируемого корабля продолжительностью не менее 30 суток;
- осуществление доставки и возвращения экипажей собираемых на орбитах ИСЗ лунных и марсианских комплексов;
- использование в качестве корабля возвращения экипажей лунного и марсианского экспедиционных комплексов;

- выполнение совместных космических программ на контрактной основе с другими государствами;
- использование корабля по различным коммерческим программам, в том числе по проведению «туристических полетов» на орбиту ИСЗ и посещению пилотируемых орбитальных станций;
- использование корабля для отработки методов и технических средств космического мониторинга, предупреждение о крупномасштабных чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера и решения задач двойного назначения;
- получение экспериментальных данных в целях создания транспортных перспективных систем, в том числе предназначенных для полетов к Луне и Марсу;
- использование накопленных в отрасли эффективных инженерно-технических решений и технологических заделов;
- обеспечение научно-технического и проектного уровней разработки, не уступающих зарубежным образцам аналогичных транспортных космических систем и, соответственно, конкурентоспособности отечественной техники на международном рынке космических услуг;
- использование международной кооперации при создании комплекса.

Предлагаемый пилотируемый космический корабль «Клипер» обладает следующими проектно-техническими характеристиками.

Параметры орбиты:

- диапазон наклонений обслуживаемых орбит — 51,6–73 ° ;
- высота реализуемых орбит 250–460 км.

Возможность использования корабля как в пилотируемом, так и беспилотном вариантах.

Численность экипажа — до шести человек, при этом количество членов экипажа, задействованных в управлении полетом корабля — не более двух человек.

Масса транспортируемого груза:

- в пилотируемом варианте с экипажем шесть человек — до 500–700 кг;
- в беспилотном варианте — до 1500–2000 кг.

Длительность автономного полета:

- при численности экипажа (6 чел.) не менее 5 суток;

- при численности экипажа (2 чел.) не менее 30 суток.

Длительность полета в составе станции — до 1 года.

МТКС «Клипер» будет использоваться в качестве альтернативы транспортным кораблям «Союз» и «Прогресс» как для обеспечения МКС (доставку расходных материалов, оборудования), так и для доставки экипажей на борт станции.

План коммерциализации проекта включает в себя не только обслуживание станции в интересах иностранных заказчиков, но и использование системы для доставки туристов на МКС. Таким образом, необходимо рассмотреть также вероятных конкурентов «туристического» рынка запусков, в том числе компании, предлагающие совершить суборбитальные космические полеты (*Virgin Galactic, Bigelow Aerospace*).

Согласно оценкам, опросам и исследованиям общественного мнения, у многих людей есть сильное желание полететь в космос. По мнению специалистов, это желание может в среднесрочной перспективе стать важным источником дальнейшего развития космонавтики.

В настоящее время единственной используемой целью космического туризма является МКС. Полеты осуществляются при помощи российских космических кораблей «Союз» на российский сегмент МКС.

Организацией полетов туристов занимаются Роскосмос и *Space Adventures*. Их сотрудничество начато в 2001 году. В космосе уже побывали пять туристов (данные на конец 2007 года).

На октябрь 2008 запланирован полет Ричарда Гарриотта. «Ричард Гарриотт — сын астронавта NASA Оуэна Гарриотта — станет следующим космическим туристом и отправится на МКС на российском космическом корабле “Союз” в 2008 году», — говорится в сообщении, опубликованном на сайте *Space Adventures*. Подчеркивается, что Гарриотт-младший станет первым космонавтом во втором поколении. Он также может стать первым туристом, который получит задание на проведение научных экспериментов на орбите от коммерческих организаций.

Подготовка космических туристов проводится в Звездном городке под Москвой (Щелковский район), а также в небольших самолётах, симулирующих невесомость.

Хотя стоимость тура на орбиту составляет 20–23 миллиона долларов, число желающих увидеть космос неуклонно растёт. Кроме того, была обнародована цена новой услуги — выхода космического туриста в открытый космос — 15 миллионов долларов.

МТСК «Клипер» может позволить себе взять на борт шесть человек. Конфигурация экипажа может быть следующей:

- 1 пилот — 1 доктор — 4 туриста
- 2 пилота — 1 доктор — 3 туриста
- 2 пилота — 4 туриста

Разумеется, оптимальными с точки зрения получения прибыли, являются 1-я и 3-я схемы, однако для безопасности пассажиров предпочтительнее вторая.

Совершенно очевидно, что для полета туристов корабль будет предложен только после подтверждения своей надежности — следовательно, это будет пятый–шестой рейс корабля к МКС.

1. Затраты на проведение медицинской комиссии (обследование, клинические исследования, врачебные осмотры и выдача заключения) — 34 тыс. руб.

2. Затраты на подготовку в Центре подготовки космонавтов — ≈308 750 руб. за 1 неделю (время подготовки космонавта 4 недели).

3. Затраты, связанные с космическим кораблем (в т. ч. индивидуальное снаряжение — ≈16,2 млн. руб.).

4. Оплата труда членов экспедиции, курирующих туриста (тарифная ставка космонавта 0,5674 млн. руб.).

5. Стоимость поисково-спасательных работ 19,16 млн. руб.

6. Затраты на страхование (в настоящее время страховые компании осуществляют страхование одного космонавта на сумму 9,5 млн. руб. при страховом взносе в 0,0095 млн. руб.).

7. Затраты на послеполетную реабилитацию, зависят от физического состояния туриста (коэффициент 0,1–0,25 от п. 1).

**Итого, стоимость тура на МТКС «Клиппер» 358,50 млн. руб. (9,69 млн. евро).**

Как можно видеть, стоимость в 1,7 раза ниже, нежели стоимость полета на «Союзе», которая в 2008 году составит 25 млн. долларов (16,89 млн. евро).

Стоимость программы транспортно-космических операций составит 36 203,175 млн. руб. (крылатый вариант).

Оценка сроков окупаемости МТКС «Клиппер» и экономического эффекта от ее создания производится исходя из следующей программы эксплуатации.

1. Для обслуживания МКС:

- с 2013 по 2015 год — 2 пуска ПКК «Клиппер» в год;
- с 2016 по 2035 год — 4 пуска ПКК «Клиппер» в год;

2. Автономные полеты или дополнительные полеты к МКС:



- с 2013 по 2015 год — 5 пусков ПКК «Клипер» в год;
- с 2016 по 2035 год — 7 пусков ПКК «Клипер» в год.

Данная программа является минимальной и не учитывает потребности перспективных пилотируемых программ (исследование Луны, Марса и т. д.). Во время полетов ПКК «Клипер» к МКС и автономных полетов могут выполняться коммерческие контракты на полеты как профессиональных, так и непрофессиональных космонавтов.

Предполагается, что в 2015–2035 годах общее число пусков системы в год составит около 12–17.

При таком объеме услуг система окупится к 2020 году (и это без учета туристических полетов).

Создание МТКС «Клипер» позволит обеспечить эффективное транспортно-техническое обслуживание и целевое использование российского сегмента МКС. При этом обеспечивается выполнение Федеральной космической программы, а также выполнение совместных с другими государствами космических программ на контрактной основе.

Весьма обширным сегментом рынка является рынок космического туризма — использование системы позволяет значительно сократить стоимость путевки и привлечь новых потенциальных клиентов.

Результаты работ по программе МТКС «Клипер» могут быть эффективно использованы в лунной, марсианской и других перспективных программах.

Улучшение технико-экономических показателей пилотируемых полетов при эксплуатации МТКС «Клипер» позволит перейти от затратной, бесприбыльной схемы работы к рентабельной программе с высокой нормой доходности. При использовании МТКС «Клипер» Россия упрочит лидирующее положение на международном космическом рынке.

Целевое использование МТКС «Клипер» обеспечит России сохранение и расширение передовых позиций в области пилотируемой космонавтики и позволит осуществить с ее помощью переход к промышленному освоению космоса.

С. В. Егоров, Е. А. Самойлов

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **ПРИВОД ПЛАНЕТОХОДА «СКОРПИОН»**

На Марсе пятый год успешно работают два марсохода — Spirit

и Opportunity, которые проводят исследования планеты. Однако их возможности имеют ограничения, что потребовало создания более совершенной конструкции.

В США и в Европе проходят исследования по разработке планетохода для Луны и Марса, который существенно отличается от имеющейся конструкции. Приведем описание создаваемого планетохода. Его движение соответствует перемещению скорпиона. Планетоход вместо колес имеет восемь ног и движется со скоростью 1,5 км/ч. Каждая нога состоит из элементов, соединенных тремя подвижными шарнирными узлами (всего их 24). Они имеют управляемые электродвигатели и механизмы, приводящие в движение элементы ног.

Тот факт, что колесо далеко не всегда является наилучшим способом передвижения в пространстве, в особенности, если речь идет о передвижении по пересеченной местности, навел инженеров на мысль создания робота, который бы передвигался не на колесах, а с помощью ног. Надо признаться, что идея как таковая особой новизной не отличается. Шагающие планетоходы в СССР и за рубежом уже разрабатывались [1]. Однако ее осуществление в реальности до последнего времени представлялось неразрешимой задачей. Дело в том, что координация движений двух, четырех, а то и восьми конечностей дело сложное и требует больших вычислительных мощностей. Однако прогресс не стоял на месте, и те проблемы, которые казались технически непреодолимыми вчера, сегодня стали решаемыми.

Главной отличительной чертой новых планетоходов является отказ от колес и использование для передвижения по поверхности ног. По мнению инженеров NASA, это облегчает перемещение аппаратов в сложных условиях, когда на поверхности встречается много препятствий, которые не преодолеть колесным планетоходам. Например, колесный аппарат может забуксовать на песке или застрять между валунами. Шагающие роботы в меньшей степени подвержены таким недостаткам. В NASA прошли испытания восьминогих роботов-скорпионов. Если инженерам удастся решить проблемы с равновесием шагающих роботов и создать эффективную систему обхода препятствий, то в будущем планетоходы-многоножки могут быть отправлены на Марс и другие планеты, чтобы продолжить дело Spirit и Opportunity [4].

Первоочередная задача — проанализировать, смогут ли подобные роботы когда-нибудь исследовать другие планеты. И учёные уже говорят, что потомки «Скорпиона» размером с собаку, способные подниматься по скалам и спускаться с утёсов, действительно пригодятся в освоении Марса.

Очень часто участки, которые представляют интерес, находятся там, куда планетоходу размером с маленький автомобиль добраться трудно или невозможно. Так что космическая наука нуждается в роботе, который может попасть на эти участки, осмотреть их и собрать образцы. Хотя роботы с ногами находятся только в начальной стадии развития, их преимущества перед колёсными аналогами уже очевидны. Правда, и нерешённых проблем предостаточно.

Шагающий робот имеет и другие преимущества перед колесным. Так, робот-скорпион может спускаться по крутым обрывам, передвигаться по пересеченной местности и протискиваться в расселины, на что не способны крупные колесные средства. Прототип робота размером с собаку является детищем Франка Кирхнера, специалиста по робототехнике из Бременского университета в Германии. Прототип робота-скорпиона проходил экспертную оценку в научно-исследовательском центре Эймса, принадлежащем NASA, в Калифорнии.

Некоторые из наиболее интересных объектов на Марсе расположены на обрывах, а также в местах, которые слишком тесны или каменисты для вездеходов размером с машину. В отличие от них, «Скорпион» может проникнуть в эти зоны, посмотреть на породы и взять образцы.

В роботе «Скорпион» восемь ног длиной 65 см. Ширина зависит от позиции ног и колеблется между 20 см и 60 см. Сам робот примерно 40 см в ширину, весом 11,5 кг, включая вес батарей. Каждая нога имеет три степени свободы. Такие соединения могут приводиться в действие двигателями 24V, 6W DC-Моторс. Каждая нога оснащена навесным элементом для уменьшения механического напряжения и для измерения в местах контакта силы комплексного линейного потенциометра. Робот может получать следующую информацию: позиция каждого соединения, сумма текущего обращения каждого двигателя, наклон в двух координатах (тангаж, крен) и нагрузка на каждую ступню. Кроме того, каждая нога оснащена компасом и передними ультразвуковыми датчиками расстояния. Для получения данных в ходе эксперимента имеется двунаправленная связь для передачи видеосигналов с видеокамеры на ПЗС и для обмена данными между роботом и внешним ноутбуком, установлен также контроль интерфейса. Такого робота можно использовать в качестве полуавтономной системы.

Для контроля оборудования на борту установлена Motorola MPC555 и XILINX FPGA Virtex E. Эти приборы используются для обработки информации и для контроля поведения системы. FPGA используется для обработки данных, поступающих от датчиков, расположенных на всех восьми ногах робота (текущая позиция каждого сустава, стопы), а также 20KHz

PID-контроля в суставах.

Существует опасность отказа работы одной или нескольких ног, а также нарушения их устойчивости. Чтобы проверить устойчивость такого планетохода, было решено провести эксперимент, в котором определялась возможность перемещения робота менее чем на восьми ногах. Предполагалось также, что возможно изменение «походки» при отказе (нарушении) работы одной из ног. Необходимо было улучшить мобильность «Скорпиона», одновременно сведя к минимуму последствия потери ноги. Цель состояла в том, чтобы робот смог самостоятельно определить вероятность отказа работы одной из ног и отреагировать соответствующим образом, без потери мобильности, что позволило бы продолжить перемещение и дальнейшие исследования с наименьшим снижением производительности — насколько это представляется возможным.

Автономность работы «Скорпиона» — условие, без которого невозможно использование робота на дальних планетах или в трудно доступных областях Земли, где ему придется самостоятельно решать проблему оптимального выбора курса. Кроме того, его компьютерный мозг должен быть достаточно мощным, ведь помимо передвижения робота в пространстве бортовому компьютеру нужно будет обеспечивать сбор и анализ информации о состоянии окружающей среды. Сенсоры, расположенные на всех восьми ногах «Скорпиона», снабжают компьютерный мозг робота необходимой для принятия решения информацией. Единственная проблема — пока что запаса энергии хватает только на полуторачасовую прогулку. Как только ученые смогут решить эту проблему, такие «членистоногие» машины, вне всякого сомнения, найдут широкое применение. «Скорпион» сможет оказывать помощь в сложных исследовательских миссиях. Робот также может использоваться и на Земле для обследования шахт и поиска выживших под завалами в результате землетрясений и других стихийных бедствий (цунами, обвалы, пожары, взрывы и т. д.) [5].

Исследуем перспективный привод ног планетохода с использованием волновой передачи.

Работа волновой передачи основана на принципе преобразования параметров движения вследствие волнового деформирования одного из звеньев. Наиболее распространены передачи с гибким цилиндрическим колесом [2, 3].

Волновые передачи по сравнению с другими зубчатыми имеют следующие преимущества: малая масса и габариты, большие передаточные числа  $i = 80 \dots 300$ , высокая кинематическая точность, малые нагрузки на валы, возможность передачи движения в герметизированное пространство и, на-

оборот, без дополнительных уплотнений. Недостатком волновой передачи является сложность изготовления податливого гибкого колеса и мелкие модули зацепления (0,2. . . 2 мм).

Малая масса, габариты и высокая точность волновой передачи достигаются благодаря наличию нескольких зон зацепления (у двухволновых) и большому числу зубьев (40 % от общего числа зубьев при нагрузке), передающих вращающий момент. Поэтому на каждый зуб действует меньшая сила и его прочность обеспечивается при малых размерах. КПД волновой передачи 0,8. . . 0,9 близок к КПД планетарных и многоступенчатых цилиндрических передач.

Генератор волн предназначен для передачи вращающего момента гибкому колесу путем его деформирования, что осуществляется кулачком.

В волновой передаче важны форма и размеры деформации гибкого колеса, а также сохранение ее при нагружении. При неправильно выбранной форме деформирования гибкого колеса резко возрастает напряжение в нем. По характеру деформации гибкого колеса, вызываемой генератором волн, различают свободную и принудительную деформации. При принудительной деформации ее форма определяется профилем кулачка генератора волн на участках их контакта с гибким колесом. При действии нагрузок, возникающих в зоне зацепления, форма деформации на этих участках изменяется мало. Свободная деформация происходит на тех участках, где перемещение гибкого колеса не ограничено. Кулачковые генераторы сохраняют заданную форму деформации гибкого колеса при нагрузке, и их используют в силовых передачах. Окружные напряжения изгиба гибкого колеса зависят от угла  $\beta$ . При  $\beta = 25^\circ$  напряжения минимальны, а при  $\beta > 35^\circ$  они резко возрастают. В этих передачах используются гибкие подшипники с меньшей толщиной колец и особой конструкцией сепаратора.

Основными причинами выхода из строя волновых передач, связанными с их прочностью, являются усталостные разрушения гибких колес и гибких подшипников у кулачковых генераторов волн. Закрепление генератора волн на валу может быть подвижное или глухое. Подвижные соединения обеспечиваются с помощью упругих элементов из резины или шлицевых, шарнирных и других соединений. В такой конструкции силы, действующие на вал генератора волн, уравниваются, и нагрузки на него малы. При глухом соединении нагрузка на вал увеличивается и предъявляются повышенные требования к точности изготовления.

В нашей конструкции привода шарнира ноги планетохода используется (рис. 1) волновая передача с кулачковым генератором волн  $I$  с гибким

подшипником 2, который соединен с помощью вала с осью электродвигателя 3. Гибкое колесо 4 закреплено и зафиксировано на фланце двигателя постоянного тока. Оно изготовлено в виде стакана с фланцем. Зубчатый венец на гибком колесе нарезан снаружи в середине стакана. Стенка стакана имеет малую толщину, что позволяет ему легко деформироваться при воздействии вставленного внутрь генератора волн. При вращении генератора волн происходит перемещение деформации по окружности гибкого колеса. Любая точка цилиндрической поверхности гибкого колеса перемещается и совершает два колебания. При деформировании гибкого колеса оно находится в зацеплении с жестким колесом 5 в двух зонах, а при вращении генератора волн происходит поворот жесткого колеса. В волновой передаче в одновременном зацеплении находится до 40 % всех зубьев.

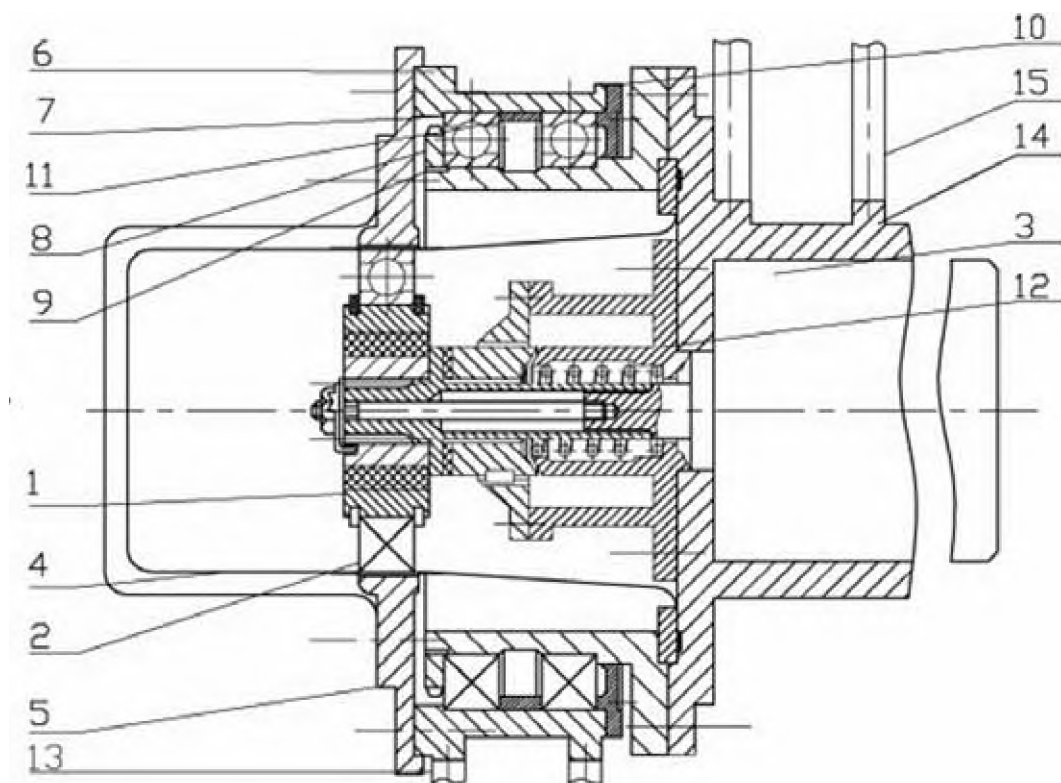


Рис. 1. Шарнирный «привод» марсохода «Скорпион»

Жесткое колесо закрепляется на ступице 6, соединенной со звеном ноги 13. С другой стороны, звено ноги 15 соединяется с фланцем 14. Ступица вращается на подшипниках 7, установленных на полуоси. Во избежание попадания инородных тел в полость подшипника, произведено уплотнение. Оно осуществляется с помощью крышки с резиновым уплотнительным кольцом. Для того, чтобы исключить перемещение подшипников в горизонтальном направлении, предусмотрены распорная втулка 11, гайки 10 и 8. Стопорение гайки 8 осуществляется с помощью винта 9.

Механизм снабжен фрикционным тормозом 12, который приводится

в движение за счет электромагнита со стальным сердечником, включаемого системой управления. При подаче напряжения на катушку электромагнита тормоз выключается и одновременно включается электродвигатель, который приводит во вращение вал генератора волн передачи. Все детали привода выполнены из материалов с высокой удельной прочностью (КМ, стали, титановых, алюминиевых и магниевых сплавов), что обеспечивает высокую надежность конструкции при минимальной массе. Контактные поверхности зубьев стального гибкого колеса подвергаются поверхностному упрочнению с использованием ионного азотирования.

Детали конструкции: вал, гайки, ступица, полуось изготовлены из титана ВТ16, а корпусные детали — из магниево-литиевого сплава ИМВЗ. Материал гибкого колеса — улучшенная сталь марки 38ХМЮА (НВ 320,  $\sigma_{-1} = 450$  МПа,  $\sigma_T = 380$  МПа,  $KCU = 80$  Дж/см<sup>2</sup>).

Во внутренней, герметичной, полости редуктора используется пластичный смазочный материал ЦИАТИМ–221 ГОСТ 9433-80. В неполностью герметизированной зубчатой передаче и подшипниках используется вакуумный смазочный материал ВНИИНП–284 ГОСТ 19337-73.

Предложенный вариант привода ноги планетохода «Скорпион» обладает высокой надежностью и имеет минимальную массу за счет применения волновой передачи и использования деталей оптимальной формы из материалов с высокой удельной прочностью.

Предлагаемая конструкция унифицированного шарнира может применяться при создании шагающих роботов для обеспечения их подвижности. Целесообразно «Скорпион» использовать в тандеме с обычными колесными роботами, которые доставят его до границы труднодоступной местности, где шагающий робот смог бы приступить к выполнению своей работы [4].

#### Библиографический список

1. Кемурджиан А. Л., Громов В. З., Кажукало И. Ф. и др. Планетоходы. — М.: Машиностроение, 1982.
2. Самойлов Е. А., Чуркина Т. Ю. Волновые передачи летательных аппаратов: Учебное пособие — М.: Изд-во МАИ, 2007.
3. Рощин Г. И., Самойлов Е. А., Алексеева Н. А. и др. Детали машин и основы конструирования. — М.: Дрофа, 2006.
4. Робот-скорпион будет завоевывать новые миры. По материалам Инопресса. Джессика Эберт, Nature, 13.02.2005.
5. Dirk Spennberg, Kevin McCullough, Frank Kirchner. Stability of Walking in a Multilegged Robot Suffering Leg Loss.

## **КОНСТРУКЦИЯ НОГ МАРСОХОДА «СКОРПИОН»**

1 ноября 1962 года был впервые запущен к Марсу космический корабль. Это был советский корабль «Марс-1», который предназначался для исследования Марса при близком полете. Полет дал новые данные о физических свойствах космического пространства между орбитами Земли и Марса, об интенсивности космического излучения, напряженности магнитных полей Земли и межпланетной среды, о потоках ионизированного газа, идущего от Солнца, о распределении метеоритного вещества. В 1965 году запущен американский корабль «Маринер-4». Затем летали к Марсу «Маринер-9», «Марс-2», «Марс-3», существенно отличавшиеся по конструкции от «Марс-1», 19 и 28 мая 1971 года, и т. д. В 1976 году на поверхность красной планеты «приземлились» два «Викинга». И наконец 8 июля 2003 года состоялся запуск РН Delta 2 с автоматической межпланетной станцией MER-1, названной Opportunity. Это робот-геолог, оснащенный аппаратурой для анализа состава марсианских пород в радиусе нескольких сотен метров. Общая цель миссии — выяснить историю воды на Марсе и её роль в геологии и климате планеты. Однако возможности Opportunity имеют ограничения, что потребовало создания более совершенной конструкции. На сегодняшний день как американские, так и российские ученые готовят новые устройства для исследования этой планеты.

В ряду основных факторов, определяющих возможность, целесообразность и эффективность использования планетоходов, стоят климатические, физические условия на поверхности планеты или её спутников, а также строение, рельеф и физико-механические свойства верхних слоев грунта. Поэтому такая информация является основополагающей при оценке возможности передвижения при разработке планетоходов.

На Марсе существует атмосфера: давление атмосферы у поверхности 5–6 гПа, температура у поверхности 153–300 К. Состав атмосферы: углекислый газ — 95 %, кислород — 0,1–0,4 %, азот — 2–3 %. Также отмечено наличие сезонных изменений, скорость ветра у поверхности 40–100 м/с, характерна метеоритная бомбардировка и образование льда.

Передвижение планетохода осуществляется по поверхностному слою грунта. От свойств грунта, рельефа поверхности зависят проходимость планетохода, то есть наиболее важные его параметры, которые в конечном счете определяют целесообразность использования планетохода как транс-



портного средства. В большей степени на планетоход оказывают влияние механические и климатические воздействия.

Необходимо обеспечить прочность при механических воздействиях, связанных с эксплуатацией и транспортировкой, включающих в себя нагрузки, вибрации, удары, которые могут привести к разрушению деталей агрегатов механических узлов. Что касается стойкости к изменению температуры, то необходимо использовать материалы, сохраняющие свои механические характеристики. В процессе эксплуатации планетоходов на поверхности планет на них и на их элементы могут действовать высокие и низкие температуры. Низкие приводят к хладоломкости: материал и сварные швы при понижении температуры становятся хрупкими и легко разрушаются при циклическом и ударном нагружении. На работу машин также может оказывать влияние давление. Элементы машин, работающие в вакууме, должны удовлетворять требованию стойкости к низкому давлению. Низкое давление сильно влияет в основном на неметаллические материалы, когда в вакууме происходит сублимация их компонентов. Загрязнение деталей передачи пылью, песком и другими твердыми частицами существенно увеличивает износ трущихся частей, который, в свою очередь, приводит к потере точности приводов и увеличению динамических нагрузок, а иногда и к поломкам, особенно при длительной эксплуатации.

В настоящее время в МАИ студенты занимаются разработкой механизмов, приводящих в движение шагающий марсоход.

Марсоход представляет собой автоматически управляемый с Земли самоходный аппарат, состоящий из двух основных частей: герметичного приборного отсека с аппаратурой и нескольких пар ног. Приборный отсек служит для размещения аппаратуры бортовых систем марсохода и защиты от воздействия внешней среды в условиях космоса. Конструкция ног марсохода должна отвечать следующим требованиям.

1. Высокая надежность работы отдельных узлов и деталей.
2. Малая масса по сравнению с массой перевозимого груза, что определяется применяемыми материалами (титан, алюминиевые и магниевые сплавы, композиционные материалы); оптимальность форм деталей и узлов.
3. Высокая проходимость при малом электропотреблении, обусловленная конструкцией марсохода типа «Скорпион».

В конструкции ноги марсохода применен электродвигатель постоянного тока с тормозным устройством. Данный тип двигателя характеризуется простотой и надежностью, малой массой и высоким КПД. Использует-

ся волновая передача, имеющая лучшие технические характеристики по сравнению с другими:

- 1) относительно малая масса (отношение массы к вращающему моменту на выходе);
- 2) большое передаточное число;
- 3) обеспечение герметичности гибкого колеса и двигателя, что увеличивает ресурс его работы.

Рассмотрим схему марсохода, имеющего восемь ног. Каждая нога имеет три шарнира (рис. 1). Они имеют управляемые электродвигатели и механизмы, которые приводят в движение элементы ног. Шарнир 1ш обеспечивает поворот относительно вертикальной оси на угол  $\phi$ , а шарниры 2ш и 3ш — относительно горизонтальных осей. Ноги последовательно перемещаются. Возможны несколько вариантов их движения. Один вариант: в начале цикла четыре ноги (1а, 1б, 3а, 3б), опираясь на грунт, поворачиваются на угол  $\phi$  и перемещают корпус планетохода, а другие четыре (2а, 2б, 4а, 4б) не касаются грунта и движутся в положении, необходимом для выполнения следующего движения (1а). В конце цикла они закрепляются на грунте, а остальные ноги поднимаются вверх. В начале следующего этапа цикла четыре ноги (2а, 2б, 4а, 4б), опираясь на грунт, поворачиваются на угол  $\phi$  и перемещают корпус планетохода, а другие четыре (1а, 1б, 3а, 3б) не касаются грунта и движутся в исходное положение (1б). В завершении цикла они закрепляются на грунте, а другие ноги поднимаются вверх. Далее цикл повторяется. В другом варианте поочередно перемещаются все ноги, а затем выполняется перемещение корпуса марсохода. Возможны и другие варианты.

Циклограмма нагружения ног при движении марсохода приведена на рис. 2.

При разработке конструкции ноги марсохода можно провести аналогию с человеческой ногой (рис. 3).

Нога состоит из бедра (а), голени (б) и суставов (шарниров) — тазобедренного (в) и коленного (г). Суставы (г) имеют одну (1), а (в) — две (2, 3) степени подвижности. К корпусу планетохода (д) нога присоединяется с помощью устройства аварийной разблокировки.

Расчет скорости передвижения марсохода (угол  $\phi$  — угол поворота ноги, рис. 4):

$v = K \cdot N \cdot S$  — скорость передвижения марсохода;

$K = 0,9$  — учитывает неравномерность приложения момента к ноге;

$N = n_{\text{вых}} \cdot 2\pi / 2\phi$  — количество движений плеча двух пар ног марсохода;

$S = 2R \cdot \sin \phi$  — шаг марсохода.

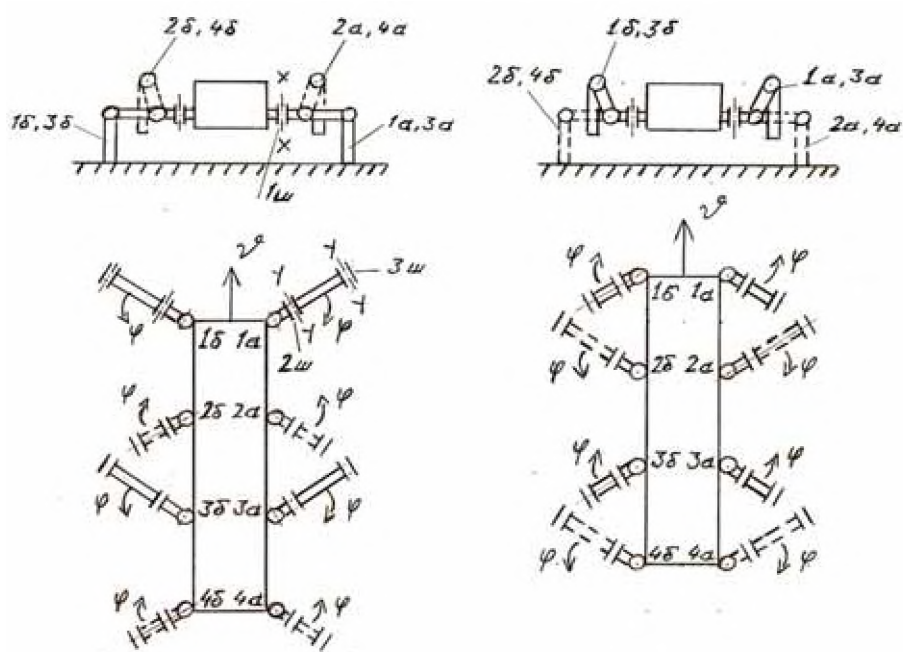


Рис. 1. Схема движения ног марсохода

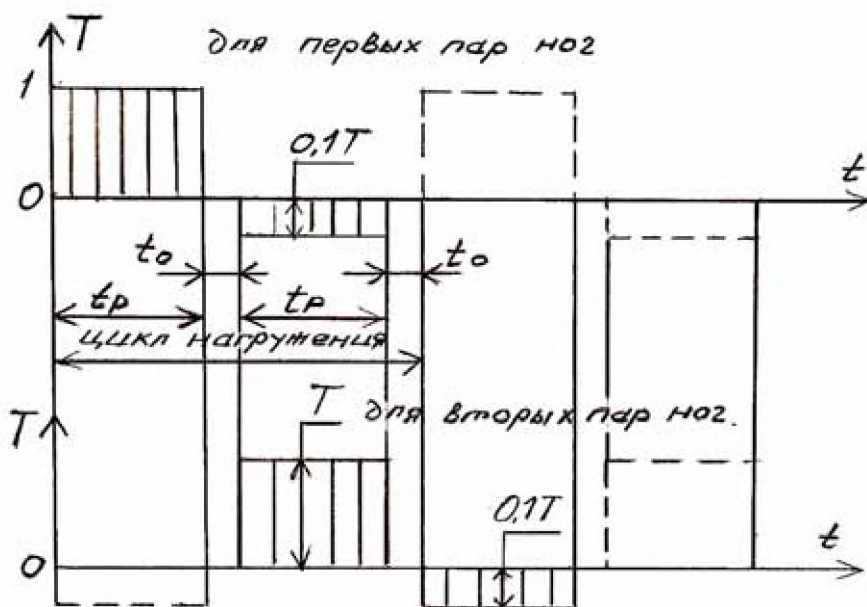


Рис. 2. Циклограмма нагружения

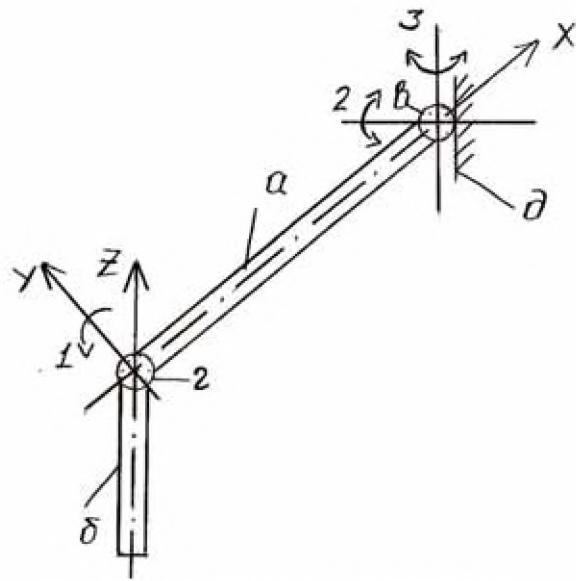


Рис. 3. Схема ноги марсохода

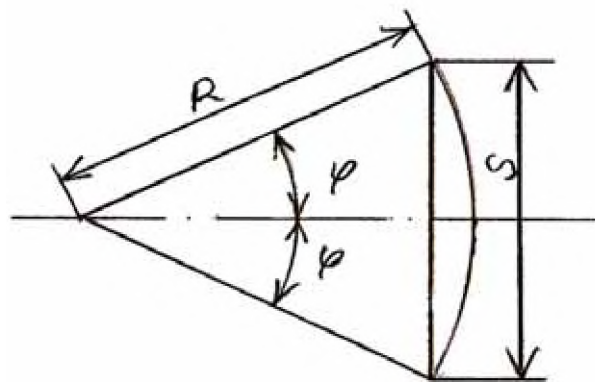


Рис. 4. Схема движения ноги марсохода

Для повышения надежности марсохода используется специальное устройство аварийной разблокировки. Аналогичные устройства были установлены на луноходах, которые в аварийной ситуации проводили разблокировку и ведущее колесо становилось ведомым. Это обеспечивало возможность дальнейшей работы лунохода. Отсутствие указанного устройства может привести к срыву программы исследований и миллиардным потерям затраченных средств. На разрабатываемом марсоходе также предусмотрено устройство для случая выхода из строя ноги. Это устройство позволяет с помощью замка-толкателя отделить неработающую ногу от корпуса и отстрелить её.

Замок-толкатель приведен на рис. 5.

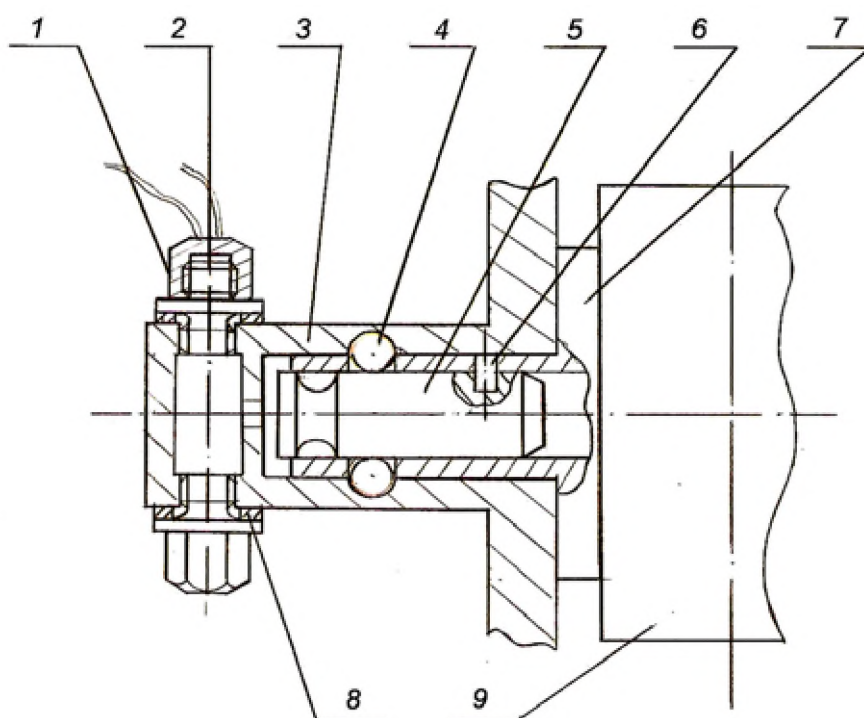


Рис. 5. Замок-толкатель

На рисунке: 1 — накидная гайка с колодками контактного ввода; 2 — пиропатрон; 3 — корпус; 4 — шарик; 5 — поршень; 6 — (срезной) штифт; 7 — втулка; 8 — уплотнительная прокладка; 9 — нога марсохода.

Под действием газов от пиропатрона 2 вначале срезается стопорный штифт 6 и перемещается поршень 5 так, что проточка на нем устанавливается под шариками 4. Они заполняют проточку, и детали 3 и 7 разделяются. Далее поршень 5 давит на ногу и отстреливает её.

После срабатывания замка-толкателя порядок движения ног изменится, но марсоход даже без нескольких ног сможет передвигаться, но медленнее. Благодаря устройству разблокировки конструкция имеет по сравнению с другими конструкциями повышенную надежность.

В перспективе указанный марсоход возможно использовать и на других планетах: Луне, спутнике Сатурна Титане, спутнике Юпитера Европе.

#### Библиографический список

1. Космонавтика: Энциклопедия. — М.: Сов. Энциклопедия, 1985.
2. Лисов И. Новые роверы отправились на Марс // Новости космонавтики. 2003. № 8. С. 22–27.

В. В. Грачев, А. К. Жуковский, Н. Н. Маркин, С. П. Прядко

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СНИЖЕНИЯ И ПОДЪЕМА КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОСМИЧЕСКОГО ЛИФТА**

Рассматривается низковысотный космический лифт (рис. 1). Его конструкция включает орбитальную станцию, нижний терминал, выполняющий функции отвеса, и клаймбер-фуникулер. Орбитальная станция и терминал соединены тросом длиной 100 км. В качестве прототипа для клаймбера-фуникулера выбран агрегатный отсек космического корабля Клипер. Космический корабль включает спускаемый аппарат массой 9800 кг и агрегатный отсек массой 4700 кг, на котором установлена система перемещения вдоль троса. Спускаемый аппарат используется для доставки на орбиту и возвращения на Землю экипажа и грузов. Агрегатный отсек используется для перемещения спускаемого аппарата вдоль троса, стыковки с орбитальной станцией и нижним терминалом. В случае обрыва троса агрегатный отсек обеспечивает возвращение на Землю спускаемого аппарата.

**Ставится задача** исследования параметров космического лифта и анализ параметров движения на этапах подъема и спуска целевой нагрузки.

**1. Анализ параметров космического лифта.** Движение центра масс тросовой связки по круговой орбите определяется из условия балансировки силы притяжения и центробежной силы [1]:

$$mg_0 \left( \frac{R_3}{R_3 + H_0} \right)^2 = m\omega_0^2 (R_3 + H_0), \quad (1)$$



Рис. 1. Схема низковысотного космического лифта

где  $g_0$  — ускорение свободного падения на уровне моря;  $\omega_0$  — угловая скорость орбитального движения;  $R_3$  — средний радиус Земли;  $H_0$  — высота круговой орбиты. Угловая скорость кругового орбитального движения вычисляется по формуле  $\omega_0 = \sqrt{\mu(R_3 + H_0)^{-3}}$ , где  $\mu$  — гравитационная постоянная Земли.

В зависимости от расстояния вдоль местной вертикали  $\Delta H$  до центра масс тросовой связки на клаймбер-фуникулер действует сила микрогравитации  $F_{МГ}$ , равная разности силы притяжения  $F_g$  и центробежной силы  $F_\omega$ :

$$F_{МГ} = F_g - F_\omega = m_{ТК} \left\{ g_0 \left( \frac{R_3}{R_3 + H_0 + \Delta H} \right)^2 - \omega_0^2 (R_3 + H_0 + \Delta H) \right\}. \quad (2)$$

Сила микрогравитации направлена вдоль местной вертикали. При отсутствии силы трения разность силы притяжения и центробежной силы разгоняет клаймбер-фуникулер до скорости  $V_{yk} \approx \sqrt{3}\omega_0 \Delta H$  в направлении Земли. При отделении от троса горизонтальная составляющая скорости в орбитальной системе координат будет на величину  $V_{xk} = \omega_0 \Delta H$  меньше значения скорости, потребной для кругового орбитального движения.

Зависимости горизонтальной  $V_{xk}$  и вертикальной  $V_{yk}$  составляющих скорости в орбитальной системе координат от перемещения клаймбера-фуникулера по вертикали  $\Delta H$  представлены на рис. 2 и 3.

После отделения от троса на удалении  $\Delta H_k$  от верхнего терминала по вертикали под действием силы микрогравитации спускаемый аппарат начнет движение по переходному эллипсу с высотой перигея орбиты  $\Delta H_n \approx H_0 + 2(2 + \sqrt{3}) \Delta H_k$ . Зависимость высоты перицентра орбиты от перемещения по вертикали  $\Delta H_k$  представлена на рис. 4. На рис. 5 представлена зависимость силы натяжения от длины троса при использовании нижнего терминала массой 50 т и фуникулера с грузом общей массой 14,5 т.

**2. Моделирование динамики космического лифта.** Модель космического лифта рассматривается как система твердых тел, связанных упругим

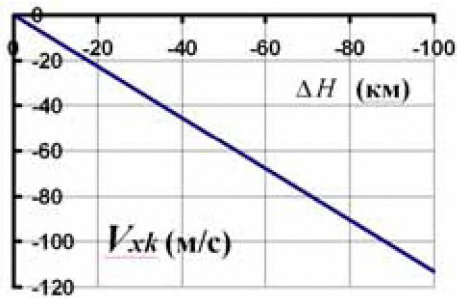


Рис. 2. Горизонтальная составляющая скорости в орбитальной системе координат

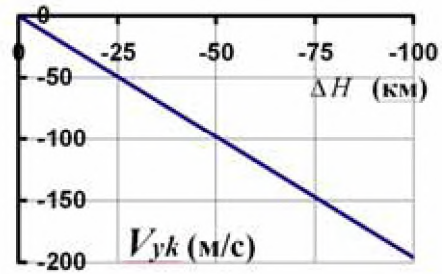


Рис. 3. Зависимость вертикальной составляющей скорости от перемещения по вертикали

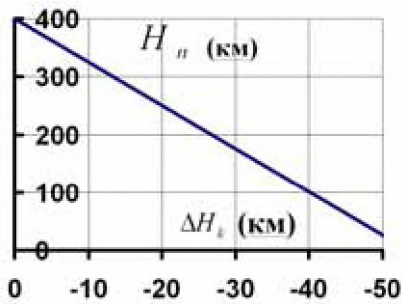


Рис. 4. Зависимость высоты перигея от перемещения по вертикали

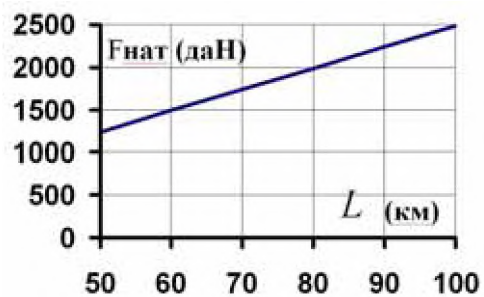


Рис. 5. Зависимость силы натяжения от длины троса



тросом [2]. Динамика движения орбитальной станции ( $i = 1$ ), клаймбера-фуникулера ( $i = 2$ ) и нижнего терминала ( $i = 3$ ) описываются системой линеаризованных уравнений в орбитальной системе координат [1]:

$$\begin{aligned}\dot{V}_{xi} &= 2V_{yi}\omega_o + \frac{1}{m_i}(F_{xi} + R_{xi}), \\ \dot{V}_{yi} &= -2V_{xi}\omega_o + 3\omega_o^2 y_i + \frac{1}{m_i}(F_{yi} + R_{yi}), \\ \dot{x}_i &= V_{xi}, \\ \dot{y}_i &= V_{yi},\end{aligned}\quad (3)$$

где  $x_i, y_i, z_i$  — координаты центра масс  $i$ -го аппарата в орбитальной системе координат;  $F_{xi}, F_{yi}, F_{zi}$  — проекции приведенных к центру масс внешних сил;  $R_{xi}, R_{yi}, R_{zi}$  — сумма проекций сил реакций, действующих со стороны присоединенных тел;  $m_i$  — масса  $i$ -го аппарата;  $\omega_o$  — угловая скорость кругового орбитального движения центра масс тросовой связки.

Величина силы натяжения определяется в случае растяжения троса по закону Гука:

$$F_{НАТ} = \begin{cases} -k_{\text{упр}} \left( \frac{l_t - L_t}{l_t} \right), & \frac{l_t - L_t}{l_t} \leq 0, \\ 0, & \frac{l_t - L_t}{l_t} > 0. \end{cases}\quad (4)$$

Регулирование силы, создаваемой приводом, определяется по линейному закону с ограничением максимального усилия:

$$F_T = \begin{cases} \mu(K_L L_t + K_V V_t - 3L_K) & \text{при } \mu(K_L L_t + K_V V_t - 3L_K) \leq F_{\text{max}} \\ F_{\text{max}} & \text{при } \mu(K_L L_t + K_V V_t - 3L_K) > F_{\text{max}} \end{cases}, \quad (5)$$

где  $\mu = m_K \omega_0^2$ ;  $K_L = 6$  — коэффициент усиления по длине развернутой части троса  $L_t$ ;  $K_V = 9/\omega_0$  — коэффициент усиления по скорости;  $m_K$  — масса клаймбера-фуникулера с целевой нагрузкой.

**3. Анализ динамики спускаемого аппарата.** Разгон клаймбера-фуникулера вдоль троса осуществляется гравитационной силой. Для определения граничных условий отделения спускаемого корабля уравнения свободного движения интегрировались в орбитальной системе координат и в земной системе координат. Результаты интегрирования уравнений движения спускаемого корабля после отделения от троса представлены на рис. 6 в орбитальной системе координат, связанной с орбитальной станцией. Траектория полета с участком планирования в земной связанной системе координат представлена на рис. 7 [3].

**4. Анализ динамики клаймбера при торможении на этапе снижения и при подъеме на орбитальную станцию.** Клаймбер-фуникулер при эксплуатации космического лифта осуществляет спуск вдоль троса космического корабля, торможение для стыковки с нижним терминалом и подъ-

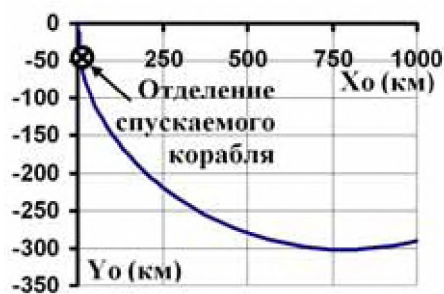


Рис. 6. Траектория спускаемого корабля в орбитальной системе осей

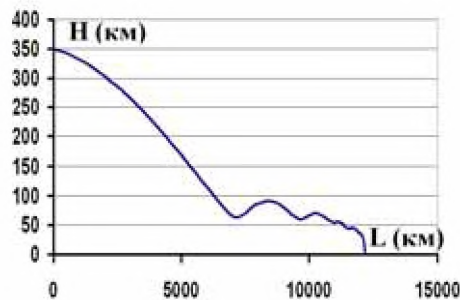
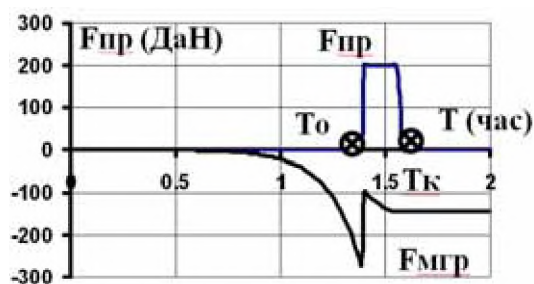
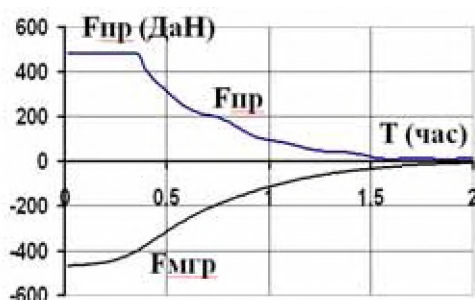


Рис. 7. Траектория полета спускаемого корабля в земной системе координат

ем на орбитальную станцию целевых грузов. На рис. 8, а представлены результаты расчета силы микрогравитации и потребной силы привода для спуска с орбитальной станции клаймбера-фуникулера с космическим кораблем общей массой 14500 кг и торможения клаймбера-фуникулера массой 4700 кг после отделения целевой нагрузки. Расчет силы микрогравитации и потребной силы привода для подъема с нижнего терминала клаймбера-фуникулера с космическим кораблем общей массой 14500 кг представлено на рис. 8, б. Для эксплуатации космического лифта достаточно использования привода, развивающего усилие 480 ДаН.



а)



б)

Рис. 8. Зависимость сил микрогравитации  $F_{мгр}$  и силы привода  $F_{пр}$  от времени на этапе спуска и этапе подъема

Интегрирование уравнений движения использовано для определения траекторий движения клаймбера-фуникулера на этапах снижения от верхнего терминала к нижнему и подъема целевой нагрузки (рис. 9). В момент  $T_0$  происходит отделение целевой нагрузки и начинается торможение клаймбера-фуникулера, в момент  $T_k$  торможение заканчивается.

При построении траекторий и конфигураций тросовой связки на рис. 10 ось  $OX$  со связанной орбитальной системы координат направлена в сторону, противоположную вектору скорости орбитальной станции. Зависимости расстояния по вертикали клаймбера-фуникулера от времени

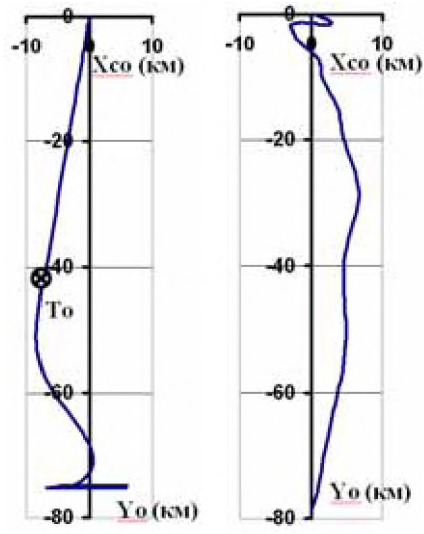


Рис. 9. Траектории фуникулера на этапе спуска и этапе подъёма

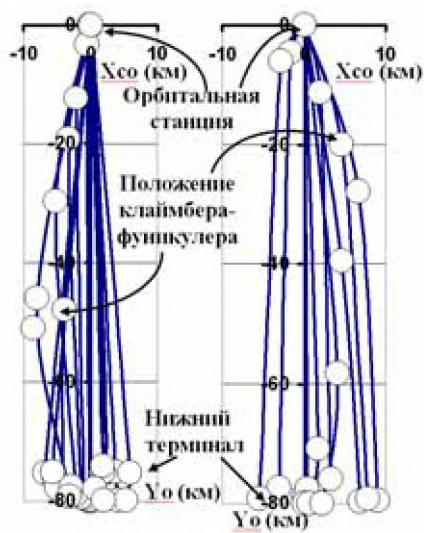


Рис. 10. Конфигурации тросовой связки на этапе спуска и этапе подъёма

для этапов спуска и подъема представлены на рис. 11.

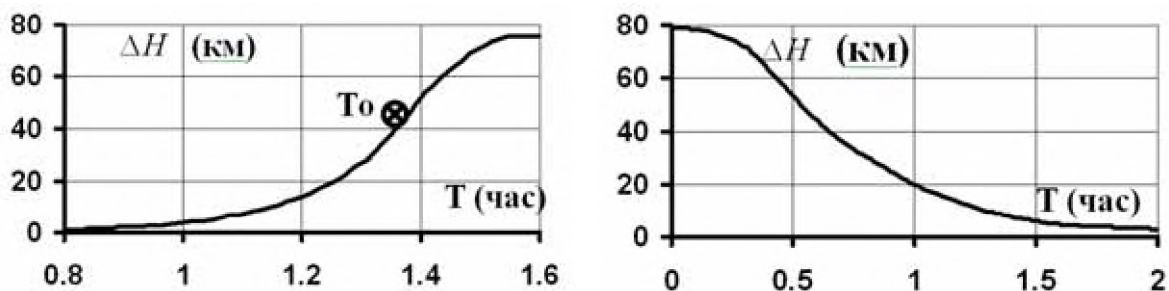


Рис. 11. Перемещение по вертикали клаймбера-фуникулера от времени на этапе спуска и этапе подъёма

Анализ затрат времени на перемещение по вертикали показывает, что время переходного процесса не превышает 1,6 часа. Для демпфирования колебаний тросовой связки и плавного причаливания к нижнему и верхнему терминалам необходимы затраты времени, превосходящие время переходного процесса не менее чем в три раза.

**5. Анализ динамики нижнего терминала.** Тросовая связка включает верхний терминал массой 1000 тонн, нижний терминал массой 50 тонн и подвижный клаймбер-фуникулер с общей массой 14,5 тонн. Нижний терминал обеспечивает натяжение троса, устойчивость тросовой связки в гравитационном поле Земли, а в случае обрыва троса используется для стыковки с верхним терминалом для развертывания резервного троса. При спуске и подъеме клаймбера-фуникулера на нижний терминал действует сила натяжения троса, вертикальная и горизонтальная составляющие которой изменяются по времени. На основе интегрирования уравнений движения определены траектории движения нижнего терминала относительно расчетного положения в орбитальной системе координат.

На рис. 12 представлены относительные перемещения нижнего терминала при спуске и подъеме клаймбера-фуникулера. Перемещения нижнего терминала не превышают 10 км вдоль местной вертикали и горизонтали относительно расчетного положения.

Анализ полученных результатов показывает, что использование космического лифта для спуска с орбиты высотой 400 км космического корабля массой 14,5 тонн обеспечивается при длине троса 80 км.

#### Библиографический список

1. Белецкий В. В., Левин Е. М. Динамика космических тросовых систем. — М.: Наука, 1990.
2. Маркин Н. Н. Проектный анализ космической тросовой системы методом конечных элементов // XVIII Научные чтения по космонавтике, посвященные памяти

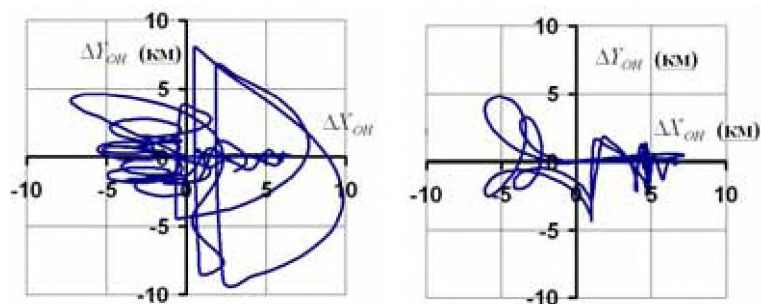


Рис. 12. Траектории движения нижнего терминала при спуске и подъёме клаймбера-фуникулера

академика С. П. Королева. — М., 1994.

3. Андреевский В. В. Динамика спуска космических аппаратов на Землю. — М.: Машиностроение, 1970.

Н. Н. Маркин, М. С. Чистов, Е. В. Шорина, А. В. Щукин

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА

Рассматривается маневрирование самолета в зоне аэродрома между точкой входа  $S_0$  и контрольной точкой  $S_K$  на оси взлетно-посадочной полосы (рис. 1).

При выполнении маневра скорость подхода, скорость круга в зоне ожидания и посадочная скорость зависят от летно-технических характеристик самолета. В табл. 1 приведены эксплуатационные приборные скорости трех самолетов гражданской авиации на разных этапах захода на посадку.

Таблица 1

*Эксплуатационные скорости при заходе на посадку (в км/ч)*

Тип самолета	Скорость подхода	Скорость круга	Посадочная скорость
Як-40	450–400	300–250	220–210
Ил-86	613–450	400–320	260–250
Ил-62	770–500	400–320	280–255

Ставится задача выбора маневра и управления боковым движением для прибытия самолета в контрольную точку над обрезаем ВПП в точно установленное время.

**1. Исследование траекторий маневрирования.** Управление временем прибытия осуществляется выбором протяженности траектории при заданной средней скорости полета в зоне маневрирования. Полет из точки начала маневра  $S_0$  в точку  $S_K$  на оси ВПП возможен по прямой под углом  $\beta$

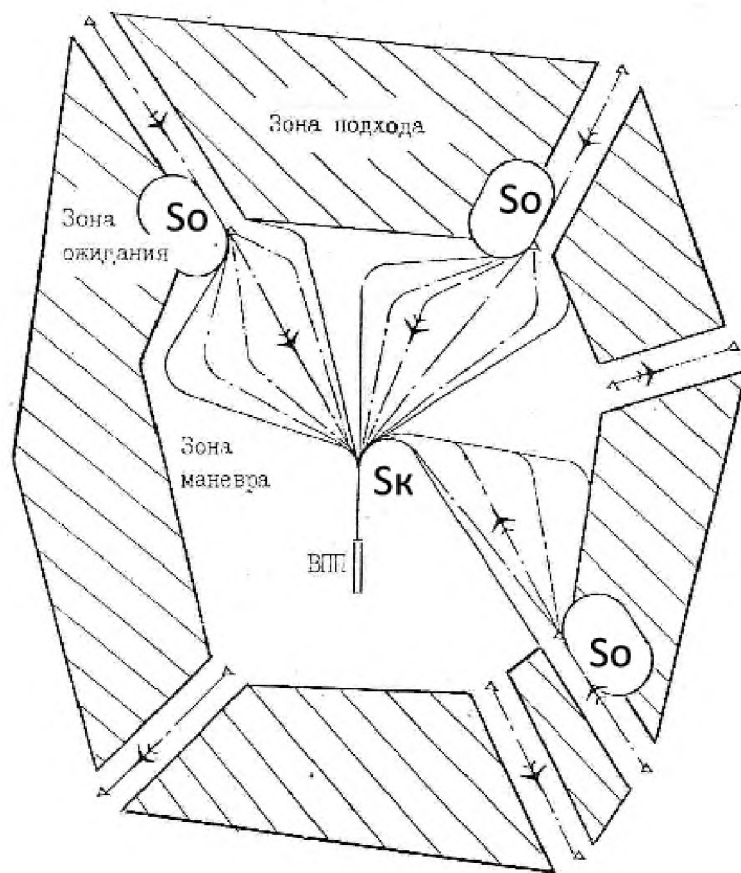


Рис. 1. Структура зоны аэродрома

к оси ВПП и по сопряженным отрезкам от начальной точки  $S_o$  к промежуточной  $S_{II}$  и из промежуточной точки  $S_{II}$  в конечную точку  $S_k$  (рис. 2).

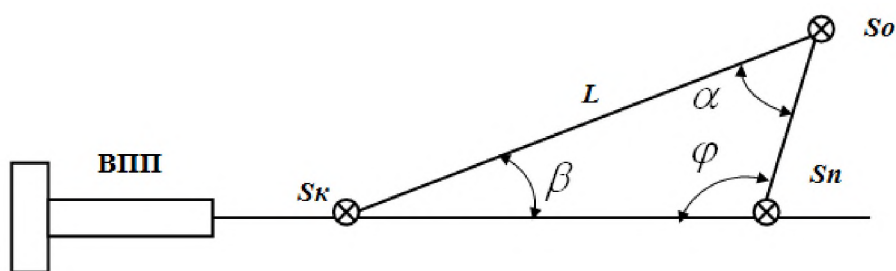


Рис. 2. Изменение протяженности всевозможных траекторий

Зависимость соотношения между максимальной и минимальной дальностью полета от угла разворота  $\alpha$  при расчетном значении угла  $\varphi = 0,5\pi$  представлена на рис. 3.

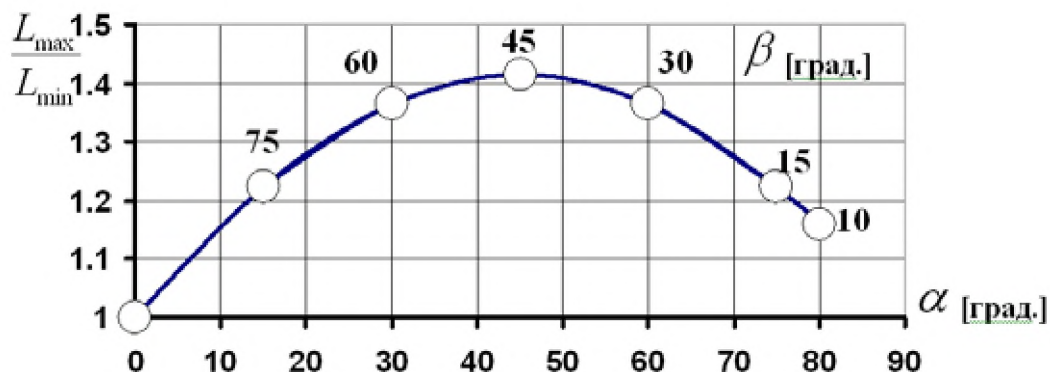


Рис. 3. Относительное увеличение протяженности всевозможных траекторий от угла разворота  $\alpha$  при значении угла  $\varphi = 90^\circ$

Для современных самолетов скорость  $V_{ман}$  маневрирования на этапе захода на посадку лежит на интервале от 250 до 400 км/ч. В этом случае радиус предпосадочного маневрирования определяется по формуле

$$R_B = \frac{V_{ман}^2}{g \cdot \operatorname{tg} \gamma_{ман}}, \quad (1)$$

где угол крена при маневрировании ограничен величиной  $\gamma_{ман} \leq 20^\circ$ . Минимальная дистанция до контрольной точки ВПП определяется по формуле  $D_{min} = 3\sqrt{2}R_B$ . При скорости 250 км/ч дальность начала маневра должна быть не менее 6 км и при скорости 400 км/ч — не менее 10,5 км. Время выхода на контрольную точку ВПП зависит от соотношения протяженности траектории и скорости маневрирования. Выбираем в качестве опорной траектории расчетный угол подхода к оси ВПП  $\varphi = 77,5$  градуса. В этом случае выбор угла подхода к оси ВПП  $\varphi$  позволяет изменять время прохода контрольной точки на величину  $\Delta T_M$  (рис. 4).

Выбранная схема маневра позволяет изменять время прохождения кон-



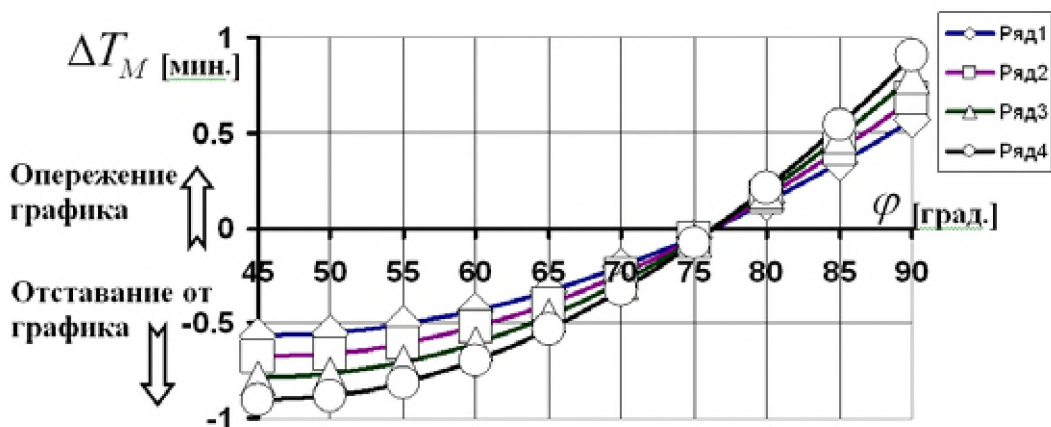


Рис. 4. Зависимость резерва времени прохождения контрольной точки от угла подхода к оси ВПП  $\varphi$  для скоростей маневрирования: 1 — 250 км/ч, 2 — 300 км/ч, 3 — 350 км/ч, 4 — 400 км/ч

контрольной точки в диапазоне  $\pm 1$  минуты при скорости 250 км/ч и в диапазоне  $\pm 0,6$  минуты при скорости 400 км/ч относительно времени полета при угле подхода к оси ВПП  $\varphi = 77,5$  градуса.

**2. Синтез автомата управления углом пути и заданной линией пути.** Рассматривается синтез системы автоматического управления самолетом для полета по маршруту, состоящему из двух отрезков ортодромий, сопрягающихся друг с другом под заданным углом [1].

Для решения задачи в основном канале — канале элеронов — создаются обратные связи по угловой скорости крена  $\omega_x$ , углу крена  $\gamma$ , отклонению от заданного угла пути  $\varphi$  и отклонению от заданной линии пути  $\Delta Z$ . Алгоритм управления элеронами по угловой скорости  $\omega_x$ , углу крена  $\gamma$  и отклонению от заданной линии пути  $\Delta Z$  имеет вид

$$\Delta \tilde{\delta}_y = K_\gamma (\Delta \tilde{\gamma}_{\text{зад}} - \Delta \gamma) - K_{\omega_x} \Delta \omega_x \quad (2)$$

при  $\Delta \tilde{\gamma}_{\text{зад}} = -R_z(p)(\Delta z_{\text{зад}} - \Delta z)$ . Здесь  $R_z(p)$  — оператор управления линией пути.

В канале руля направления для работы автомата пути создаются обратные связи по угловой скорости  $\omega_y$  и поперечной перегрузке  $n_z$ :

$$\Delta \tilde{\delta}_H = -K_{n_z}^* \Delta n_z - K_{\omega_y} \Delta \omega_y \quad (3)$$

при  $n_{z\text{зад}} = 0$ .

Коэффициенты усиления вычисляются в зависимости от скоростного напора. Для автомата пути по заданным запасам устойчивости выбраны коэффициенты усиления демпфера рысканья  $K_{\omega_y}$  и автомата устойчивости  $K_{n_z}^*$  (рис. 5). Время переходного процесса в канале направления составляет 3,2 с (рис. 6).

Для канала крена выполнен расчет демпфера крена и автомата устойчивости угла крена. Выбранные коэффициенты усиления по угловой скорости



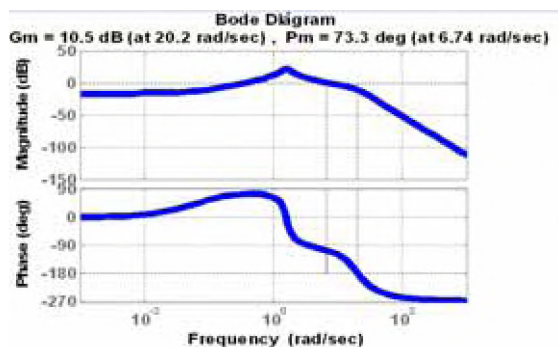


Рис. 5. Запасы устойчивости в канале руля направления

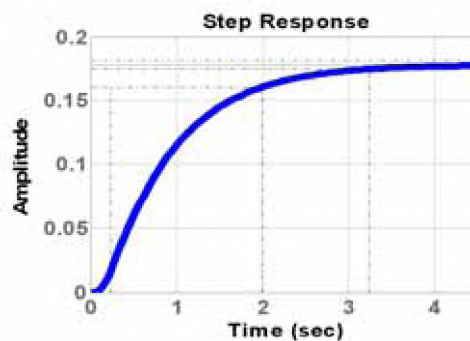


Рис. 6. Переходный процесс в канале руля направления

сти  $K_\gamma K_\omega$  и углу крена  $K_\gamma K_\omega$  обеспечивают необходимые запасы устойчивости (рис. 7) и требуемое время переходного процесса (рис. 8) при маневрировании.

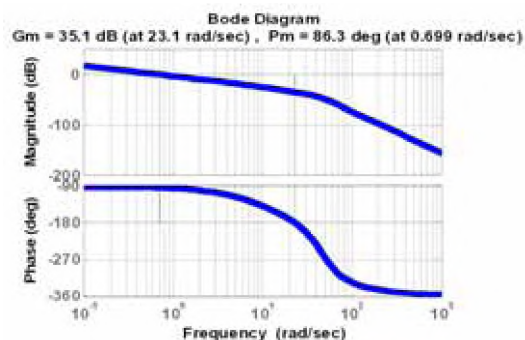


Рис. 7. Запасы устойчивости по амплитуде и по фазе контура управления углом крена

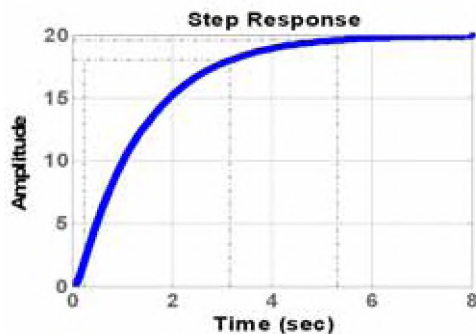


Рис. 8. Переходный процесс по углу крена. Время переходного процесса по углу крена составляет 5,2 с

Для управления самолетом в зоне аэродрома синтезированы контура управления углом пути и заданной линией пути. Значения запасов устойчивости для контуров управления углом пути и линией пути представлены на рис. 9.

Время переходного процесса при управлении углом пути составляет 9,5 с (рис. 10) и при управлении по линии пути — 20 с (рис. 11).

**3. Моделирование динамики бокового движения при маневрировании в зоне аэродрома на этапе захода на посадку.** Боковое движение при заходе на посадку моделировалось с использованием нелинейных уравнений движения с учетом работы системы управления движением крена и рысканья [3]. Рассматривалось маневрирование в диапазоне высот от 3000 до 400 метров при скорости полета 360 км/ч. Требуемое изменение угла пути задается на начальном этапе разворота, и задается боковая даль-

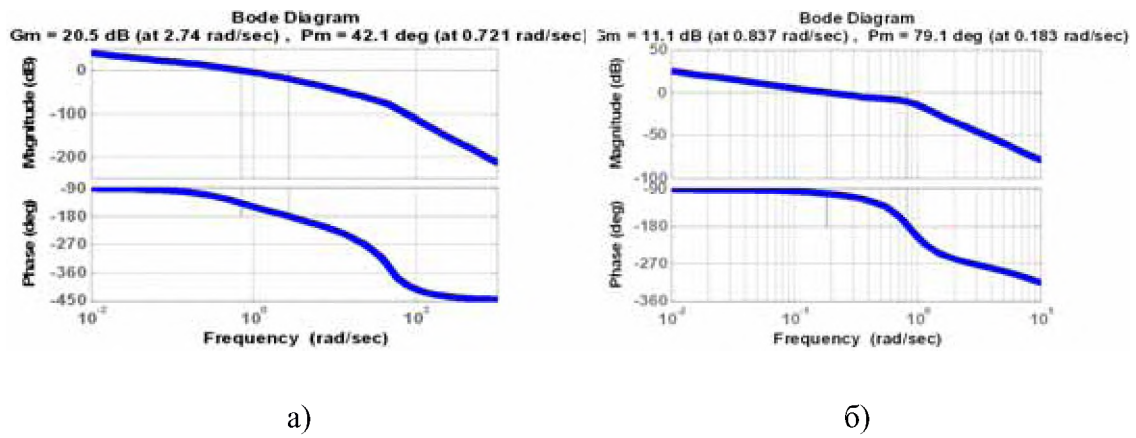


Рис. 9. Запасы устойчивости по амплитуде и по фазе контуров управления: *a* — управление углом пути, *б* — управление линией пути

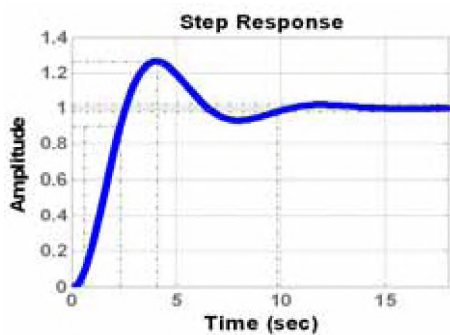


Рис. 10. Переходный процесс в контуре управления углом пути

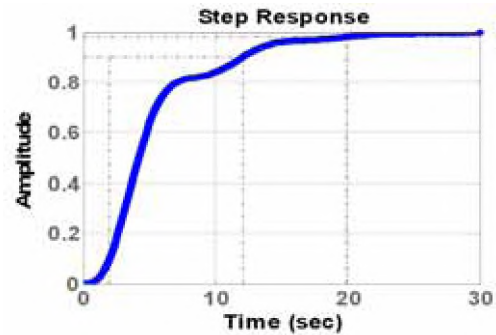


Рис. 11. Переходный процесс в контуре управления линией пути

ность для выхода на ось взлетно-посадочной полосы.

Первый разворот выполнялся на удалении 16 км от оси ВПП в боковом направлении при значении продольной дальности 20 км до расчетной точки ВПП. Результаты расчета углов крена и боковой перегрузки

$n_Z = \left( \operatorname{tg} \gamma_a + \frac{n_{zn}}{\cos \gamma_a} \right)$  для различных углов подхода к оси ВПП представлены на рис. 12 и 13.

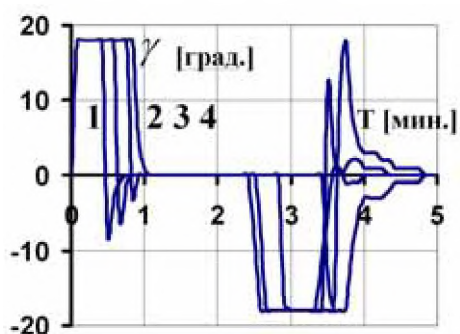


Рис. 12. Изменение угла крена

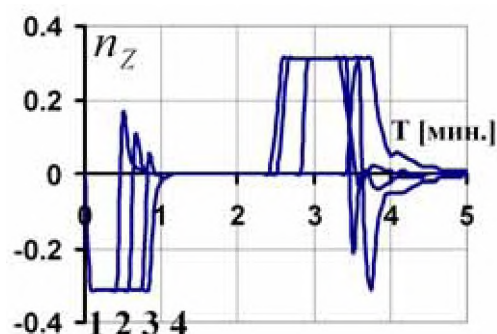


Рис. 13. Изменение боковой перегрузки

при заходе на посадку с углами пути к оси ВПП: 1 – 45°, 2 – 60°, 3 – 75°, 4 – 90°

Изменение углов пути и траектории маневрирования представлены на рис. 14 и 15.

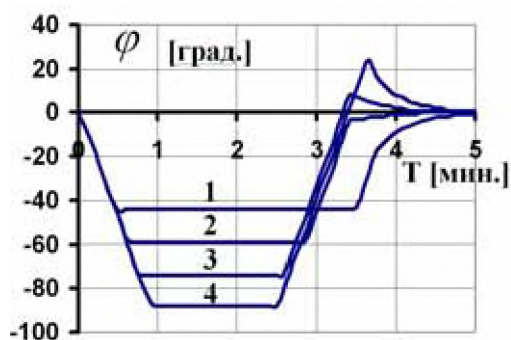


Рис. 14. Изменение угла пути относительно оси ВПП

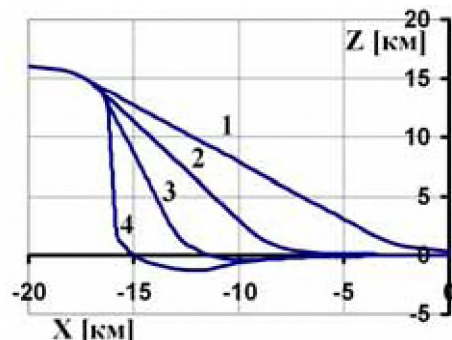


Рис. 15. Проекция траекторий полета на горизонтальную плоскость

для углов подхода к оси ВПП: 1 – 45°, 2 – 60°, 3 – 75°, 4 – 90°

Выбранные траектории позволяют изменять расстояния до контрольной точки в зависимости от угла подхода самолета к оси ВПП (рис. 16). Требуемое время выхода на контрольную точку обеспечивает выбор угла пути относительно оси ВПП при маневре в зоне аэродрома (рис. 17).

Анализ результатов расчета показывает, что время прохождения само-

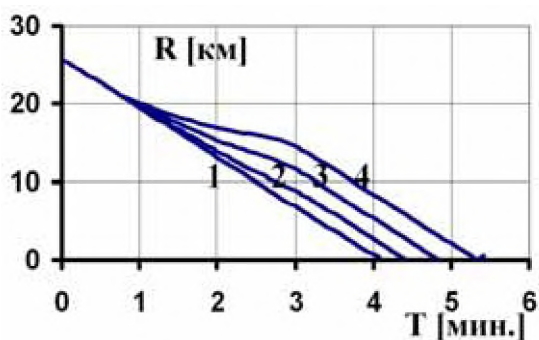


Рис. 16. Зависимость расстояния до контрольной точки ВПП от времени полета при заходе на посадку с углами пути: 1 – 45°, 2 – 60°, 3 – 75°, 4 – 90°

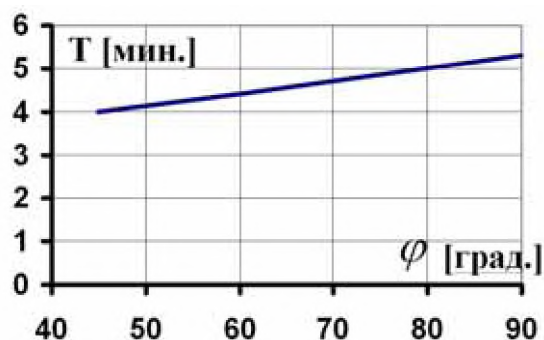


Рис. 17. Зависимость времени выхода на контрольную точку от угла пути  $\varphi$  к оси ВПП

лета контрольной точки на оси ВПП можно изменять более чем на 1 минуту. Выбор углов маневрирования на веерообразных траекториях позволяет выдерживать необходимый интервал по времени между посадками самолетов.

#### Библиографический список

1. Гуськов Ю. П., Загайнов Г. И. Управление полетом самолетов. — М.: Машиностроение, 1992.
2. Волевач А. И., Маркович Е. Д., Унгурян С. Г. Анализ и моделирование систем управления воздушным движением. — М.: Транспорт, 1980.

Д. В. Голованов

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ С РАДИАЛЬНЫМИ, РАДИАЛЬНО-ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМИ И ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМИ ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ**

В ведущих отечественных и зарубежных научных центрах активно ведутся работы по созданию электрических машин на основе высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Одно из наиболее интересных направлений в этой области связано с созданием электрических машин на

основе массивных и плёночных ВТСП элементов с системами криостатирования на базе жидкого азота. В работе рассматривается новый класс синхронных ВТСП электрических двигателей с постоянными магнитами (ПМ) и ВТСП элементами на роторе, излагаются аналитические методы расчёта синхронных ВТСП электрических машин с ПМ, позволяющие в рамках единого подхода проводить анализ двухмерных магнитных полей и предельных параметров ВТСП машин с радиальными, радиально-тангенциальными и тангенциальными магнитами.

Ротор машины с радиальными магнитами (рис. 1, а) содержит призматические магниты 1, намагниченные по радиусу и примыкающие своими внутренними торцами к магнитомягкой втулке 5, а наружными торцами — к магнитомягким участкам 3 биметаллической обоймы, имеющей вставки 2 из немагнитного материала. В участках 3, выполняющих роль полюсных наконечников может размещаться демпферная обмотка 4. Полости между полюсами могут заливаться легким немагнитным сплавом 6.

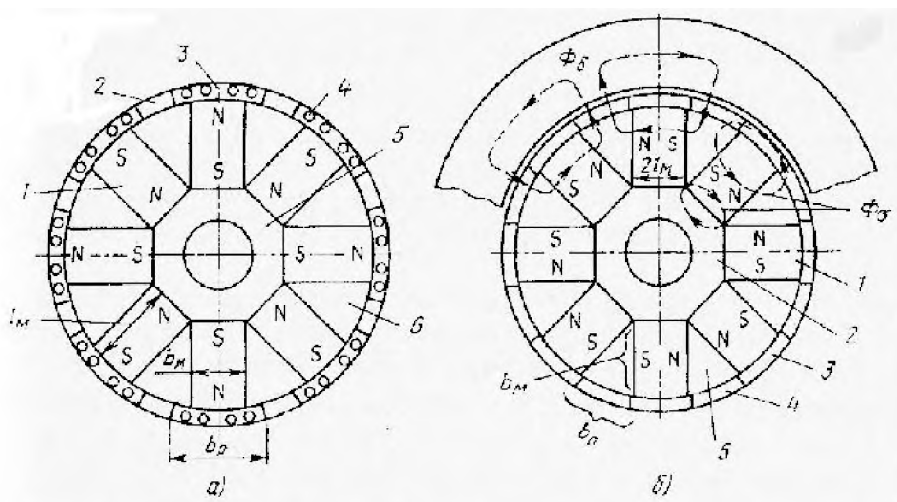


Рис. 1. Конструкция коллекторного типа: а — с радиальными магнитами; б — с тангенциальными магнитами

В роторе с ПМ тангенциального намагничивания (рис. 1, б) магниты 1 также располагаются по радиусу и примыкают внутренними торцами к немагнитной втулке 2, а наружными торцами — к немагнитным вставкам 3 биметаллической обоймы, содержащей также магнитомягкие участки 4 в межполюсных зонах. Между магнитами находятся секторы 5 из магнитомягкой стали, выполняющие роль полюсов по отношению к якору на статоре. Примерный вид линий магнитной индукции для рабочего потока  $\Phi\delta$  и потока рассеяния  $\Phi\sigma$  показан на рис. 1, б штриховыми линиями.

Наряду с классическими схемами представляет интерес конструкция с чередующимися радиально-тангенциальными магнитами (рис. 2).

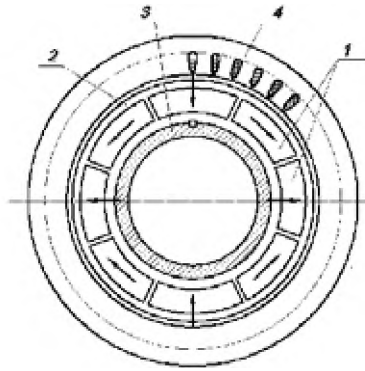


Рис. 2. Конструкция СД с радиально-тангенциальными магнитами

Распределение магнитных полей в активной зоне машин ищется в виде суммы трёх составляющих: поля изолированного индуктора, поля статора, поля токового слоя обмотки статора.

Распределение магнитных полей изолированного индуктора СД с радиальными и тангенциальными магнитами определяется из решения двумерных задач магнитостатики, описываемых системой уравнений Максвелла:

$$\operatorname{rot} \vec{H} = 0; \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0. \quad (1)$$

На границах сопряжения сред с различными магнитными проницаемостями выполняются следующие граничные условия:

$$H_{\theta+} = H_{\theta-}; \quad B_{r+} = B_{r-}. \quad (2)$$

Из (1) следует, что  $\vec{H}$  всюду свободно от вихрей, что позволяет ввести скалярный потенциал  $\phi$  с помощью соотношения

$$\vec{H} = -\operatorname{grad} \phi. \quad (3)$$

Задача определения двумерного магнитного поля в цилиндре из постоянных магнитов сводится к задачам Неймана относительно скалярного магнитного потенциала, которые для магнитов с радиальным и тангенциальным намагничиванием соответственно имеют вид

$$\Delta \phi = \frac{M_r}{r}; \quad \left( \frac{\partial \phi}{\partial r} \right)_+ - \left( \frac{\partial \phi}{\partial r} \right)_- = M_r; \quad (4)$$

$$\Delta \phi = 0; \quad \left( \frac{\partial \phi}{r \partial \theta} \right)_+ - \left( \frac{\partial \phi}{r \partial \theta} \right)_- = M_\theta. \quad (5)$$

Решение задачи Неймана строится с использованием функции Грина. Результатом решения задачи является функция распределения скалярного магнитного потенциала во всех областях изолированного цилиндра из магнитов радиального и радиально-тангенциального намагничивания (рис. 3, рис. 4):

$$\phi = f(r_1, r_2, \alpha, p, M, r, \theta), \quad (6)$$



где  $r_1, r_2, \alpha, p$  — описывают геометрию индуктора;  $M$  — намагниченность магнитов;  $r, \theta$  — координаты точки наблюдения.

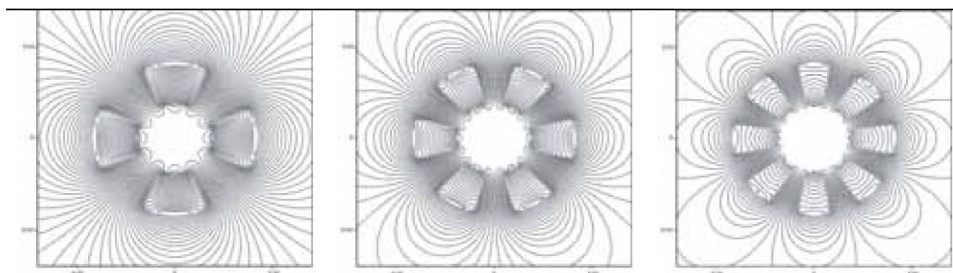


Рис. 3. Распределения скалярного магнитного потенциала в цилиндрах из радиально-тангенциальных магнитов при  $p=2,3,4$  (внешняя концентрация поля)

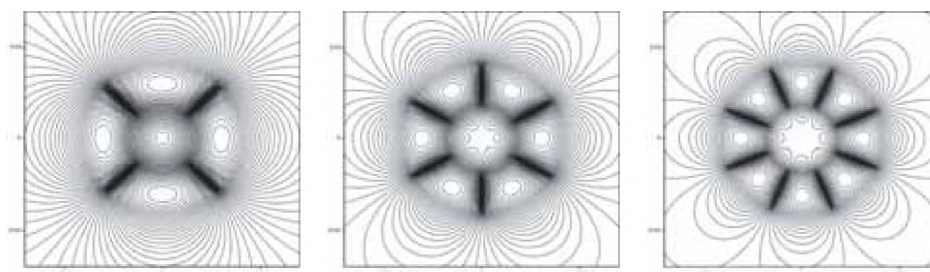


Рис. 4. Распределения скалярного магнитного потенциала цилиндра из радиальных магнитов при  $p=2,3,4$

Выражения, учитывающие влияние стали статора, можно получить из решения уравнения Лапласа:

$$\Delta A = 0, \tag{7}$$

где  $A$  — функция векторного магнитного потенциала.

Векторный потенциал от токового слоя статора находится из решения уравнения Пуассона вида

$$\Delta A = \mu j_0 \delta(r - R_a), \tag{8}$$

где  $j_0$  — средняя конструктивная плотность тока;  $\delta$  — дельта-функция;  $R_a$  — радиус расточки статора.

Расчёт магнитных полей в активной зоне двигателя с тангенциальными магнитами усложняется из-за наличия стальных полюсов 2 в роторе (рис. 5, а). Полюсы намагничиваются преимущественно в радиальном направлении, что позволяет моделировать их радиальными магнитами (рис. 5, б).

Однако в данной задаче магнитный момент тангенциальных (реальных) магнитов будет неизменным ( $M_0 = \text{const}$ ), а магнитный момент ра-

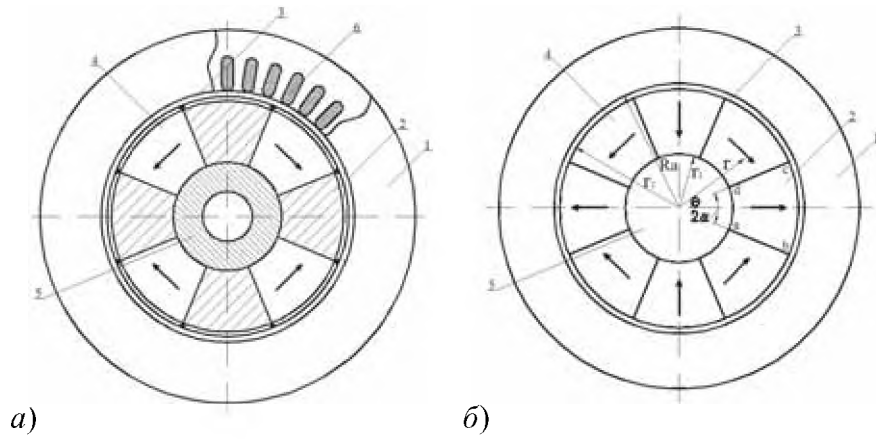


Рис. 5. Конструкция СД с тангенциальными магнитами

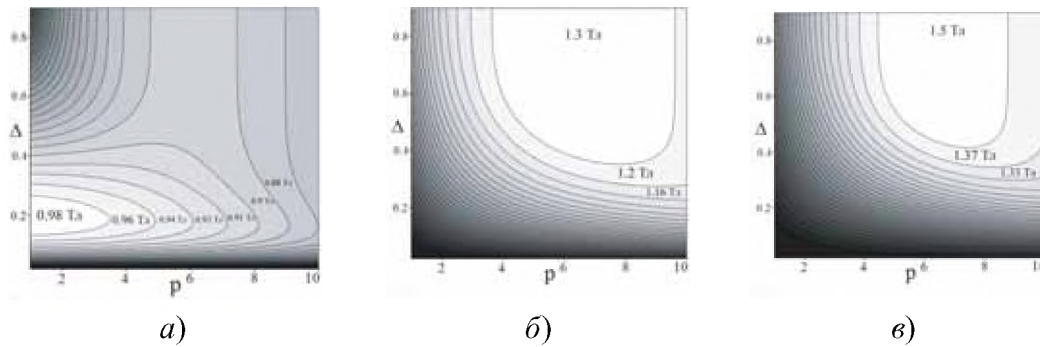


Рис. 6. Зависимость максимального значения магнитной индукции от количества пар полюсов  $p$  и относительной толщины магнитов  $\Delta$ :  $a$  – радиальные магниты;  $b$  – радиально-тангенциальные магниты;  $в$  – тангенциальные магниты

диальных (фиктивных) магнитов  $M_r$  будет зависеть от  $M_0$  и от геометрии машины. Поэтому решение будет аналогичным решению для схемы с радиально-тангенциальными магнитами с учётом того, что  $M_0 = \text{const}$ , а  $M_r = f(M_0, r_1, r_2, R_a, p)$ . Эквивалентная намагниченность стального полюса находится из соотношения

$$\bar{B}_r = \mu_0 \mu_{Fe} \bar{H} = \mu_0 (\bar{H} + \bar{M}). \quad (9)$$

Используя соотношение (10), можно найти магнитную индукцию в воздушном зазоре двигателя:

$$B_r = \frac{1}{r} \frac{\partial A}{\partial \theta}. \quad (10)$$

На рис. 6 приведены контурные графики, позволяющие определить области максимальных значений магнитной индукции в зазоре для каждого типа СД. Удобно ввести величину  $\Delta$  – относительную толщину магнитов:

$$\Delta = \frac{r_2 - r_1}{r_2}. \quad (11)$$

Видно, что схема с радиальными магнитами (рис. 6,  $a$ ) наиболее ра-



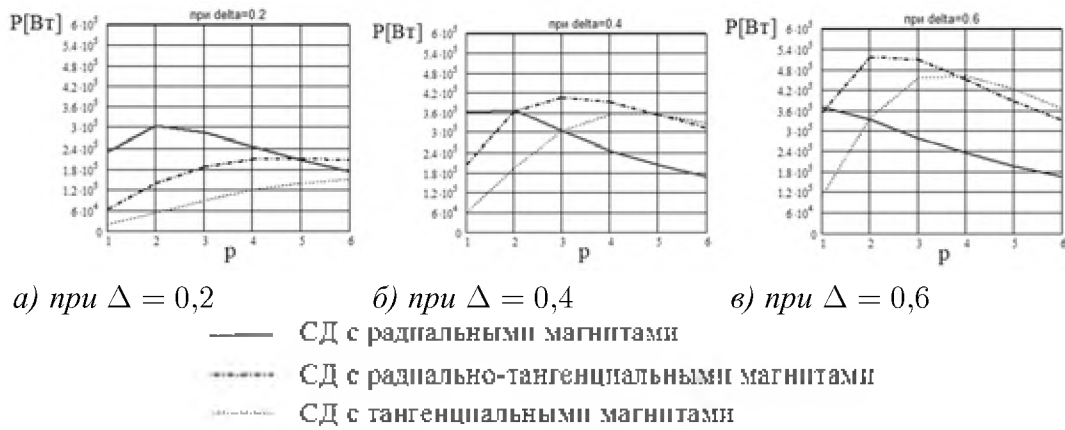


Рис. 7. Зависимость пиковой электрической мощности от количества пар полюсов  $p$  и относительной толщины магнитов  $\Delta$

ациональна в машинах с небольшой относительной толщиной магнитов  $\Delta = 0,05 \dots 0,3$ , при этом индукция сильно не зависит от полюсности машины т. е.  $p = 1 \dots 8$  и более. Максимальная индукция на расточке статора при данных значениях  $\Delta$  и  $p$   $B_{r\delta \max R} \approx 0,98T$ .

Для схемы с радиально-тангенциальными магнитами (рис. 6, б) характерно смещение максимальных значений индукции в область высоких значений  $p = 3 \dots 8$  при этом  $\Delta = 0,35 \dots 0,9$ . Максимальная индукция  $B_{r\delta \max X} \approx 1,27T$ .

Анализируя график рис. 6, в, можно сказать, что в схеме с тангенциальными магнитами область максимальной индукции ещё больше смещена вправо т. е.  $p = 5 \dots 8$ , при  $\Delta = 0,4 \dots 0,9$ . Максимальная индукция  $B_{r\delta \max T} \approx 1,5T$ .

Если сравнивать эти три схемы по абсолютному показателю  $B_{r\delta \max}$  между собой, то тангенциальная схема даёт максимальную индукцию при  $p \geq 4$ . При  $2 \leq p \leq 3$  максимальную индукцию даёт схема Хальбаха. Стоит также отметить, что в этом случае  $\Delta \geq 0,45$ , т. е. магниты занимают существенный внутренний объём ротора. При  $p = 2$  чуть меньшую индукцию можно получить с помощью радиальных магнитов, но в этом случае  $0,05 \leq \Delta \leq 0,2$ , т. е. уменьшится объём и масса магнитов.

Наряду с исследованием магнитных полей в активной зоне СД проводилось сравнение машин по пиковой мощности с целью выявления оптимальных областей использования. На рис. 7 представлены полученные результаты.

Анализируя представленные выше зависимости, можно сделать вывод о предпочтительной области применения каждой из схем. При выборе небольших значений относительной толщины магнитов ( $\Delta \leq 0,25$ ) целесообразно выполнять СД с радиальным расположением магнитов, при

этом  $p$  может меняться в широких пределах ( $1 \leq p \leq 4$ ). Для реализации эффективного СД с тангенциальными магнитами необходимо увеличить толщину магнитов до ( $0,45 \leq \Delta \leq 0,6$ ), однако даже в этом случае данные машины дают преимущество только в многополюсных системах — т. е. при ( $4 \leq p \leq 6$  и более). Для СД с радиально-тангенциальными магнитами в роторе эффективная область применения ограничивается средними значениями полюсности ( $2 \leq p \leq 3$ ) при относительной толщине магнитов ( $0,4 \leq \Delta \leq 0,6$ ), однако в этих областях  $p$  и  $\Delta$  данные машины дают существенный прирост мощности по сравнению с радиальной и тангенциальной схемами.

Применение ВТСП плёнки, которая располагается непосредственно на поверхности ротора и экранирует магнитные поля обмотки якоря, позволяет увеличить энергетические показатели рассмотренных синхронных двигателей в 1,5–2 раза.

Данная работа выполнена в интересах создания отечественных высокодинамических ВТСП двигателей для использования в космической и авиационной технике, а также водородной энергетике.

С. В. Дроздов, А. М. Хомяков

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ**

Проектирование силовой схемы смесительной головки ЖРД связано с решением задачи о деформации пакета днищ, рассматриваемого как двух- (и более) слойная круглая закрепленная по наружному контуру пластина. Деформация (поперечные смещения) такой пластины должна быть минимальной. В реальном проектировании не рассматриваются в отношении деформации днищ смесителя какие-либо нормированные критерии. Необходимая жесткость днищ смесительной головки принимается на основе общих расчетных оценок и опыта.

Рассматриваются варианты силовых схем смесительной головки, которым, с позиций механики пластины, соответствуют минимальные деформации.

В теоретической части настоящей работы приведен вывод выражения для изгибной жесткости многослойного днища, которое может найти применение в расчетной практике как в учебном, так и в реальном проектировании смесительных головок.

#### *Условные обозначения*

$x, \Theta, R$  — цилиндрическая система координат, м, рад, м;  
 $r$  — радиус-вектор;  
 $a$  — радиус наружного контура, м;  
 $h$  — толщина пластины, м;  
 $l$  — длина упругого стержня, м;  
 $E$  — модуль упругости, Н/м<sup>2</sup>  
 $\mu$  — коэффициент Пуассона;  
 $H$  — толщина многослойного пакета, м;  
 $I$  — момент инерции пластины, м<sup>3</sup>;  
 $t$  — расстояние между слоями, м;  
 $D$  — изгибная жесткость пластины Н· м;  
 $\varepsilon$  — относительная линейная деформация;  
 $\sigma$  — нормальные напряжения.

#### *Индексы*

0 — положение нейтральной линии;  
 1 — внутренне днище;  
 2 — среднее днище;  
 $i$  — номер днища в многослойном пакете.

**Изгибная жесткость многослойных днищ.** Основными силовыми деталями смесительной головки являются днища. Их число может достигать 4–6, поэтому необходимо определить значение изгибной жесткости многослойных пластин.

Для двухслойной пластины (рис. 1) изгибная жесткость определяется равенством [1]

$$D = \frac{E_1 I_1 + E_2 I_2}{1 - \mu}, \quad (1)$$

в котором

$$I_1 = \frac{h_1^3}{12} + h_1(x_0 - h_1/2)^2; I_2 = \frac{h_2^3}{12} + h_2(H - x_0 - h_2/2)^2;$$

$$x_0 = \frac{E_1 h_1^2 + E_2 h_2(2H - h_2)}{2(E_1 h_1 + E_2 h_2)}. \quad (2)$$

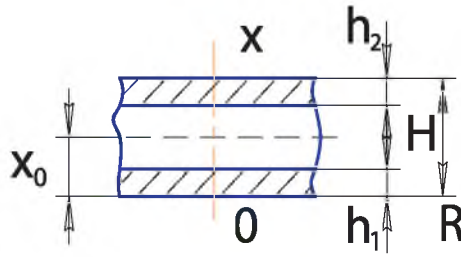


Рис. 1. К расчету двухслойной пластины

Для четырехслойной пластины (рис. 2) изгибная жесткость определяется аналогично. Вывод выражения для изгибной жесткости основан на гипотезе Кирхгофа для пластин (гипотеза плоских сечений), согласно которой относительные деформации слоёв пластины представляют собой линейную зависимость по толщине многослойного пакета.

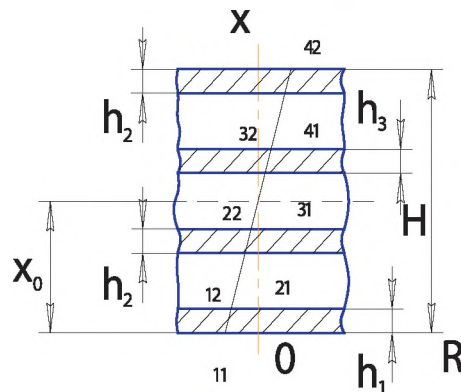


Рис. 2. К расчету четырехслойной пластины

Для чистого изгиба пластины справедливо равенство

$$\frac{\sigma_{11} + \sigma_{12}}{2}h_1 + \frac{\sigma_{21} + \sigma_{22}}{2}h_2 = \frac{\sigma_{31} + \sigma_{32}}{2}h_3 + \frac{\sigma_{41} + \sigma_{42}}{2}h_4, \quad (3)$$

которое в соответствии с законом Гука может быть представлено в виде

$$(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{12})E_1h_1 + (\varepsilon_{21} + \varepsilon_{22})E_2h_2 = (\varepsilon_{31} + \varepsilon_{32})E_3h_3 + (\varepsilon_{41} + \varepsilon_{42})E_4h_4. \quad (4)$$

Значения относительных деформаций определяются как геометрически подобные величины:

$$\begin{aligned} \frac{\varepsilon_{11}}{\varepsilon_{22}} &= \frac{x_0}{x_0 - h_1 - t_1 - h_2}; & \frac{\varepsilon_{12}}{\varepsilon_{22}} &= \frac{x_0 - h_1}{x_0 - h_1 - t_1 - h_2}; \\ \frac{\varepsilon_{32}}{\varepsilon_{22}} &= \frac{H - x_0 - h_4 - t_3}{x_0 - h_1 - t_1 - h_2}; & \frac{\varepsilon_{31}}{\varepsilon_{22}} &= \frac{H - x_0 - h_4 - t_3 - h_3}{x_0 - h_1 - t_1 - h_2}; \\ \frac{\varepsilon_{41}}{\varepsilon_{22}} &= \frac{H - x_0 - h_4}{x_0 - h_1 - t_1 - h_2}; & \frac{\varepsilon_{21}}{\varepsilon_{22}} &= \frac{x_0 - h_1 - t_1}{x_0 - h_1 - t_1 - h_2}; \\ & & \frac{\varepsilon_{42}}{\varepsilon_{41}} &= \frac{H - x_0}{H - x_0 - h_4}. \end{aligned}$$

С учётом этих равенств из уравнения (4) следует выражение для координаты нейтральной линии

$$x_0 = \frac{E_1 h_1^2 + E_2 h_2 (2h_1 + 2t_1 + h_2) + E_3 h_3 (2H - 2h_4 - 3t_3 - h_3) + E_4 h_4 (2H - h_4)}{2(E_1 h_1 + E_2 h_2 + E_3 h_3 + E_4 h_4)}. \quad (5)$$

Выражение для изгибной жесткости четырехслойной пластины имеет вид

$$D = \frac{E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 + E_4 I_4}{(1 - \mu^2)}, \quad (6)$$

где  $I_1 = \frac{h_1^3}{12} + h_1(x_0 - \frac{h_1}{2})^2$ ;  $I_2 = \frac{h_2^3}{12} + h_2(x_0 - h_1 - t_1 - \frac{h_2}{2})^2$ ;

$$I_3 = \frac{h_3^3}{12} + h_3(H - x_0 - h_4 - t_3 - \frac{h_3}{2})^2; \quad I_4 = \frac{h_4^3}{12} + h_4(H - x_0 - \frac{h_4}{2})^2.$$

Если выражение для  $x_0$  представить в виде

$$x_0 = \left( E_1 h_1^2 + E_2 h_2 (2H - 2(h_4 + t_3 + h_3 + t_2) - h_2) + \right. \\ \left. + E_3 h_3 (2H - 2(h_4 + t_3) - h_3) + E_4 h_4 (2H - h_4) \right) / \\ / \left( 2(E_1 h_1 + E_2 h_2 + E_3 h_3 + E_4 h_4) \right), \quad (7)$$

то можно заметить определенную закономерность в написании слагаемых, с учетом которых выражение для  $x_0$  для пластины с любым числом слоёв имеет вид

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n E_i h_i x_i}{\sum_{i=1}^n E_i h_i}, \quad (8)$$

где  $x_i$  — расстояние от начала координат до срединной плоскости  $i$ -го слоя.

Выражение для изгибной жесткости пластины с любым числом слоёв примет вид

$$D = \frac{\sum E_i I_i}{(1 - \mu^2)}, \quad (9)$$

в котором момент инерции каждого слоя выражается согласно равенству

$$I_i = \frac{h_i^3}{12} + h_i x_{0i}^2, \quad (10)$$

где  $x_{0i}$  — расстояние от нейтральной оси многослойного пакета до срединной плоскости  $i$ -го слоя.

### **Способы совершенствования конструкции смесительной головки.**

На рис. 3, 4 приведены конструктивные схемы смесительных головок, обладающих значительной изгибной жёсткостью.

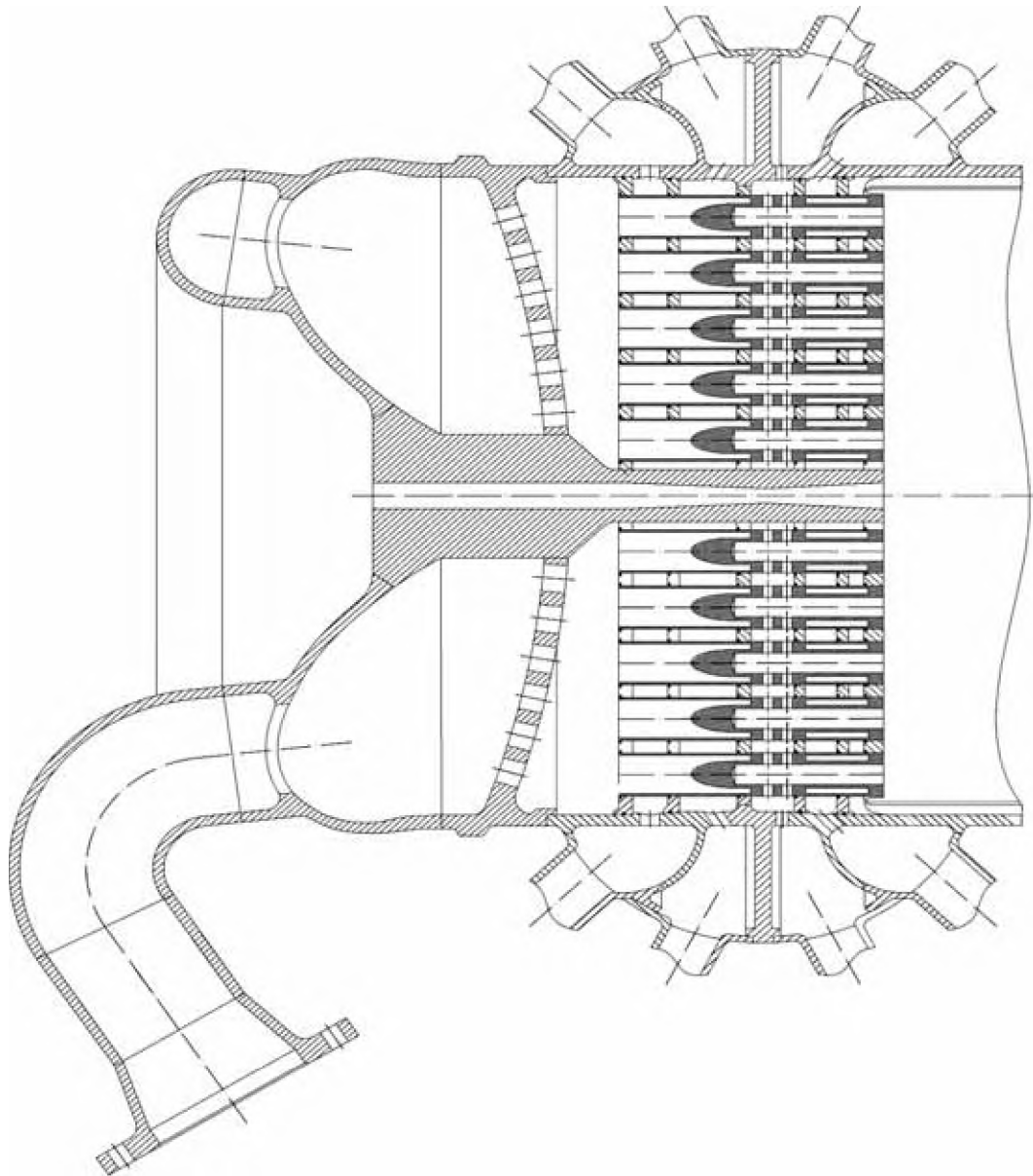


Рис. 3. Конструктивная схема смесительной головки с сопряженной пусковой форсункой

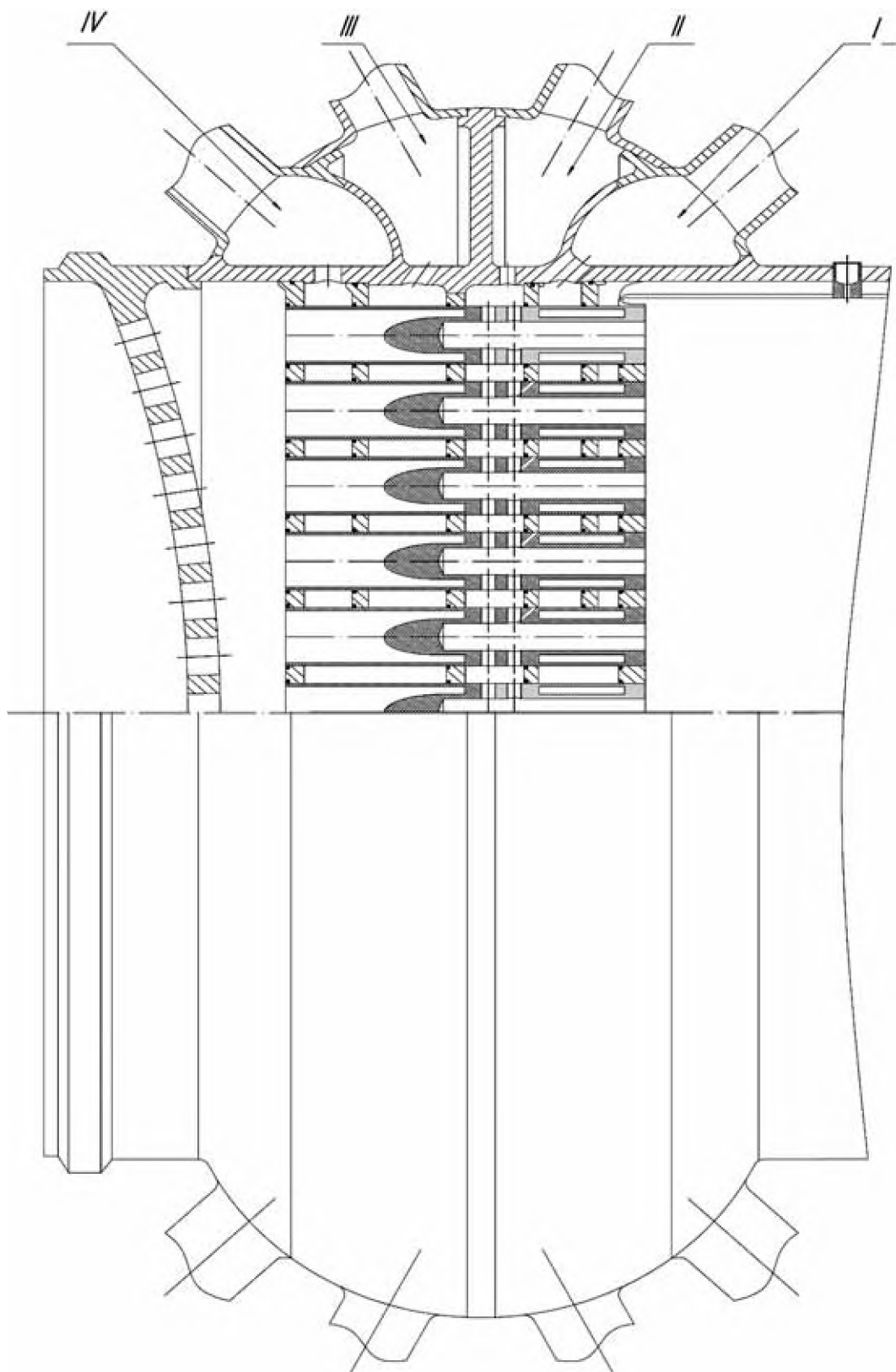


Рис. 4. Конструктивная схема многоколлекторной смесительной головки с несопряжённой пусковой форсункой

Под сопряженностью или несопряженностью пусковой форсунки понимаем участие или неучастие пусковой форсунки как твёрдого тела в силовой схеме смесительной головки.

Изгибную жесткость смесительной головки обеспечивает многослойный пакет днищ и торовый пояс четырьмя коллекторами. Такая силовая схема и созданная на ней конструкция обладают значительной изгибной жесткостью и могут применяться в реальном проектировании.

Таким образом, рассмотрены наиболее перспективные силовые и конструктивные схемы смесительных головок ЖРД.

Полученные в работе расчётные зависимости могут найти применение для оценки динамических характеристик смесительных головок современных камер сгорания.

#### Библиографический список

1. Хомяков А. М. Конструкция и проектирование ДЛА. — М.: Изд-во МАИ, 1989.
2. Доннелл Л. Г. Балки, пластины и оболочки: перевод с англ. — М.: Наука, 1982.
3. Тимнат И. Ракетные двигатели на химическом топливе: перевод с англ. — М.: Мир, 1990.

Ф. А. Фокин

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ АСИНХРОННО-СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА БАЗЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЁНОК 2-ГО ПОКОЛЕНИЯ**

В качестве электродвигателей наиболее широкое применение находят асинхронные двигатели в силу их легкого пуска в ход и возможности пуска под нагрузкой. Синхронные двигатели, требуя специальных условий пуска в ход, обладают высокими энергетическими характеристиками по сравнению с асинхронными. Значительной является возможность совмещения качеств асинхронного и синхронного двигателей с использованием сверхпроводниковых элементов, рассчитанных на охлаждающие среды с температурами жидкого азота и ниже.



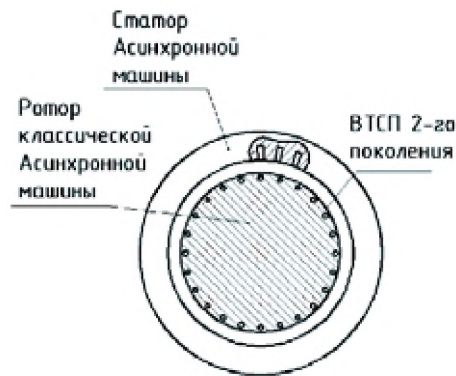


Рис. 1. Конструкция асинхронно-синхронного двигателя

Конструкция двигателя, совмещающего в себе достоинства асинхронного и синхронного двигателя (рис. 1), представляет собой в основе конструкцию классического асинхронного двигателя с размещенной на поверхности ротора сверхпроводниковой пленкой 2-го поколения.

Асинхронно-синхронный двигатель запускается в асинхронном режиме, используя короткозамкнутую обмотку из меди или алюминия, при этом двигатель работает в режиме воздушного охлаждения, а сверхпроводниковый элемент на роторе находится в нормальном состоянии. После выхода на режим номинальных скольжений в активную зону машины начинает поступать хладагент с температурой жидкого азота и ниже, при этом суммарное магнитное поле в зазоре пронизывает ВТСП элемент, вращаясь с достаточно малой частотой. В течение переходного процесса, который протекает достаточно быстро в силу малой толщины ВТСП пленки, пленка переходит в сверхпроводящее состояние, захватывая суммарное магнитное поле в зазоре и входя в роль магнитного экрана для КЗ обмотки на роторе. В результате в ВТСП элементе протекают процессы, схожие с процессами, протекающими в ВТСП гистерезисных двигателях, при перемагничивании ВТСП элемента (рис. 2).

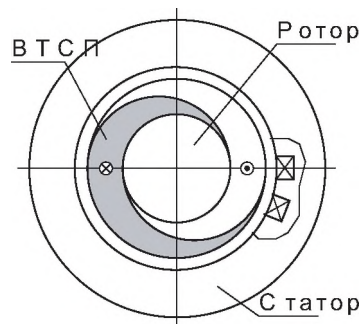


Рис. 2. Картина намагничивания ВТСП ротора гистерезисной машины

После переходного процесса на роторе машины образуется аналогия постоянных магнитных полюсов, которые, взаимодействуя с магнитным

полем статора, втягивают ротор в синхронизм.

Распределение суммарного магнитного поля в активной зоне ищется как суперпозиция распределений магнитных полей от токовых слоев обмотки ротора и статора, которые, в свою очередь, определяются из решения двумерных задач магнитостатики, описываемых системой уравнений Максвелла:

$$\operatorname{rot} \vec{H} = 0; \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0. \quad (1)$$

На границах сопряжения сред с различными магнитными проницаемостями выполняются следующие граничные условия:

$$H_{\theta+} = H_{\theta-}; \quad B_{r+} = B_{r-}. \quad (2)$$

На границах токового слоя используется граничное условие (2), при этом

$$H_{\tau+} - H_{\tau-} = \frac{j}{\rho} \cdot \sin(\varphi). \quad (3)$$

Вводится векторный потенциал магнитного поля  $\vec{A}(0, 0, A)$ , удовлетворяющий следующим условиям:

$$\vec{B} = \operatorname{rot}(A_{iz}); \quad (4)$$

$$\operatorname{div} \vec{A} = 0. \quad (5)$$

Для нахождения распределения магнитных полей ищется решение уравнения Пуассона в полярной системе координат:

$$\frac{\partial^2 A}{\partial r^2} + \frac{\partial A}{r \partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 A}{\partial \varphi^2} = -\mu \cdot J. \quad (6)$$

Результатом решения задач является функция распределения векторного магнитного потенциала во всех областях активной зоны асинхронно-синхронной машины:

$$A = f(r, \varphi), \quad (7)$$

где  $r, \theta$  — координаты точки наблюдения.

Линии уровня векторного потенциала и радиальная составляющая магнитной индукции от токового слоя обмотки статора проиллюстрированы на рис. 3.

Процессы, протекающие в сверхпроводящем элементе при его намагничивании в магнитном поле, описываются на основе уравнения диффузии магнитного поля в проводник:

$$\frac{\partial^2 A_{\Sigma}}{\partial \rho^2} + \frac{\partial A_{\Sigma}}{\rho \cdot \partial \rho} + \frac{\partial^2 A_{\Sigma}}{\rho \cdot \partial \varphi^2} = \mu_0 \cdot \sigma \cdot \frac{\partial A_{\Sigma}}{\partial t}. \quad (8)$$

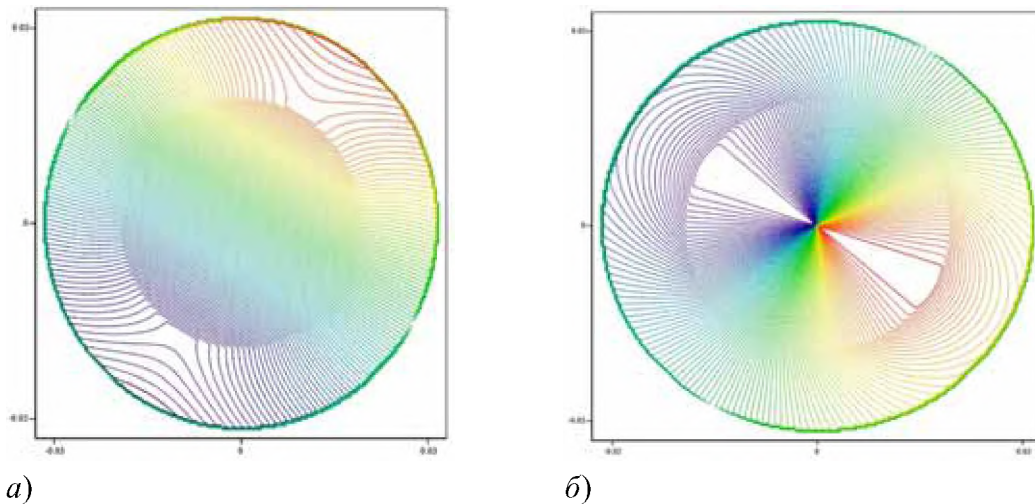


Рис. 3. Линии уровня амплитуды векторного потенциала (а) и радиальной составляющей магнитной индукции (б) от токового слоя обмотки статора (воздушный зазор искусственно увеличен)

Это же уравнение диффузии используется для решения задачи о распределении магнитного поля от токового слоя обмотки ротора с учетом эффекта вытеснения тока из КЗ обмотки ротора.

При этом в последнем случае общее решение однородного уравнения для векторного потенциала ищется в виде

$$A_1 = \left( \tilde{K}_1 \cdot sh(K_e \cdot \varsigma) + \tilde{K}_2 \cdot ch(K_e \cdot \varsigma) \right) \cdot e^{j \cdot (s \cdot \omega \cdot t - \varphi)}. \quad (9)$$

Качественные механические характеристики асинхронного режима, полученные из решения этого уравнения и построенные для цепи статора как источника тока, показаны на рис. 4. Как видно из рисунка, зависимости аналогичны характеристикам, которые можно построить на основе классического расчета асинхронного двигателя, здесь  $R_1 < R_2 < R_3$ . При этом классический расчет не дает подробной универсальной картины распределения поля в активной зоне в отличие от результата расчета полевых задач.

При известных распределениях магнитного поля в активной зоне машины находятся и соотношения между токами статорной и роторной обмотки без учета эффекта вытеснения тока, что также позволяет построить механические характеристики в асинхронном режиме. Для этого записываются уравнения Кирхгофа для разомкнутых гальванически обмоток статора и ротора.

Уравнение Кирхгофа для цепи обмотки статора выглядит следующим образом:

$$\dot{U}_{ст} = -\dot{E}_{\Sigma 1} + \dot{I}_{ст} \cdot (R_{ст} + j \cdot X_{ст}). \quad (10)$$

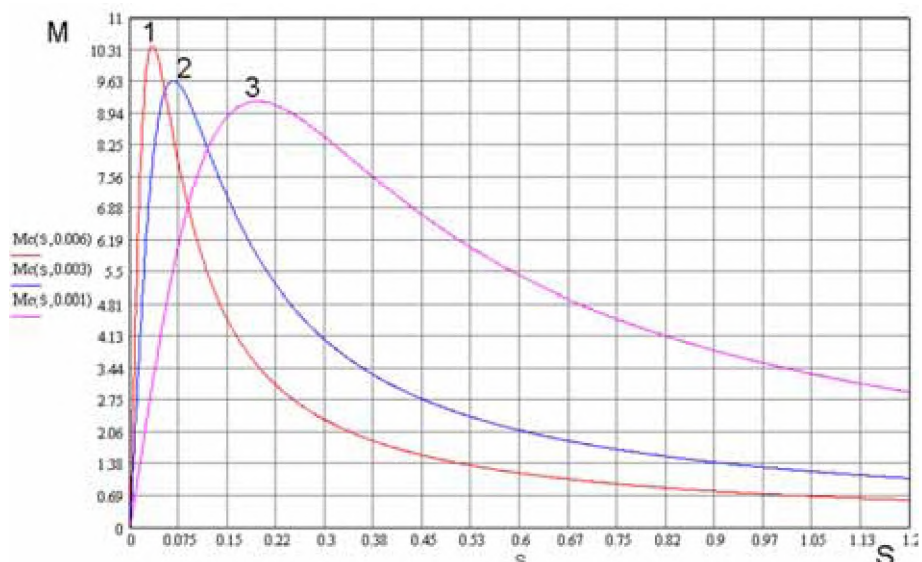


Рис. 4. Качественные механические характеристики из задачи о вытеснении

Уравнение Кирхгофа для цепи обмотки ротора:

$$\dot{E}_{\Sigma 2} = \dot{I}_R \cdot (j \cdot X_{\text{рот}} + R_{\text{рот}}). \quad (11)$$

Зная распределение магнитных полей в активной зоне машины, определяем, какое суммарное поле будет «вморожено» в ВТСП элемент (рис. 5).

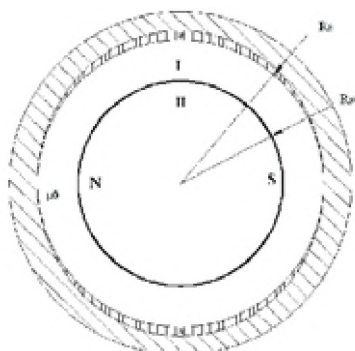


Рис. 5. Геометрия задачи о «вмороженном» потоке в ВТСП

После перехода в синхронный режим расчет машины производится аналогично расчетам синхронных двигателей с неявновыраженными полюсами.

Проводился численный расчет асинхронного и синхронного режимов работы двигателя (рис. 6), при этом для синхронного режима из условия максимума коэффициента мощности машины был найден рабочий угол  $\theta = 0.35$  рад. Рабочая мощность при этом составляет  $P_c = 5450$  Вт. В асинхронном режиме работы машины развивалась механическая мощность  $P_{ac}(s) = 3616$  Вт. Таким образом, при переходе из асинхронного режима в синхронный произошло увеличение механической мощности двигателя в 1,51 раза.

Из рассмотрения графиков можно сделать вывод, что применение

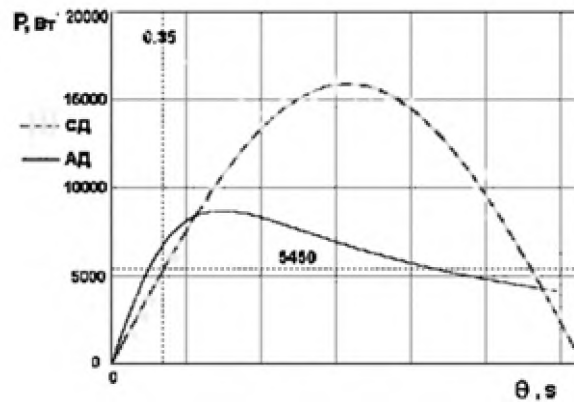


Рис. 6. Сравнение мощностных характеристик асинхронного и синхронного режимов двигателя

асинхронно-синхронных двигателей, основанных на принципе захвата магнитных полей в режиме *field-cooling process*, целесообразно в случаях, где необходимым условием является надежная длительная бесперебойная работа в условиях высоких оборотов, а также в магистралях по перекачке хладагента азотных и более низких температур.

Данное исследование проводилось в интересах создания российских высокодинамических ВТСП двигателей для использования в космической и авиационной технике, в водородной и ветроэнергетике.

Д. М. Сидоров, А. М. Хомяков

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ С ТРЕЩИНАМИ**

Одна из проблем в обеспечении работоспособности узла турбины современных ЖРД связана с повышением трещиностойкости лопаток рабочих колес. Под действием теплосмен, как свидетельствует опыт доводки турбонасосных агрегатов ТНА, усталостные трещины возникают в лопатках после огневых испытаний. Та же проблема и у ТНА двигателей, предназначенных для многократного применения (ДМВВ). Настоящая работа посвящена решению задач по оценке несущей способности лопаток реактивных турбин с трещинами. В работе даны также рекомендации по изменениям конструкции рабочих колес реактивных турбин с целью существенного повышения их трещиностойкости.

### Условные обозначения

$x, y, z$	—	прямоугольная система координат;
$x, \theta, R$	—	полярная система координат;
$l$	—	расстояние по оси $z(R)$ , м;
$a$	—	глубина надреза, м;
$n$	—	безразмерное усилие;
$m$	—	безразмерный момент;
$M$	—	момент, Н·м;
$N$	—	сила, Н;
$\sigma$	—	напряжение, Н/м <sup>2</sup> ;
$\omega$	—	угловая скорость, рад/с;
$q$	—	распределенная нагрузка, Н/м;
$F$	—	поперечное сечение, м <sup>2</sup> ;
$\rho$	—	плотность, кг/м <sup>3</sup> .

### Индексы

пр	—	предельное,
т	—	трещина,
о	—	основание,
к	—	корневое,
п	—	периферийное,
а	—	осевое,
и	—	окружное,
л	—	лопатка.

**Постановка задачи.** При неравномерном нагреве или охлаждении любая деталь ведет себя как статически неопределимая система. Неравномерность нагрева–охлаждения вызывается при равномерном тепловом потоке формой детали, состоящей из тонкостенных и толстостенных участков. Тонкостенные участки нагреваются или охлаждаются быстрее, толстостенные — медленнее. Поэтому в сечениях неравномерно нагретой детали возникают температурные напряжения. Быстрее нагреваемые участки детали оказываются в сжатом состоянии, медленнее нагреваемые — в растянутом. При охлаждении детали напряжения меняют знак: быстрее охлаждаемые участки растягиваются, медленнее охлаждаемые — сжимаются. Смену нагрева на охлаждение детали принято называть теплосменой. Одна теплосмена вызывает одну смену знака напряжения в детали, что соответствует одному циклу нагружения. Таким образом, теплосмены вызывают в детали циклическое изменение температурных напряжений, что приводит к малоцикловой усталости материала.

Лопатка турбины является деталью, которая по своей форме и по тепловому режиму (теплосмены) обречена на малоцикловую усталость.

Под действием теплосмен в наиболее тонкостенном участке лопатки, на задней кромке, возникают и растут усталостные трещины.

При теплосменах в задней кромке возникают циклические напряжения растяжения — сжатия, вызываемые существенно неравномерным температурным полем по ширине лопатки при включении и выключении турбины. Возникающая при этом трещина растет под влиянием двух факторов: продолжающихся теплосмен и циклически действующих внешних нагрузок.

Действующие на лопатку внешние нагрузки представляют собой сложную композицию. Помимо растягивающего усилия от центробежных сил поперечные сечения лопатки испытывают воздействие двух изгибающих моментов — продольного (в плоскости оси вращения рабочего колеса) и поперечного (в плоскости вращения рабочего колеса). Оба момента представляют собой суммы моментов от газовых сил и сил инерции.

Рост краевой трещины в лопатке приводит ее к разрушению. При этом главную роль играет излом оставшегося целого сечения лопатки, который происходит под действием внешних изгибающих моментов (рис. 1).

Таким образом, условием сохранения целостности лопатки с трещиной определенной длины является то, что композиция внешних нагрузок (растягивающего усилия и двух изгибающих моментов) не превысит некоторого своего предельного значения.

Для достаточно пластичных материалов, из которых изготавливаются лопатки турбин, можно принять, что излом лопатки происходит вследствие образования пластического механизма в оставшейся целой части ее сечения. Такое равновесие лопатки, когда внешний изгибающий момент уравновешивается внутренним моментом, возникающим в пластическом механизме (шарнире), называется предельным. Его расчет можно проводить методами теории предельного равновесия [3]. Тогда момент внешних сил, действующий на лопатку и вызывающий в ней появление пластического механизма, называется предельным. Его определение в теории предельного равновесия основывается на условии пластического течения материала и соответствующей ему предельной поверхности.

**Несущая способность лопатки с трещиной.** Лопатка представлена на рис. 1. Обе системы координат (прямоугольная и цилиндрическая) имеют своим началом геометрический центр корневого сечения лопатки. Принимается, что геометрические центры всех других сечений лопаки от корневого ( $R = R_k$ ) до периферийного ( $R = R_n$ ) лежат на оси  $z$  (или  $R$ ). Ось  $x$  параллельна оси вращения рабочего колеса, ось  $y$  (или  $\theta$ ) лежит в плоскости вращения рабочего колеса. Определим силы и моменты, действующие на перемычку в лопатке длиной  $(b - a)$ .

Если площадь поперечного сечения лопатки изменяется (уменьшается) с увеличением радиуса по линейному закону

$$F_{\Pi} = F_k - k(R - R_k), \quad (1)$$

где  $k = \frac{F_k - F_n}{R_n - R_k}$ , то центробежная сила, действующая в произвольном сечении лопатки, определяется интегралом

$$N(R) = \rho\omega^2 \int_{R_0}^R [F_k - k \cdot (R - R_k)] \cdot R dR,$$

который после преобразований принимает вид равенства

$$N(R) = \rho\omega^2 \left[ F_k \cdot \frac{R_n^2 - R^2}{2} + k \cdot \left[ \frac{R_n^3 - R^3}{3} - R_k \cdot \frac{R_n^2 - R^2}{2} \right] \right]. \quad (2)$$

Тогда сила, действующая на перемычку в лопатке с трещиной на радиусе  $R = R_n - l_T$ , согласно равенству (2) определяется выражением

$$N_z = \rho\omega^2 l_T R_n \left( 1 - \frac{\eta}{2} \right) F_k \cdot \left[ 1 + \frac{1-f}{r-1} \cdot \left( r \cdot \frac{1-\eta+\eta^2/3}{1-\eta/2} - 1 \right) \right], \quad (3)$$

в котором  $\eta = \frac{l_T}{R_n}$ ,  $r = \frac{R_n}{R_k}$ ,  $f = \frac{F_n}{F_k}$ .

Изгибающий момент, действующий на перемычку, определяется равенством

$$M'_x = \frac{1}{2} \cdot N_z. \quad (4)$$

Газовые силы ( $q_a$  и  $q_u$ ) также создают в сечении перемычки два момента:

$$M''_x = \int_{l_0}^{l_n} q_a(z - l_0) dz; \quad (5)$$

$$M_y = \int_{l_0}^{l_n} q_n(z - l_0) dz. \quad (6)$$

Таким образом, на сечение перемычки в лопатке действуют три вида нагрузки:

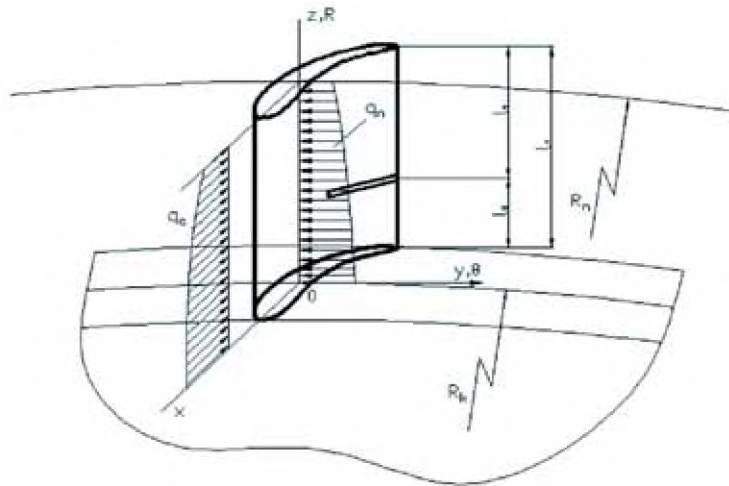
$N_z$  — осевая сила;

$M_x = M'_x - M''_x$  — продольный изгибающий момент;

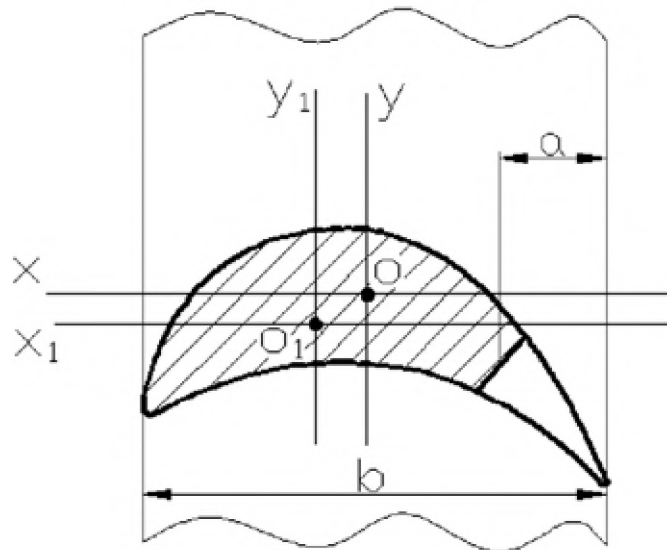
$M_y$  — поперечный изгибающий момент.

Предельное напряженное состояние перемычки в таком случае определяется предельной поверхностью в координатах  $n_z, m_x, m_y$  (рис. 2). Решение задачи проводится следующим образом. Если предположить, что продольный момент в сечении перемычки имеет малую величину (момент





a)



б)

Рис. 1. Лопатка с трещиной:  $a$  — схема нагружения;  $b$  — геометрия сечения с трещиной

от газовых сил частично уравнивает момент от сил инерции), то несущую способность перемычки при известных осевой силе  $N_z$  и продольном моменте  $M_x$  будет определять поперечный момент  $M_y^{пр}$ . Тогда по исходным значениям

$$n_z = \frac{N_z}{N_T} \quad \text{и} \quad m'_x = \frac{M'_x - M''_x}{M_T},$$

где  $N_T = \sigma_T F$  — предельное значение силы;  $M_T = \sigma_T S_y$  — предельное значение продольного изгибающего момента;  $F$  — площадь сечения перемычки;  $S_y$  — статический момент сечения перемычки относительно оси  $y_1$ , определяется положением плоскости  $m'_x$  (рис. 2) с кривой  $m_y = 1 - (m'_x)^2 - n_z$ , по которой с учетом величины  $n_z = n'_z$  определяется предельное значение поперечного момента в безразмерном виде

$$m_y^* = 1 - (m'_x)^2 - n'_z$$

и в размерном

$$M_y^{пр} = m_y^* M_T, \quad (7)$$

где

$M_T = \sigma_T S_x$  — предельное значение поперечного изгибающего момента;

$S_x$  — статический момент сечения перемычки относительно оси  $x_1$ .

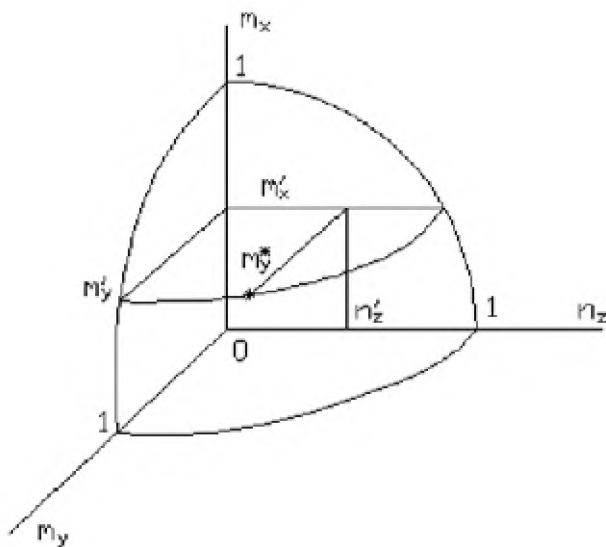


Рис. 2. Предельная поверхность для лопатки с трещиной

**Предложения по совершенствованию конструкции турбин.** Главное противоречие в конструкции узла турбины как лопаточной машины заключено в форме лопаток и их сопряжении с двумя силовыми кольцами — ободом и бандажом. Это противоречие в равной степени касается и лопаток рабочего колеса, и лопаток соплового аппарата. Оно заключается в том,

что форма лопаток должна соответствовать высокому аэродинамическому качеству, и вместе с тем эта форма должна соответствовать требованиям высокой трещиностойкости лопаток.

Противоречие в конструкции лопаток турбин может быть разрешено, если сплошные лопатки (рис. 3) заменить на пустотелые (рис. 4). В пустотелых лопатках горячий газ, попадая во внутреннюю полость, равномерно нагревает стенку и кромки лопатки, что исключает возникновение температурных напряжений.

В пустотелых лопатках можно применять более острые кромки. Особенно это необходимо в лопатках соплового аппарата для уменьшения кромочных потерь и кромочных следов. Последние, как известно, являются причиной колебаний рабочего колеса в газовом потоке, что снижает общую работоспособность турбины.

Для придания необходимой жесткости пустотелой лопатки в ней можно создавать не одну, а две или три полости, разделенные перемычками. Перемычки играют роль продольных ребер, повышающих изгибную жесткость лопатки (рис. 4).

Можно отметить также, что рабочее колесо с пустотелыми лопатками обладает большей несущей способностью, чем такое же колесо с лопатками сплошного сечения.

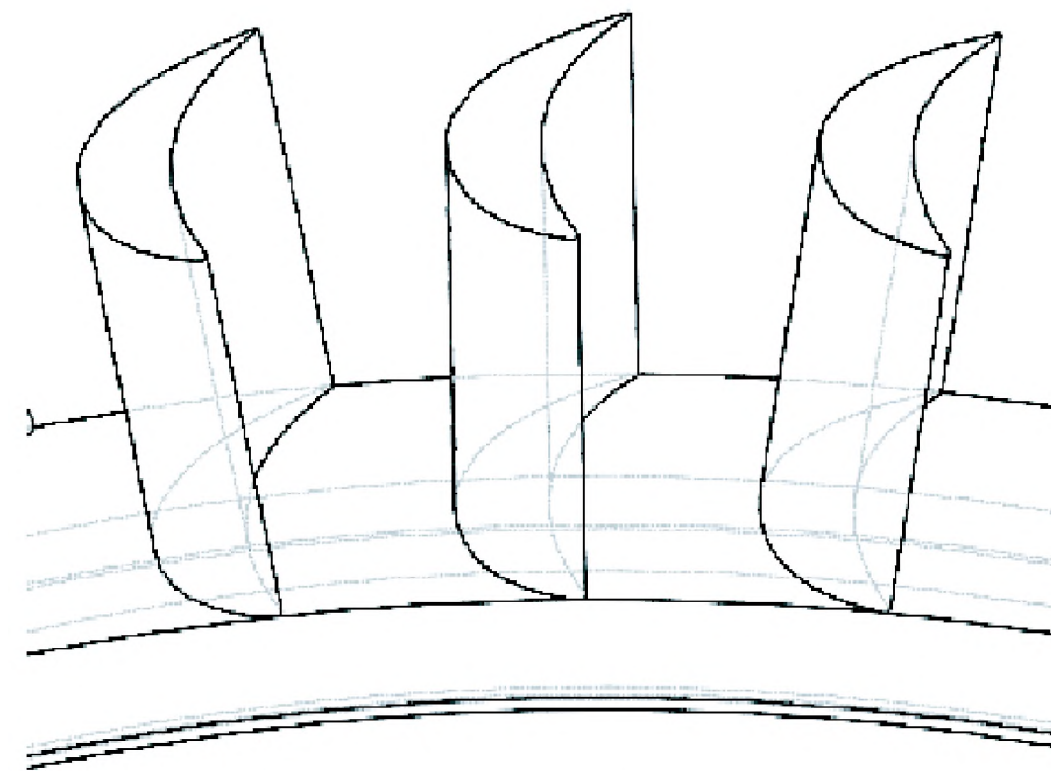


Рис. 3. Исходная форма лопаток

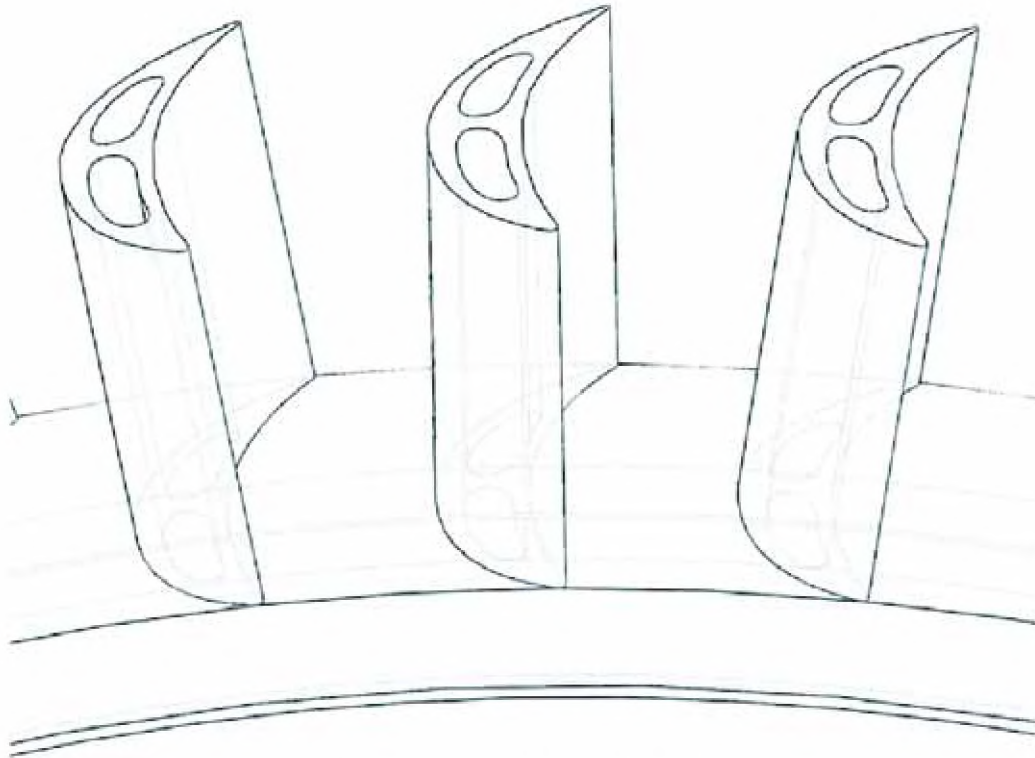


Рис. 4. Пустотелые лопатки

#### Библиографический список

1. Мэнсон С. Температурные напряжения и малоцикловая усталость. — М.: Машиностроение, 1974.
2. Плювинаж Г. Механика упругопластического разрушения. — М.: Мир, 1993.
3. Макклитак Ф., Аргон А. Деформация и разрушение металлов. — М.: Мир, 1970.
4. Овчинников И. В. Хомяков А. М. Несущая способность рабочих колес реактивных турбин. Справочник // Инженерный журнал. 2001. № 9. С. 13–19.
5. Труды НПО «Энергомаш» / Под ред. акад. РАН Б. И. Каторгина. — М., 2006. № 24. С. 4–68.
6. Труды НПО «Энергомаш» / Под ред. акад. РАН Б. И. Каторгина. — М., 2007. № 25. С. 62–98.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО  
И АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
МОЛНИИ НА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО СУДНА (НА ПРИМЕРЕ SSJ-100)**

Проблемы, возникающие в современном пассажирском самолетостроении в части защиты от воздействия внешних электромагнитных факторов (ВЭФ), таких, как электромагнитные поля высокой интенсивности (HIRF), прямое и косвенное воздействие молнии и приравненное к ним, электромагнитная совместимость (ЭМС) бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) — получили особую актуальность при использовании принципа «электрического самолета». Термин «электрический самолет» определяет принцип построения систем воздушного судна (ВС), в основе которого построение схемы ВС без применения механических приводов от органов управления в кабине экипажа к аэродинамическим поверхностям и системам ВС. Основной особенностью такой схемы является большое число электронных вычислителей в системах самолета и привязка всех конечных устройств к этим вычислителям.

Особое место в группах ВЭФ занимает прямое и косвенное воздействие молнии. Косвенные воздействия являются результатом взаимодействия возникающих при разряде молнии мощных импульсных электромагнитных полей с бортовым оборудованием ВС и бортовыми электрическими цепями. При этом наиболее существенным является воздействие на бортовые электрические цепи, в которых могут возникать напряжения и токи, представляющие опасность для бортовых систем.

Широкое использование на ВС слаботочных электрических и электронных систем управления полетом, работой силовой установки, в навигации и контрольно-измерительных системах требует разработки и применения к этим системам мероприятий по обеспечению их молниезащиты. Следует отметить, что применение многократного резервирования в качестве единственного мероприятия от косвенного воздействия молнии может оказаться неэффективным, так как электромагнитные поля взаимодействуют одновременно со всеми бортовыми электрическими цепями. Поскольку в конструкции ВС широко применяются композиционные материалы, то из-за их низкой экранирующей способности опасность повреждения бортовых систем усугубляется. В основе работ по защите ВС от косвенного

воздействия молнии также лежит определение расположения на нем молниеопасных зон и путей протекания тока молнии.

**Характеристика тока молнии.** На всех участках полета, таких, как взлет, посадка и курсовой полет, ВС может подвергаться атмосферному явлению — воздействию молнии. По своей физической природе молния представляет сильный дуговой разряд с нормированными характеристиками. Для предотвращения последствий попадания молнии необходимо проводить различного рода мероприятия по защите от воздействия молнии:

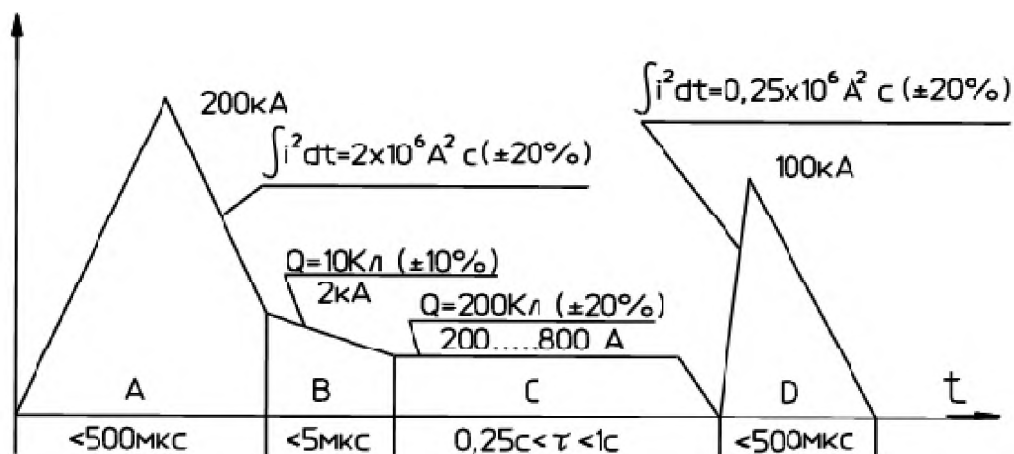


Рис. 1. Характеристики составляющих тока молнии

- Распределение молниеопасных зон на самолете.
- Определение систем приводящих при отказе к катастрофической, аварийной и сложной ситуации при воздействии молнии.
- Расчет наводимых молнией напряжений в кабельных частях исследуемых информационно-измерительных систем.
- Проведение испытаний непосредственно на воздушном судне.

Косвенные воздействия являются результатом взаимодействия возникающих при разряде молнии мощных импульсных электромагнитных полей с бортовым оборудованием ВС и бортовыми электрическими цепями. При этом наиболее существенным является воздействие на бортовые электрические цепи, в которых могут возникать напряжения и токи, представляющие опасность для бортовых систем.

Информационно-измерительные системы должны соответствовать требованиям по молниезащищенности, обозначенным в нормативных документах. Оборудование при протекании тока молнии по корпусу ВС должно сохранять работоспособность и функционировать в рабочих режимах. Также необходимо обеспечить защиту кабельной сети ВС от наводок тока

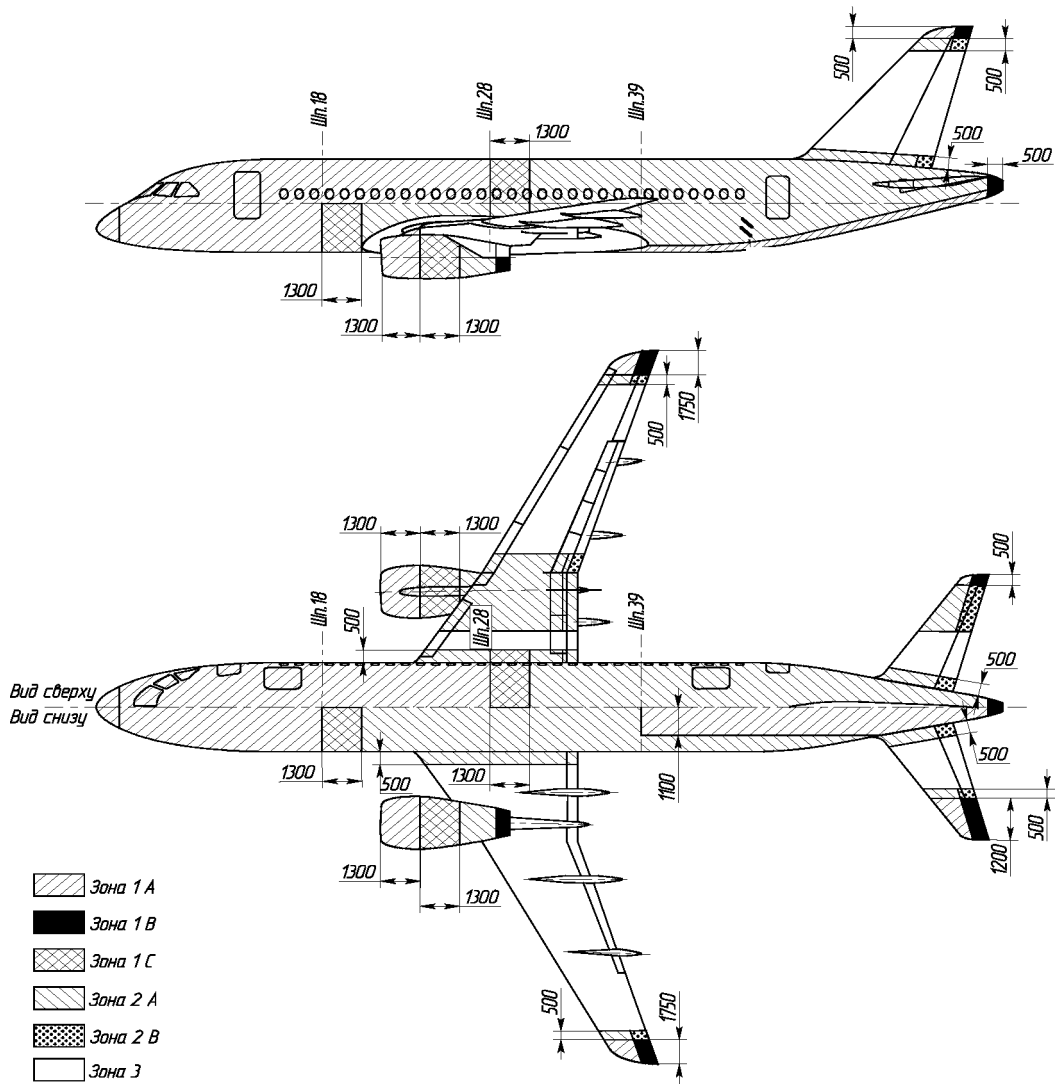


Рис. 2. Расположение молниеопасных зон на SSJ-100

молнии (довольно существенных по величине).

При выполнении расчетов косвенного воздействия тока молнии на электрические и электронные системы самолета компоненты  $A$ ,  $D$ ,  $D/2$  и  $H$  импульс тока описываются уравнением

$$I(t) = \text{Im}(\exp(-\alpha t) - \exp(-\beta t)).$$

При расчете наводимых напряжений, как правило, требуется определить максимально возможные уровни наводок, значения которых зависят от трассировки электрожгутов и типа применяемых цепей, конфигурации отсека, толщины и материала обшивки, размеров радиопрозрачных участков и пр. Как правило, значение диффузионной составляющей наводимых в электроцепях напряжений невелико, поэтому оценку максимального уровня наводки можно производить по сумме резистивной и апертурной составляющей.

Для определения уровней наводимых в цепях напряжений необходимо знать распределение в зоне прокладки электроцепей напряженности магнитного поля, которое зависит от распределения тока по элементам конструкций самолета.

С целью выполнения расчета распределения тока по самолету представим его в виде цилиндра конечной длины  $l$ , контур сечения которого совпадает с контуром сечения исследуемой зоны самолета. Положим, что ток молнии, протекающий по рассматриваемой конструкции, направлен строго вдоль образующих цилиндра. Полагается также, что ток, текущий поперек обшивки, не оказывает влияния на электромагнитную обстановку в представляющих интерес зонах.

Контур сечения выделенной для анализа зоны представляется в виде  $N$  прямоугольных участков, толщина  $\delta$  и проводимость  $\rho$  материала которых соответствуют исследуемой конструкции. Соответственно исследуемая зона представляется в виде цилиндра, состоящего из  $N$  полосок.

В этих условиях токи в полосках не зависят от продольной координаты и направлены вдоль оси цилиндра.

Для определения токов в полосках запишем систему уравнений:

$$\sum_{k=1}^N M_{nk} \times \frac{dj_k}{dt} + j_n \times R_n = U, \quad n = 1, 2, 3, \dots, N; \quad (2)$$

$$\sum_{n=1}^N j_n = I_0(t), \quad (3)$$

где  $j_n$  — ток в  $n$ -й полоске;  $m_{nk}$  — коэффициенты взаимной индукции между  $n$ -й и  $k$ -й полосками;  $R_n$  — резистивное сопротивление  $n$ -й полоски;



$U$  — падение напряжения на длине цилиндра  $l$ ;  $I(t)$  — ток, подводимый к цилиндру, зависимость от времени которого задается формулой (1).

После математических преобразований запишем систему уравнений:

$$\sum_{k=1}^{N-1} M'_{nk} \times \frac{dj_k}{dt} + R_n \times j_n - R_N \times j_N + (M_{nN} - M_{NN}) \times \frac{dI_0}{dt} = 0, \quad (4)$$

где  $n = 1, 2, \dots, N-1$ ,  $j_N = I(t) - \sum_{k=1}^{N-1} j_k$ .

Система уравнений (4) разрешается относительно производных  $dj_k/dt$  ( $k = 1, 2, 3, \dots, N-1$ ) с помощью обращения матрицы  $M'$  коэффициентов при них:

$$M'_{nk} = M_{nk} - M_{Nk} - M_{nN} + M_{NN}. \quad (5)$$

Решение полученной системы дифференциальных уравнений производится по формулам модифицированного предиктор-корректор метода Хемминга.

Наводимое напряжение  $U$  определялось как возникающая при протекании тока молнии по самолету погонная разность потенциалов между проводом разомкнутой электроцепи и корпусом для неэкранированной цепи или между проводом и экраном для экранированной цепи. Расчет напряжения производился по формуле

$$U = U_R - E, \quad (6)$$

где  $E$  — ЭДС, наводимая в контуре, образованном проводом цепи и  $l$ -м проводником контура (при неэкранированной цепи) или экраном (в случае экранированной цепи). Значение  $E$  на 1 м длины рассчитывается по формуле

$$E = -\frac{1}{l} \sum_{j=1}^N (M_{l,j} - M_{k,j}) \frac{dI_j}{dt}. \quad (7)$$

Программирование приведенного выше алгоритма осуществлено на языке FORTRAN.

Разработанная программа позволяет выполнить расчет распределения плотности тока в контуре сечения элемента конструкции самолета, на основании полученных результатов произвести расчеты напряженности магнитного поля и определить наводимые в электроцепях напряжения.

**Определение результирующих значений наводимых в электроцепях напряжений.** Значение наводимого в электроцепи напряжения  $U_H$  определялось путем суммирования его составляющих на всех  $N$  участках трассы рассматриваемого жгута (стабилизатор, киль, фюзеляж, кабина

экипажа, силовая установка):

$$U_{\text{н}} = \sum_{i=1}^N U_i. \quad (8)$$

Здесь  $U_i = U \times l_i$  — значение напряжения, наводимого на  $i$ -м участке жгута длиной  $l_i$ ;  $U$  — значение, полученное расчетным путем по программе WORK.EXE, разработанной в рамках дипломного проекта.

В результате расчетов выявлены наводимые напряжения, которые могут привести к катастрофической, аварийной и сложной ситуации.

Таблица 1

Пример расчета кабельной части системы воздушных сигналов

Исследуемая зона			Номер трассы э/цепей на рисунке	Тип э/цепи	Амплитуда наводимого напряжения на 1 м длины э/цепи, [В] (воздействие на самолет тока молнии с нормированными компонентами: А — однократный удар; D и D/2 — множественный удар; Н — множественная вспышка)			
Наименование зоны	Номера шпангоутов	Длина, [м]			А	D	D/2	Н
2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кабина экипажа, технические отсеки справа и слева от передней ниши шасси	3–10 шпангоут	3,5	6	н/э	1434	1434	717	2052
				н/э *	478	478	239	684
				э	66,5	35	17,5	2,9
				э *	13,3	7,2	3,5	0,6

Таким образом, в результате научно-исследовательской работы произведен анализ требований по защите самолета от воздействия молнии, проведен инженерный анализ, позволивший выявить наиболее критические к воздействию молнии информационно-измерительные системы. Проведен расчет наводимых молнией в кабельных частях критических к воздействию молнии информационно-измерительных системах, показавший, что наводки, возникающие в кабельных частях систем, очень велики и мо-

гут привести к потере функций систем, а в результате — к возникновению катастрофической, аварийной или сложной ситуации. Результаты работы применены при разработке пассажирского самолета SSJ-100.

#### Библиографический список

1. SAE ARP5415 User's Manual for Certification of Aircraft Electrical/Electronic Systems for the Indirect Effects of Lightning 2002 The Engineering Society For Advancing Mobility Land Sea Air and Space. SAE.
2. Отчет о научно-исследовательской работе «Расчетная оценка напряжений, наводимых молнией в электрических цепях межблочных связей бортовых систем и оборудования самолета SUPERJET 100».

А.Я. Сорников, Ю.В. Маслов

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ СОЗДАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНОЙ БАЗЫ СТАНДАРТНЫХ КРЕПЕЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

В промышленности все большее применение наряду с системами твердотельного моделирования высшего уровня (Unigraphics, CATIA) находит программа SolidWorks, относящаяся к системам среднего уровня (хотя с каждой появляющейся версией это деление становится достаточно условным). Для установки программы SolidWorks не требуются серьезные системные ресурсы, она позволяет с достаточной простотой и точностью создавать образы деталей и сборок с большим количеством элементов, кроме того, детали и сборки, созданные в системе SolidWorks могут быть просто импортированы в программы более высокого уровня.

Программа SolidWorks имеет встроенный модуль библиотеки стандартных изделий Toolbox (крепеж, подшипники, прокатный сортамент, кулачки, шкивы, шестерни и т. п. по стандартам ГОСТ, ISO, ANSI, BSI, DIN, JIS и т. д.).

Данный модуль позволяет создавать новые папки и добавлять детали в существующие. К недостаткам модуля Toolbox можно отнести то, что он недостаточно адаптирован к требованиям ГОСТ, крепежные элементы не прорисованы до конца (отсутствуют скругления, фаски и т. п.). Отсутствие

прорисованных фасок и скруглений на крепежных элементах не позволяет определить в модели сборки правильность простановки фасок и скруглений в соединяемых деталях и при проверке модели сборки будет выдаваться информация об интерференции в модели. Условное изображение резьбы на болтах позволяет правильно выбрать длину болта и его резьбовой части. Применение крепежных элементов в сборках с одной стороны увеличивает объемы модели, но позволяет проконтролировать правильность выбора и расположения крепежных элементов и оценить возможность их установки в процессе сборки. Крепежные элементы модуля Toolbox в большинстве своем не могут применяться при создании сборок конструкций летательных аппаратов, использующих в своей конструкции специальные крепежные элементы, определяемые в отраслевых стандартах (ОСТах). Кроме того, в модуле Toolbox отсутствуют шарнирные подшипники ГОСТ 3635–78, достаточно широко применяемые при проектировании, в частности, систем управления ЛА. К недостаткам модуля Toolbox нужно отнести также отсутствие указаний по материалу, из которого изготовлен крепежный элемент, что затрудняет проведение в случае необходимости весового анализа создаваемой конструкции.

Все это требует, с одной стороны, создания библиотеки стандартных элементов, применяемых при создании конструкций летательных аппаратов (библиотеки ОСТов), а с другой — определения правил применения этих элементов при создании сборок, позволяющих исключить изменение настроек, используемых при создании библиотеки.

**Некоторые предложения по хранению информации о сборках агрегатов самолетов.** В число проблем, которые приходится решать при создании твердотельных моделей деталей и сборок из этих деталей, входит создание достаточно стройной и понятной не только автору системы хранения полученной файлов деталей и сборок.

Особенно актуально этот вопрос стоит при выполнении больших сборок (например, сборок самолетов), количество деталей в которых может достигать нескольких десятков тысяч штук, что может привести при отсутствии стройной схемы хранения информации к определенным трудностям.

Так, например, в конструкцию самолета МАИ–223, спроектированного и изготавливаемого в Московском авиационном институте, входит почти 40 различных групп агрегатов и более 2,5 тысяч деталей, не считая стандартных изделий. И это притом, что этот самолет относится к классу «ультралайтов», т. е. его конструкция достаточно проста. За основу берется система обозначения деталей, сборочных единиц и агрегатов в соот-

ветствии с их обозначением в конструкторской документации. При этом на верхнем уровне находится папка со всеми агрегатами и общая сборка всего автожира. На следующем (втором) уровне находятся папки с деталями и сборочными единицами каждого агрегата и сборка этого агрегата. На следующем уровне (третьем) находятся папки с деталями сборочных единиц и их сборок.

При этом обозначение (названия и нумерация) самих деталей, сборочных единиц и агрегатов осуществляется в полном соответствии со спецификацией на создаваемые детали и сборки. Это позволяет в случае возникновения проблем при открытии сборок достаточно просто пройти цепочку к проблемной детали от конца к началу.

Для большего удобства применения и уменьшения общего объема основной сборки можно рекомендовать хранение всех стандартных изделий в отдельной папке и размещать ее на одном уровне с папками общей сборки. В то же время стандартными изделиями может быть дополнена библиотека Toolbox SolidWorks, но в случае, если у другого пользователя ее нет, при открытии сборок возникнут трудности. Эти проблемы при наличии папки со стандартными изделиями в общей папке сборки не будут возникать.

По аналогии с папкой ГОСТ, входящей в состав библиотеки Toolbox программы SolidWorks 2007, папка стандартных изделий, применяемых в авиационной промышленности, называется ОСТ. Но это, в свою очередь, не означает, что в ней хранятся стандартные изделия, предусмотренные отраслевыми стандартами, а только то, что эти изделия (пусть они и созданы по ГОСТам) применяются при проектировании изделий авиационной промышленности.

**Создание папки стандартных изделий, применяемых в авиационной промышленности (ОСТ).** Как уже отмечалось, папка «ОСТ» должна быть вынесена на один уровень с проектами. Внутри нее детали располагаются по подкаталогам согласно их классификации. Если изделие состоит из двух или более частей (шарнирные подшипники, стержневые заклепки), то необходимо создать еще один «уровень» (рис. 1).

Помимо файлов моделей, в данный каталог следует вынести базу материалов и шаблоны (если они отличаются от установленных в SolidWorks).

Встроенная в SW база материалов никак не связана с отраслевыми стандартами. Для проектирования необходимы точные характеристики материалов с указанием номера их стандарта.

За основу нами была взята база, выпущенная SolidWorks Russia. Перед подключением ее необходимо перекодировать в Юникод. Открыть

ОСТ  
#Материалы  
#Шаблоны  
Болты  
    Болт ОСТ1 31102--80.SLDPRT  
Винты  
Втулки  
Гайки  
Подшипники  
    Подшипник Ш\_ ГОСТ 3635--78  
    Подшипник Ш\_ ГОСТ 3635--78 внеш. кольцо.SLDPRT  
    Подшипник Ш\_ ГОСТ 3635--78 внутр. кольцо.SLDPRT  
    Подшипник Ш\_ ГОСТ 3635--78.SLDASM  
Шайбы  
Штифты

Рис. 1. Папка стандартных изделий

файлы базы можно любым текстовым редактором. Если этого не сделать, то при создании нового материала или редактировании старого через менеджер SolidWorks кодировка будет сбита.

Однако корректирование и обновление базы рекомендуется производить именно через текстовый редактор, т. к. менеджер SolidWorks ограничивает количество символов в названии материала по размеру окна ввода.

После установки вашей базы материалов встроенную базу можно отключить путем изменения расширения или удаления файла «solidworks materials.sldmat», расположенного по адресу /SolidWorks/lang/russian/sldmaterials (для русскоязычного SolidWorks).

Перед созданием стандартных изделий необходимо принять единую систему их обозначения. Даже в официальных документах можно встретить различные обозначения одного стандарта: «ОСТ 1 31133–80», «ОСТ1 31133–80» или «ОСТ.1 31133–80». Эти незначительные различия могут создать трудности в процессе дальнейшего пополнения библиотеки. При создании папки стандартных изделий «ОСТ» было принято написание ОСТ1 31133–80.

Далее следует определить, какие дополнительные сведения будут внесены в название детали (серия, покрытие, исполнение и т. п.). Например, для увязки трехмерной модели необходимости в обозначении покрытия не возникает. Но в дальнейшем оно может упростить составление докумен-

тации.

## Общие принципы построения стандартных изделий системе SolidWorks

**Создание объемной модели.** Одной из рекомендаций при построении в SolidWorks вновь разработанных деталей является ее создание в последовательности операций, производимых над заготовкой в ходе технологического процесса. Это несколько увеличивает время работы, размер конечного файла и время прорисовки, но дает возможность выявить неточности в чертеже и более точно смоделировать деталь, а в САПР верхнего уровня и облегчает составление программы для станка с численно-программным управлением.

Создавая стандартные изделия, от этой последовательности можно и, порою, нужно отступить. В большой сборке эти изделия могут достигать 30–50 % всех деталей, и скорость их загрузки и прорисовки важнее, чем правильная последовательность построения.

Также нет необходимости прорисовывания абсолютно всех элементов в стандартизованной детали (таких, как канавка для смазки на подшипнике скольжения или сепаратор на подшипнике качения), тогда как сопрягаемые поверхности должны быть прорисованы наиболее точно. Наличие скругления при переходе головки винта в цилиндрическую часть или фаска на ребре отверстия скажется при проверке интерференции. На весовых характеристиках данные упрощения практически не сказываются.

Фаска на отверстиях с резьбовой поверхностью строиться должна очень аккуратно или не строиться вовсе. Связано это с тем, что отверстие в модели имеет внутренний диаметр резьбы, а фаска отсчитывается от внешнего. На рис. 2, а показано сечение гайки по чертежу, а на рис. 2, б — сечение модели этой же гайки в SolidWorks. Штриховой линией показана фаска, которая была бы создана по значению из ОСТа. Как видно, она не будет соответствовать оригинальной. Приблизительный размер фаски при метрической резьбе для твердотельной модели можно рассчитать по формуле  $c^* = c - 0,87p$ , где  $p$  — шаг резьбы (рис. 2, б).

Размерам в процессе построения следует присвоить обозначения, сходные с теми, что даны в ОСТе. Это упростит дальнейшее составление таблицы параметров. Следует обратить внимание, что SW2007 не видит различий в регистре. Обозначение  $D_{\min}$  можно ввести как  $D'_{\min}$ , а  $D/2$  — как  $D'2$  (рис. 3).

Крепежные элементы, которые при установке в конструкцию подвергаются деформации (заклепки, шпильки), моделировать можно как в ориги-

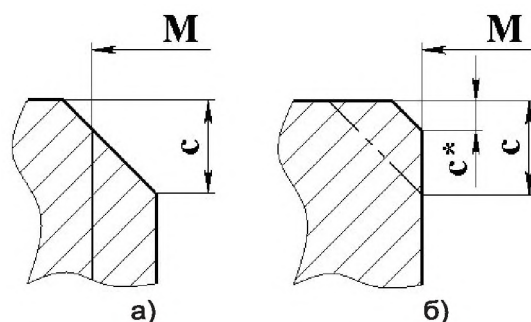


Рис. 2. Сечение гайки: *a* — по чертежу; *б* — в программе SolidWorks

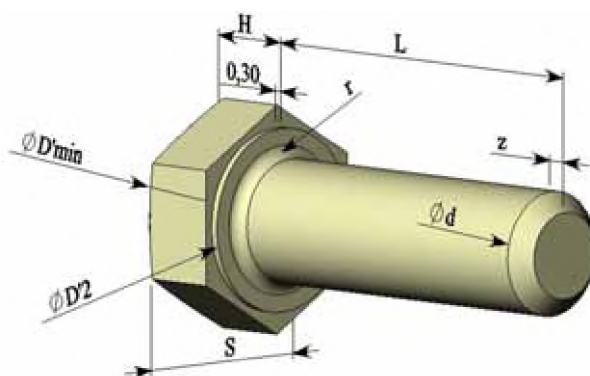


Рис. 3. Обозначения в программе SolidWorks 2007

нальном, так и в деформированном состоянии. В то же время, если установка шплинтов однозначна, то заклепка может быть установлена с полукруглой, полупотайной или потайной замыкающей головкой. В этой ситуации 3D модель расклепанной заклепки будет более наглядным пособием при сборке.

Однако заклепка одного типоразмера может быть установлена на пакет в некотором диапазоне толщин, что делает невозможным вынести ее модель в расклепанном состоянии отдельно от проекта. Установка модели заклепки в состоянии поставки покажет, с какой стороны заклепка устанавливается и, в случае необходимости, даст возможность произвести анализ весовых и центровочных характеристик конструкции.

Построение деталей одного вида рекомендуется вести в сходном порядке. Тогда при предпросмотре файлов моделей в проводнике Windows все детали будут отображены с одного ракурса.

Задание цвета детали предоставляет дополнительные возможности. Можно выделить все изделия одного типа (например, гайки, гайки корончатые и т. д.), задать цвет в соответствии с покрытием или оставить цвет материала. Никаких особых рекомендаций тут нет, решает сам автор.

**Конфигурации и таблица параметров.** Для обеспечения связи созданных моделей стандартных изделий с их параметрами (диаметр резьбы, длина, геометрические размеры и т. д.) необходимо создание Таблицы Па-



раметров (ТП), которая является неотъемлемой частью каждого стандартного изделия.

Встроенное руководство SolidWorks 2007 дает обширные знания по работе с ТП. Ниже рассмотрены несколько примеров, которые дадут большее представление об использовании конфигураций. Перед работой рекомендуется пройти урок по работе с таблицей параметров, содержащийся в «Учебном пособии» SolidWorks.

**Создание Таблицы Параметров.** Таблица параметров представляет собой таблицу в Excel, которая может храниться как в файле модели, так и отдельно от нее. Мы рассматриваем только первый вариант. Помимо основного массива параметров, в таблице могут содержаться и дополнительные данные, введенные через один пустой столбец(строку) от правого(нижнего) края массива. Эти участки можно использовать для написания пояснений к таблице.

Все возможные типоразмеры из стандарта следует ввести в таблицу сразу, и далее только выбирать нужную конфигурацию. Дополнять уже существующую таблицу другим пользователям во время работы не рекомендуется.

При создании новой таблицы выбирается: «источник — пустой», «не разрешать изменения модели, которые влияют на таблицу параметров»; в разделе «Параметры» нужно снять все галочки (рис. 4).

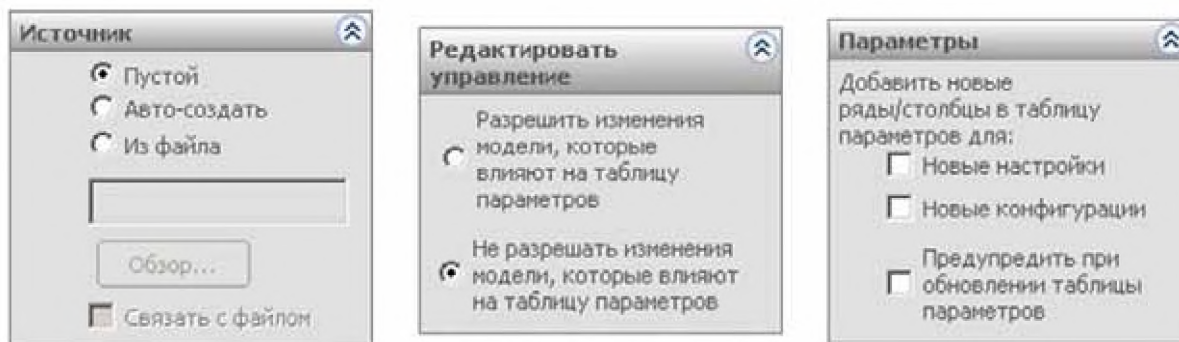


Рис. 4. Создание таблицы параметров

В открывшейся таблице установить формат для всех ячеек «Общий». Это позволит работать с формулами, без учета функциональности таблицы.

При изменении вручную второй строки значения в ячейках будут обработаны как гиперссылки, поэтому иногда имеет смысл отключить в Excel'е автоформат при вводе для интернет адресов (Сервис — Параметры автозамены).

**Работа с Таблицей Параметров.** Функция «Таблица Параметров»

в SolidWorks 2007 предоставляет большие возможности по созданию однотипных деталей, различающихся только размерами. Однако встречаются изделия, изготавливаемые по одному стандарту, но, в зависимости от исполнения или типоразмера, принципиально меняющие форму.

В качестве первого примера рассмотрим болт ОСТ1 31133–80, диаметр резьбовой части которого не во всех случаях соответствует диаметру цилиндрической части. Например, для М6 диаметр цилиндрической части может быть 6 или 7 мм. Когда мы рисуем обычный болт, то цилиндрической части и резьбовая часть представляют собой единый цилиндр; если есть переход — то два цилиндра со ступенчатым переходом. В данном случае в одной модели надо реализовать два разных эскиза.

Здесь есть несколько путей решения. Один — создать «изменяющийся» эскиз (рис. 5). Отрезок «0,4» задан только своей длиной и, в случае равных диаметров  $d$  и  $d1$ , он примет горизонтальное положение.

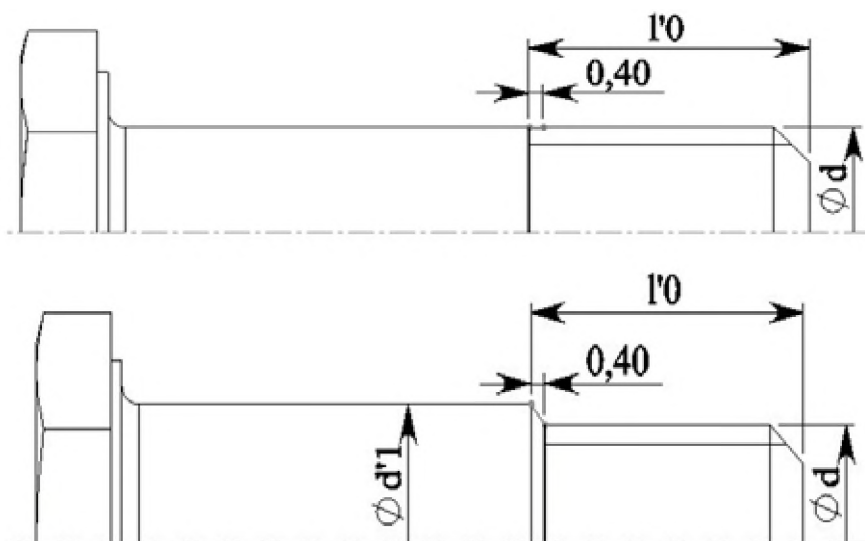


Рис. 5. Изменяющийся эскиз

Для такого построения Таблица Параметров будет иметь следующий вид (рис. 6):

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	d@ Эскиз1	d1@ Эскиз1	D'min@ Эскиз1	D'2@ Эскиз1	S@ Эскиз2	H@ Эскиз1	r@ Эскиз1	z@ Эскиз1	l0 @ Эскиз1	l'0@Усл. Изоб.резб	L@ Эскиз1
6-16	6	6	15	9,2	10	2,5	0,5	1	8	8	16
6-64	6	6	15	9,2	10	2,5	0,5	1	8	8	64
7-16	6	7	15	9,2	10	2,5	0,5	1	8	8	16
7-64	6	7	15	9,2	10	2,5	0,5	1	8	8	64
			=СЦЕПИТЬ(C4;"-";L4)		=F4*1,5						

Рис. 6. Таблица параметров для изменяющегося эскиза

Размер  $D_{\min}$ , как и название конфигурации, задается при помощи формулы. Такое решение позволяет упростить заполнение таблицы и получить на готовой модели головку болта с «целым» численным значением размера «под ключ». В название конфигурации можно внести и покрытие.

Здесь и ниже различные типоразмеры для деталей в Таблице параметров разделены для удобства утолщенной линией, а промежуточные значения пропущены. Выделение серым цветом полей служит только для наглядности и функционального значения не несет.

Гайка ОСТ1 33018–80 также меняет форму в зависимости от диаметра. Для диаметров М4–М14 она изготавливается в стандартном исполнении, а для диаметров М16–М24 — в виде корончатой гайки (рис. 7).



Рис. 7. Модели гайки ОСТ1 33018–80 разных диаметров

Использовать тот же принцип, что был заложен в примере выше, не получится. В одном файле надо создать две различных модели и, в зависимости от типоразмера, подгружать необходимую (рис. 8).

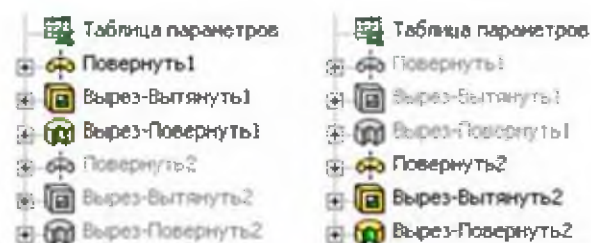
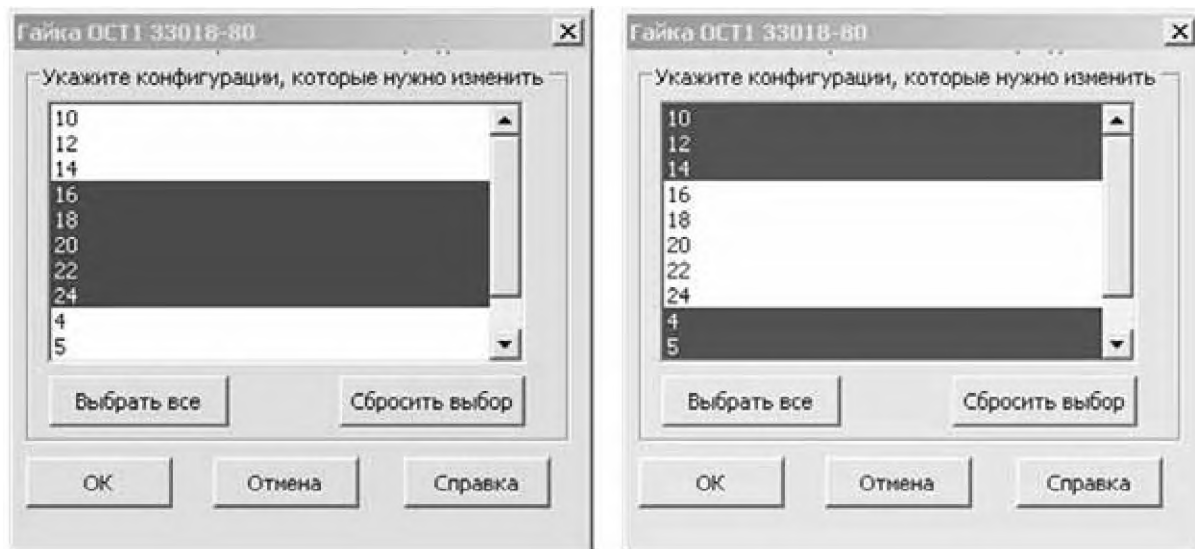


Рис. 8. Две модели в одном файле

Порядок построения будет выглядеть следующим образом:

- а) строится первая 3D-модель и создается ее Таблица Параметров;
  - б) первая модель «гасится» путем «откатывания» всех элементов дерева;
  - в) аналогично строится вторая модель, и для нее дополняется Таблица Параметров;
  - г) элементы в состоянии «отката» «высвечиваются»;
  - д) устанавливается, в каких случаях какая модель загружается.
- Это можно сделать через Дерево Конструирования или Таблицу Пара-

метров. В первом случае выделяются все три элемента первой модели, выбираются «Свойства элемента», устанавливается галочка «погашен», выбирается «Указать конфигурацию». В следующем окне выделяются необходимые конфигурации (рис. 9, а). То же делается и для элементов второй модели (рис. 9, б).



а) б)  
Рис. 9. Выделение конфигурации для каждой модели

Хотя способ с «погашением» через «Дерево Конструирования» в данном случае более быстрый, но задание отображения компонента через Таблицу Параметров в большинстве случаев является наилучшим. Он дает наглядное представление о выборе компонентов и более стабилен в работе. В дальнейшем будет описываться именно он (рис. 10).

	d@Эскиз4	d@Эскиз1	D1@Эскиз4	D1@Эскиз1	D3@Эскиз1	S@Эскиз5	S@Эскиз2	H@Эскиз4	H@Эскиз1	h@Эскиз1	\$СОСТОЯН ИЕ@Поверн уть1	\$СОСТОЯН ИЕ@Вырез- Вытянуть1	\$СОСТОЯН ИЕ@Вырез- Повернуть1	\$СОСТОЯН ИЕ@Поверн уть2	\$СОСТОЯН ИЕ@Вырез- Вытянуть2	\$СОСТОЯН ИЕ@Вырез- Повернуть2
4	4	11			7	4					ПОГ	ПОГ	ПОГ	НЕПОГ	НЕПОГ	НЕПОГ
14	14	29			19	12					ПОГ	ПОГ	ПОГ	НЕПОГ	НЕПОГ	НЕПОГ
16	16	36	22		24	13	7				НЕПОГ	НЕПОГ	НЕПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ
20	20	45	28		30	17	10				НЕПОГ	НЕПОГ	НЕПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ

Рис. 10. Таблица параметров

Минус построения с несколькими моделями по сравнению с «изменяющимся эскизом» — возможность появления конфликтов при смене конфигурации уже установленной детали.

Перейдя к сборочным единицам, рассмотрим шарнирный подшипник

ГОСТ 3635–78, состоящего из внутреннего и внешнего колец (рис. 11).



Рис. 11. Шарнирный подшипник ГОСТ 3635–78

Для каждого типоразмера подшипника кольца принимают определенные размеры, что приводит к необходимости вызывать различные конфигурации прямо из узла. Для этих целей в SolidWorks используется оператор «\$Configuration», вызывающий нужную конфигурацию компонента.

Сборочная единица подшипника имеет два сопряжения: концентричность и граничный угол, задающийся в стандарте. Но во время сборки и «подгонки» может возникнуть необходимость в отключении ограничения на угол. Редактировать саму сборку крайне нежелательно, т. к. из-за этого могут быть нарушены сопряжения в других сборочных единицах. В данном случае рекомендуется создать две конфигурации на подшипник. В одной, по правилам, угол задан. Во второй этого ограничения нет, его использование является временным и предназначено только для расчетов (подгонки) или демонстрации.

Первоначально создается внутреннее и внешнее кольцо со своими Таблицами Параметров. Далее создается сборка, в которой необходимо задать все возможные ограничения на угол. И только после этого создается Таблица Параметров на сборку (рис. 12).

	\$configuration@ Подшипник Ш_ ГОСТ 3635-78 внеш. Кольцо<1>	\$configuration@ Подшипник Ш_ ГОСТ 3635-78 внутр. Кольцо<1>	\$СОСТОЯНИЕ@ Граничный угол 6°	\$СОСТОЯНИЕ@ Граничный угол 12°	\$СОСТОЯНИЕ@ Граничный угол 13°	\$СОСТОЯНИЕ@ Граничный угол 14°	\$СОСТОЯНИЕ@ Граничный угол 15°	\$СОСТОЯНИЕ@ Граничный угол 16°
Ш_4	Ш_4	Ш_4	ПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ	НЕПОГ	ПОГ
Ш_5	Ш_5	Ш_5	ПОГ	ПОГ	НЕПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ
ЕШ_8	ЕШ_8	ЕШ_8	ПОГ	ПОГ	ПОГ	НЕПОГ	ПОГ	ПОГ
Ш_4 (без огран.)	Ш_4	Ш_4	ПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ
Ш_5 (без огран.)	Ш_5	Ш_5	ПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ
ЕШ_8 (без огран.)	ЕШ_8	ЕШ_8	ПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ	ПОГ

Рис. 12. Таблица параметров

Во втором столбце этой таблицы указан список конфигураций для внешнего кольца, в третьем — для внутреннего. В данном примере, как и в большинстве случаев, названия им лучше дать одинаковые.

В верхней части таблицы все конфигурации имеют ограничение по углу. Список сопряжений загруженной конфигурации «Ш\_5» с граничным углом 13° в данном примере будет иметь вид, показанный на рис. 13.

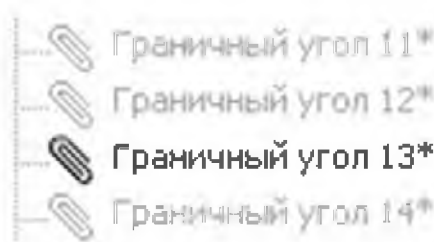


Рис. 13. Ограничение по углу

После построения и проверки первой части таблицы обычным копированием ее создается вторая часть. В ней все «Состояния» Граничных Углов выставляются в «ПОГ», т. е. погашены.

**Сохранение файлов.** Перед сохранением файла рекомендуется произвести следующие действия.

1. Проверить различные конфигурации на предмет конфликтов.
2. Зайти во вкладку «Менеджер Конфигураций» и выбрать наиболее используемую в проекте конфигурацию. А для сферического подшипника установить внутреннее отверстие соосно внешнему кольцу (не забыв после этого удалить сопряжение).
3. Удалить все имеющиеся конфигурации, кроме этой (ее удалить не получится). Данное действие очистит всю техническую информацию, удалит модели, построенные не по таблице. Однако это нельзя делать, если вы задавали какие-то настройки для разных конфигураций не через «Таблицу Параметров», а через «Дерево Конструирования» (как показывалось на примере гайки). В этом случае будут удалены все настройки.
4. Развернуть модель для наиболее наглядного отображения (например, изометрия).
5. Открыть и закрыть таблицу параметров. После этого все удаленные конфигурации будут воссозданы.
6. Если вы хотите, чтобы при выборе файла через SolidWorks для всех конфигураций был доступен предпросмотр, необходимо поочередно выбрать каждую конфигурацию. Данное действие оправдано только для сильно различающихся конфигураций. При однотипных конфи-



гурациях это лишь увеличит время работы и размер файла.

7. Для сохранения используйте пункт «Файл — Сохранить как». Очень важно, чтобы между вышеперечисленными действиями модель не сохранялась, иначе весь смысл будет потерян.

Размер конечного файла уменьшится в несколько раз.

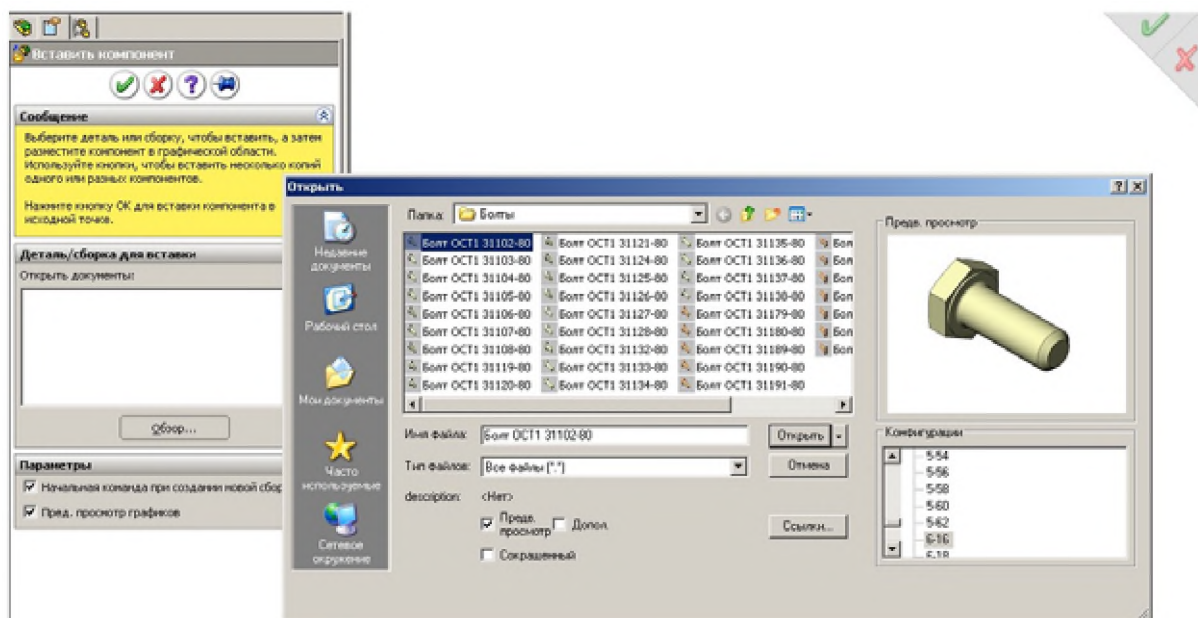


Рис. 14. Вставка стандартного элемента

**Применение базы стандартных элементов в системе геометрического моделирования.** При создании сборок в случае необходимости вставка стандартного элемента осуществляется непосредственно из папки ОСТ указанием конфигурации элемента (рис. 14).

Применение библиотеки стандартных крепежных элементов ОСТ при моделировании объектов авиационной техники позволит повысить качество проектируемых объектов, создать единое поле при работе различных групп конструкторов и уменьшить цикл разработки авиатехники.

# ***СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА***

А. Ю. Соломатин

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС**

Конкуренция — это процесс управления субъектом своими конкурентными преимуществами на конкретном рынке (территории) для одержания победы или достижения других целей в борьбе с конкурентами.

Конкуренция является движущей силой развития общества, главным инструментом экономии ресурсов, повышения качества товаров и уровня жизни населения.

Под конкурентоспособностью понимается комплекс потребительских и стоимостных (ценовых) характеристик товара, определяющих его успех на рынке, то есть преимущество именно этого товара над другими в условиях широкого предложения конкурирующих товаров аналогов.

Любой товар, находящийся на рынке, фактически проходит там проверку на степень удовлетворения общественных потребностей: каждый покупатель приобретает тот товар, который максимально удовлетворяет его потребности.

Поэтому конкурентоспособность товара можно определить только сравнивая товары конкурентов между собой. Иными словами, конкурентоспособность — относительное понятие, четко привязанное к конкретному рынку и времени продажи.

Изучение конкурентоспособности товара должно вестись непрерывно и систематически, в тесной привязке к фазам его жизненного цикла.

Общую конкурентоспособность продукции или услуги формирует ряд конкурентных преимуществ.

Конкурентное преимущество системы — какая-либо эксклюзивная ценность, которой обладает система и которая дает ей превосходство перед конкурентами.

Для управления конкурентными преимуществами и конкурентоспособностью объектов и услуг необходимо руководствоваться следующим:



- 1) анализ, отбор и обоснование конкурентных преимуществ и факторов конкурентоспособности объектов;
- 2) развитие слабых сторон объекта и создание новых конкурентных преимуществ;
- 3) формирование цели функционирования и развития объекта;
- 4) фокусирование факторов конкурентоспособности на цель или «сжатие» всех конкурентных преимуществ в одну позицию.

К интегральной оценке конкурентных преимуществ нужно применять системный, комплексный и нормативный подходы.

С позиций системного подхода, при интегральной оценке конкурентных преимуществ объектов как систем следует отдельно оценивать факторы внешнего окружения и внутренней структуры систем (или внешние и внутренние факторы).

С позиций комплексного подхода, при оценке конкурентных преимуществ следует учитывать технические (технический уровень производства и выпускаемой продукции и т. п.), правовые (стабильность демократических преобразований, системность и обоснованность законодательных актов по различным направлениям права), рыночные (потенциал рынка, сила конкуренции, открытость, маркетинг и т. п.), научные (глубина анализа экономических законов и закономерностей, законов организации, широта и глубина применения научных подходов, современных методов), экономические (рентабельность, устойчивость, финансовые инструменты, обеспеченность ресурсами и т. д.), организационные (организация производства, труда и менеджмента, логистика, организация рыночной инфраструктуры и т. д.), психологические и другие аспекты обеспечения конкурентоспособности, а также их взаимовлияния.

Применение нормативного подхода к оценке побуждает организовывать нормирование и мониторинг конкретных факторов преимущества конкретных объектов.

Оценка конкурентоспособности происходит по конечным итоговым результатам реакции конкретного рынка (потребителя) на конкретный товар, а оценка конкурентных преимуществ осуществляется на ранних стадиях инвестирования, при технико-экономическом обосновании инновационных и инвестиционных проектов. Дальнейший мониторинг реализации конкурентных преимуществ проводится на стадиях производственного процесса и логистики, вплоть до продажи товара (услуги). Поэтому очень важно обоснованно, жестко и регулярно проводить политику наращивания конкурентных преимуществ различных объектов. Методами (инструментами) реализации этой политики являются учет, анализ, нормиро-

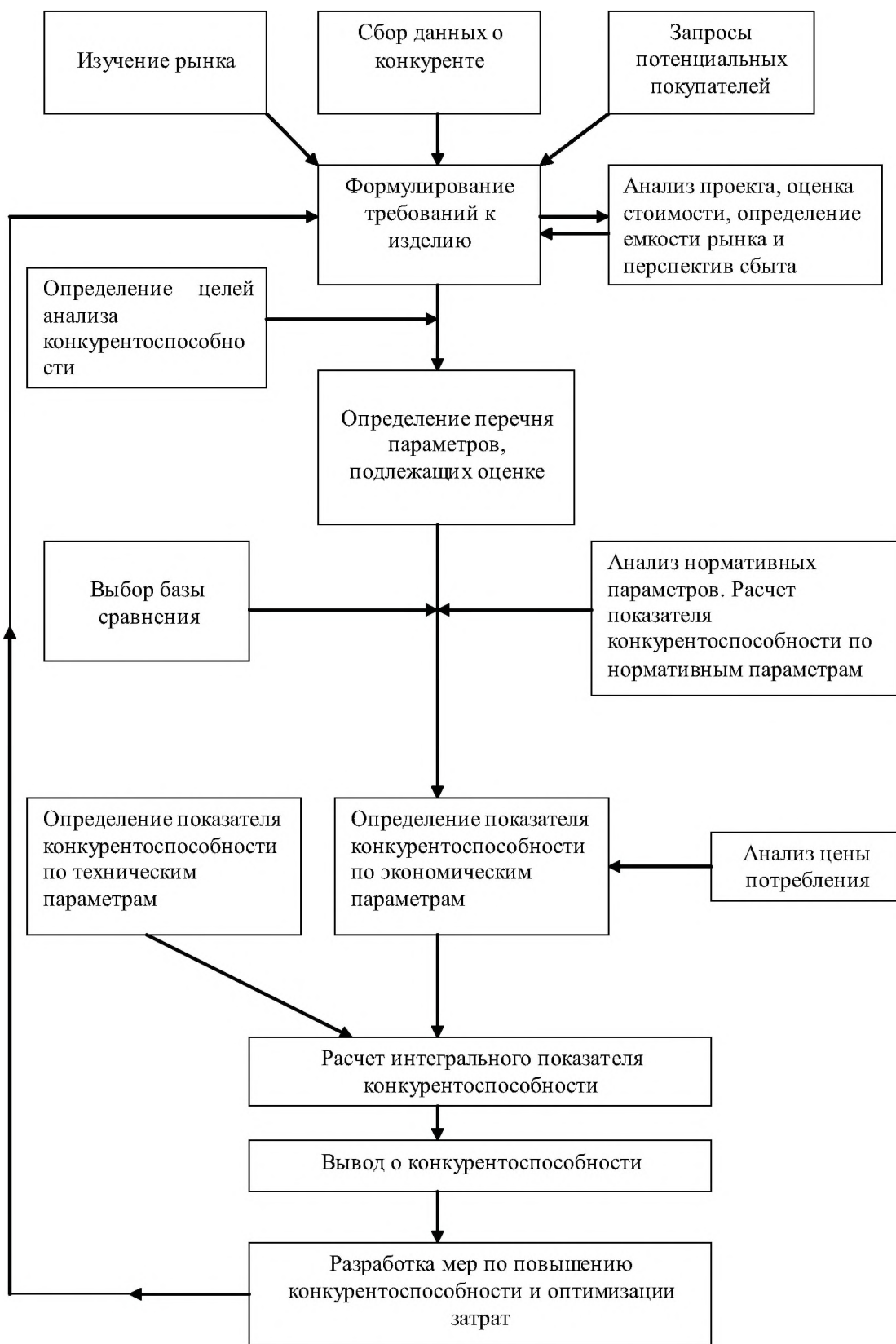


Рис. 1. Типовая схема оценки конкурентоспособности

вание и оценка конкурентных преимуществ.

На стадии проектирования (инновационного, инвестиционного, стратегического планирования и т. д.) интегральную оценку конкурентных преимуществ, например, товара можно осуществлять по формуле

$$КП_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_i \Pi_j \times \beta_{ij} \Phi_{ij},$$

где  $КП_1$  — интегральный показатель конкурентных преимуществ конкретного товара;

$i = 1, 2, \dots, n$  — номер конкурентного преимущества конкретного товара;

$j = 1, 2, \dots, m$  — номер фактора  $i$ -го конкурентного преимущества товара;

$\alpha_i$  — весомость  $i$ -го конкурентного преимущества;

$$\sum \alpha_i = 1;$$

$\beta_{ij}$  — весомость  $j$ -го фактора  $i$ -го конкурентного преимущества;

$$\sum \beta_{ij} = 1;$$

$\Pi_i$  — относительное или нормативное значение  $i$ -го конкурентного преимущества;

$\Phi_{ij}$  — относительное или нормативное значение  $i$ -го фактора  $j$ -го конкурентного преимущества.

Интегральный показатель конкурентных преимуществ товара характеризует его потенциальную конкурентоспособность.

Не все конкурентные преимущества и определяющие их факторы можно оценить количественно. Если это невозможно, то применяются экспертные методы оценки как факторов и преимуществ, так и их весомости.

Далее проводится оценка конкурентных преимуществ российской системы спутниковой навигации ГЛОНАСС перед американской системой GPS. К важнейшим критериям качества услуги глобального позиционирования относятся точность и надежность спутникового навигационного сигнала.

Российская система ГЛОНАСС более конкурентоспособна, чем американская GPS.

Это объясняется тем, что для определения координат американской навигационной системе необходимо захватить сигнал от пяти–шести спутников, из них выбирается наиболее устойчивый сигнал от четырех спутников. Российской системе ГЛОНАСС достаточно видеть четыре спутника и захватить сигнал от трех из них. Очевидно, что при одинаковом количестве спутников в орбитальной группировке российская система дает более

надежный сигнал.

Несмотря на то, что преимущество российской системы над американской невелико, российская система имеет лучшие характеристики. При этом она находится на стадии восстановления и имеет неполную орбитальную группировку. Но даже при таком состоянии российская система спутниковой навигации ГЛОНАСС способна удовлетворять потребности потребителя на внутреннем рынке.

Одно из преимуществ системы ГЛОНАСС по сравнению с GPS состоит в том, что сигналы российской системы, благодаря более удачному частотному разделению, труднее подавить помехами.

Если говорить о безопасности страны, в том числе экономической, то преимущества наличия собственной спутниковой системы очевидны. Так, при угрозе (и не обязательно военной) национальным интересам ничто не мешает правительству США отключить гражданский сегмент GPS или просто начать взимать плату за обслуживание орбитальной инфраструктуры — в настоящий момент поддержание спутниковой группировки оплачивается из государственного бюджета. Важно, что архитектура GPS позволяет проводить так называемое селективное отключение, когда функция позиционирования становится недоступной (либо работает с огромными погрешностями) только над определенной территорией.

В российской спутниковой системе используются иные, нежели в зарубежных аналогах, архитектура и принципы, например, метод не кодового (CDMA), а частотного (FDMA) разделения сигналов. Однако в настоящее время уже рассматривается вопрос о принципах обеспечения совместимости систем. Возможен переход системы ГЛОНАСС на технологию CDMA либо реализация передачи нового CDMA-сигнала на перспективных спутниках системы.

Таким образом, можно говорить о том, что российская спутниковая система конкурентоспособна и продолжает развиваться. Необходимо наращивать конкурентные преимущества и исправлять недоработки по другим, менее важным параметрам. При проведении всех необходимых для этого работ получается спутниковая навигационная система, существенно превосходящая зарубежные аналоги. Это позволит выйти на мировой рынок с конкурентоспособным предложением и занять существенный объем этого рынка.

На текущем этапе система может полностью удовлетворить потребности внутреннего российского рынка спутниковой навигации. И, несмотря на то, что система ГЛОНАСС находится не в штатном режиме работы, она уже приносит определенный экономический эффект, связанный с использованием навигационной информации.

Ю. В. Косырихина

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»*

## **ОЦЕНИВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Согласно ГОСТ Р ИСО 9001-2001 организация должна определять критерии и методы оценивания результативности [1]. Одним из основных инструментов совершенствования деятельности организации в области качества является измерение результативности действующей системы менеджмента качества (СМК) [2]. Однако в стандартах при декларации данного принципа не предлагается определенного механизма комплексной оценки результативности. Поэтому вопросы, связанные с проблемой адекватной и объективной оценки, а также последующего анализа результативности СМК, приобретают вид задачи как теоретической, так и практической значимости [3].

Проведен анализ методик оценивания результативности функционирования СМК: Н. В. Андросенко, Н. Г. Макарова, В. С. Наумова, Е. В. Гуровой, В. А. Кондрикова. Результаты анализа позволяют сделать вывод, что основными недостатками являются отсутствие четкого формулирования показателей и критериев результативности, а также большая трудоемкость реализации.

Таким образом, необходимо разработать методику, позволяющую оперативно оценивать результативность функционирования системы менеджмента качества.

Разработана методика оценивания результативности СМК.

Предложено результативность всей СМК определять по результативности следующих процессов:

— указанные в ГОСТ Р ИСО 9001-2001 как обязательные документированные процедуры («внутренний аудит», «корректирующие действия»,

«предупреждающие действия», «управление документацией», «управление записями», «управление несоответствующей продукцией»);

— «удовлетворенность потребителей» (первый принцип менеджмента качества, без успешной реализации которого невозможно нормальное функционирование СМК, высшее руководство должно обеспечивать определение и выполнение требований потребителей для повышения их удовлетворенности);

— «анализ со стороны руководства» (высшее руководство должно анализировать через запланированные интервалы времени систему менеджмента качества организации с целью обеспечения ее постоянной пригодности, достаточности и результативности);

— «процесс производства» и «закупки» (так как особенности СМК определяются характерными чертами процесса производства).

Результативность функционирования СМК определяется величиной интегрального показателя, равного сумме значений результативности процессов:

$$R_{\text{СМК}} = \sum_{i=1}^9 R_{ni},$$

где  $R_{\text{СМК}}$  — результативность функционирования СМК;

$R_{ni}$  — результативность функционирования  $i$ -го процесса;

$i$  — количество оцениваемых процессов.

Результативность каждого процесса определяется суммой произведений значения показателя на соответствующий коэффициент весомости:

$$R_{ni} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \alpha_i,$$

где  $R_{ni}$  — результативность функционирования  $i$ -го процесса;

$P_i$  — значение показателя результативности  $i$ -го процесса;

$\alpha_i$  — коэффициент весомости  $i$ -го процесса [4].

Назначение балльных оценок показателей результативности процессов осуществляется по шкале:

если  $P_i < 50\%$ , то  $P_i = 0$ ;

если  $50\% \leq P_i < 75\%$ , то  $P_i = 1$ ;

если  $75\% \leq P_i < 100\%$ , то  $P_i = 2$ ;

если  $P_i = 100\%$ , то  $P_i = 3$  [5].

Для количественной оценки результативности процесса необходимо:

— определить совокупность показателей, которая позволит оценить процесс;

- определить коэффициенты весомости;
- определить шкалу назначения балльных оценок.

Сбор и передачу информации в отдел управления качеством осуществляют ответственные за выполнение оцениваемого процесса.

Для оценки процесса необходимо сформировать совокупность показателей. Для этого надо определить:

- потребителей данного процесса;
- требования и ожидания потребителей данного процесса.

Процессы зависят от своих потребителей должны понимать их текущие и будущие потребности, выполнять их требования и стремиться превзойти их ожидания [6]. Поэтому важно определить все процессы-потребители. Рассмотрим процедуру определения показателей результативности на примере процесса «Управление закупками» (рис. 1, табл. 1).

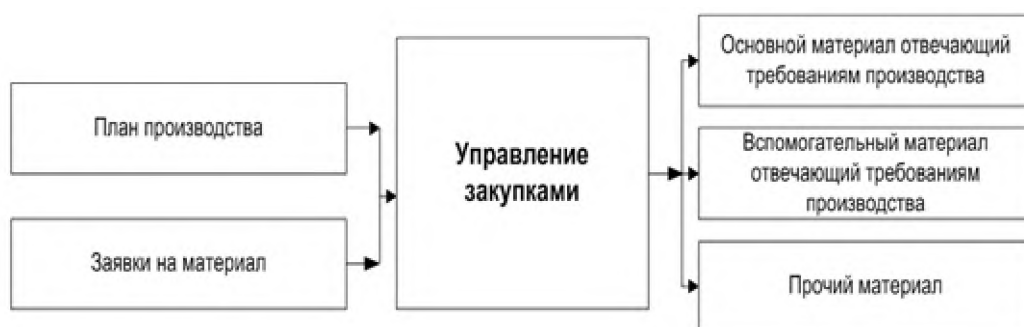


Рис. 1. Модель процесса–поставщика «Управление закупками»

Также важно определить требования потребителя. Процессу–потребителю от процесса–поставщика необходимо в определенное время в определенное место определенное количество того, что нужно процессу-потребителю.

Таблица 1

Процессы–потребители процесса «Управление закупками»

Выход	Процесс (подпроцесс) - потребитель
Основной материал, отвечающий требованиям производства	Контроль материала и продукции на этапах жизненного цикла
	Производство продукции
Вспомогательный материал, отвечающий требованиям производства	Контроль материала и продукции на этапах жизненного цикла
	Инфраструктура
	Производство продукции
Прочие материалы	Все процессы

Для организации очень важно выбрать такие показатели результативности процесса, которые бы достоверно отражали деятельность процесса и запланированные результаты. Показатель должен быть:

- измеримым;
- доступным в получении;
- уникальным (одной характеристике – один показатель).

Из предъявленных требований процессу «Управление закупками» были сформулированы следующие показатели результативности:

- доля основного, вспомогательного и прочего материала, не соответствующего требованиям;
- выполнение графиков поставки основного, вспомогательного и прочего материала;
- выполнение заявленного объема поставок основного, вспомогательного и прочего материала [7].

Аналогично были определены показатели для всех процессов, определенных на базовом предприятии ОАО «Завод подшипников скольжения» (г. Тамбов), а также источники информации.

Коэффициент весомости показателя оценки результативности процесса отражает степень, с которой данный показатель характеризует процесс по сравнению с другими показателями.

Для коэффициентов весомости показателей, выбранных для оценки результативности, должно удовлетворяться условие

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1,$$

в котором  $\alpha_i$  — коэффициент весомости  $i$ -го показателя;  $n$  — количество показателей оценки результативности процесса.

Для определения коэффициентов весомости показателей использован экспертный метод. В экспертную группу были включены сотрудники отдела управления качеством, представители подразделений, а также ответственные за выполнение процесса.

При решении задачи определения значений коэффициентов весомости показателей воспользуемся способом ранговых оценок с полным парным сравнением показателей.

Подготовлены анкеты для опроса экспертов, в которых указывается цель анкетирования, показатели результативности процесса, приведена матрица парных сравнений показателей и правила назначения экспертных оценок.

Для оценки степени согласованности экспертов используется коэффициент конкордации  $W$ . О согласии экспертов можно говорить, начиная с величины  $W = 0,42$ .

Далее вычисляются коэффициенты весомости для каждого показателя



по числу баллов, данных ему конкретным экспертом, по формуле

$$\alpha_i = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i},$$

где  $\alpha_i$  — коэффициент весомости  $i$ -го показателя;

$N_i$  — балл  $i$ -го показателя;

$n$  — количество показателей.

Обобщение полученных результатов обработки таблиц полных парных сравнений показателей результативности оцениваемого процесса всех экспертов производим путем определения средних арифметических значений коэффициентов весомости показателей [8]. Далее проводится проверка на выполнение условия

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1.$$

Таким образом, посчитаны коэффициенты весомости для показателей всех процессов.

Для оценивания осуществленной за отчетный период деятельности определяется прирост результатов оценивания по отношению к базовому (исходному периоду). Результат, полученный за отчетный период, сравнивается с базовым периодом, и производится оценивание результативности.

Предложенная методика внедрена на ОАО «Завод подшипников скольжения» (г. Тамбов). Динамика изменения результативности за 2007 и первый квартал 2008 года представлена на рис. 2.

Динамика изменения результативности показывает, что предложенная методика оценивания результативности позволяет наиболее точно охарактеризовать результативность функционирования системы менеджмента качества, так как результаты подсчета по нашей методике предполагают разработку и внедрение корректирующих и предупреждающих действий. Результаты же оценивания по методике предприятия (IV квартал 2007 года и I квартал 2008 года) не указывают на необходимость проведения действий, направленных на устранение причин несоответствий и улучшение деятельности предприятия.

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9001–2001 Системы менеджмента качества. Требования.
2. Новиков В. Я. По материалам четвертой встречи специализированного клуба «Менеджер по качеству» / В. Я. Новиков <http://quality.eur.ru/MATERIALY3>
3. Швец В. Е. К вопросу определения результативности и эффективности СМК // Методы менеджмента качества. 2004. № 6. С. 4–8.

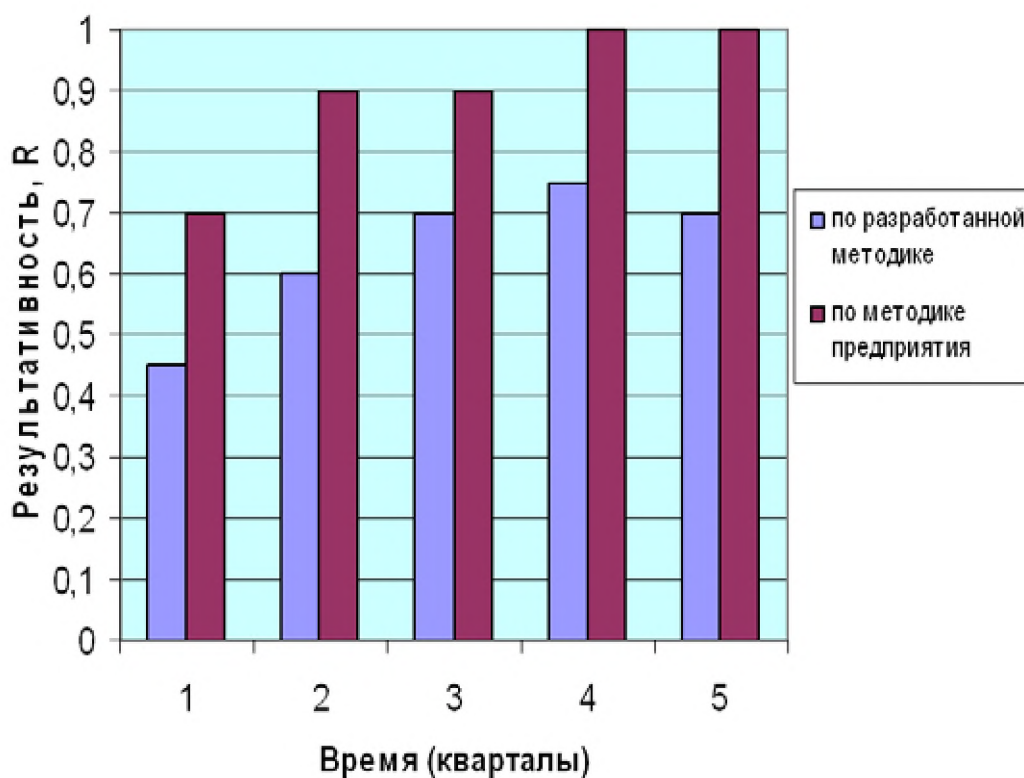


Рис. 2. Динамика изменения результативности

4. Косырихина Ю. В., Трофимов А. В. Оценка результативности функционирования системы менеджмента качества машиностроительного предприятия // XXXIV Международная молодежная научная конференция «Гагаринские чтения», г. Москва. М.: МАТИ, 2008. С. 129–130.
5. Косырихина Ю. В. Оценка результативности процесса «Внутренний аудит» системы менеджмента качества машиностроительного предприятия // Седьмая Всероссийская научно-практическая конференция «Управление качеством», г. Москва. М.: МАТИ, 2008. С. 183–184.
6. Кондриков, В. А. Результативность и эффективность СМК предприятия // Методы менеджмента качества. 2006. № 10. С. 27–31.
7. Косырихина Ю. В., Трофимов А. В. Определение показателей оценивания результативности процессов системы менеджмента качества // Четвертая Международная научно-практическая конференция «Составляющие научно-технического прогресса», г. Тамбов. — Тамбов, ТГТУ, 2008. С. 27–29.
8. Косырихина Ю. В., Трофимов А. В. Определение коэффициентов весомости показателей результативности процессов СМК // Первая Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы науки», г. Тамбов. — Тамбов, ТГТУ, 2008. С. 72–74.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Высшему руководству предприятия необходимо знать уровень развития системы менеджмента качества (СМК) для принятия решений, основанных на фактах.

Проведен анализ известных методик оценивания менеджмента качества. Выявлено, что эти методики разработаны без учета особенностей предприятия. Для применения методик на предприятии необходимо адаптировать их с учетом цели оценивания и особенностей предприятия.

Определены требования к методике. Методика должна: оценивать уровень развития системы менеджмента качества и степень внедрения каждого принципа менеджмента качества; осуществляться оперативно внутренними средствами предприятия; детально анализировать проблемные места.

Разработана методика оценивания уровня развития системы менеджмента качества машиностроительного предприятия, направленная на постоянное улучшение СМК. Методика содержит пять этапов: планирование, подготовка, проведение, обработка результатов, разработка корректирующих и предупреждающих действий.

Для оценивания ответов экспертов разработана квалиметрическая шкала порядка, а для анализа уровня развития системы менеджмента качества — квалиметрическая шкала разностей.

Определен процесс нахождения результативности и эффективности процесса «оценивание уровня развития системы менеджмента качества», что позволит управлять этим процессом.

Сформированы необходимые действия для внедрения методики на предприятии, которые позволяют преодолеть противодействие персонала. Процедура внедрения этой методики состоит из четырех следующих этапов: распределение ответственности и полномочий; обеспечение человеческими ресурсами; подготовка документации для процедуры внедрения; внедрение программного обеспечения; обучение персонала.

Для регламентации проведения процесса оценивания уровня развития разработана документированная процедура в виде стандарта предприятия «оценивание уровня развития системы менеджмента качества» (рис. 1).

Апробация методики «оценивание» проводилась на машиностроительном предприятии и основывалась на экспертной оценке степени реализации на предприятии восьми принципов менеджмента качества с первого квартала 2006 года по первый квартал 2008 года. Первая апробация методики показала низкие знания персонала в области менеджмента качества и слабое понимание восьми принципов менеджмента.

Разработана учебная программа и проведено обучение начальников цехов и отделов основным принципам стандартов ИСО серии 9000.

Получены результаты проведения оценивания во втором квартале 2006 года, которое проводилось с использованием Internet-технологий. На рис. 2 представлена гистограмма степени развития процессов первого уровня на базовом предприятии.

По мнению экспертов, на предприятии степень реализации принципов менеджмента качества наиболее развита в процессе первого уровня «Поставка, монтаж и техническое обслуживание» — 3,9, а наименьшую степень развития принципов имеет процесс первого уровня «Планирование производства» — 3,1, поэтому необходимо продолжить анализ этого процесса. Уровень развития СМК в результате опроса экспертов равен 3,44 балла.

На рис. 3 представлена гистограмма степени развития процессов второго уровня в процессе «Планирование производства».

Эксперты поставили наивысшие баллы процессам второго уровня «Управление документацией» — 4,2 и наименьшие баллы процессам: «Управление записями» — 3,1, «Планирование производства» — 2,9, «Управление персоналом» — 3.

С помощью работы экспертов в команде по полученным данным выявлена одна из причин низкого уровня развития процесса «Планирование производства» и разработано корректирующее действие — обеспечение процесса поступления информации в проектно-конструкторский отдел о деловом возврате на складе для его применения.

На рис. 4 представлена динамика изменения уровня развития СМК за период с первого квартала 2006 года по первый квартал 2008 года.

В результате проведения оценивания уровня развития по разработанной методике получены следующие положительные эффекты:

- постоянное наличие информации о функционировании системы менеджмента качества на предприятии;
- наличие информации о местах, в которых необходимо улучшение;
- принятие руководством решений, основанных на фактах;

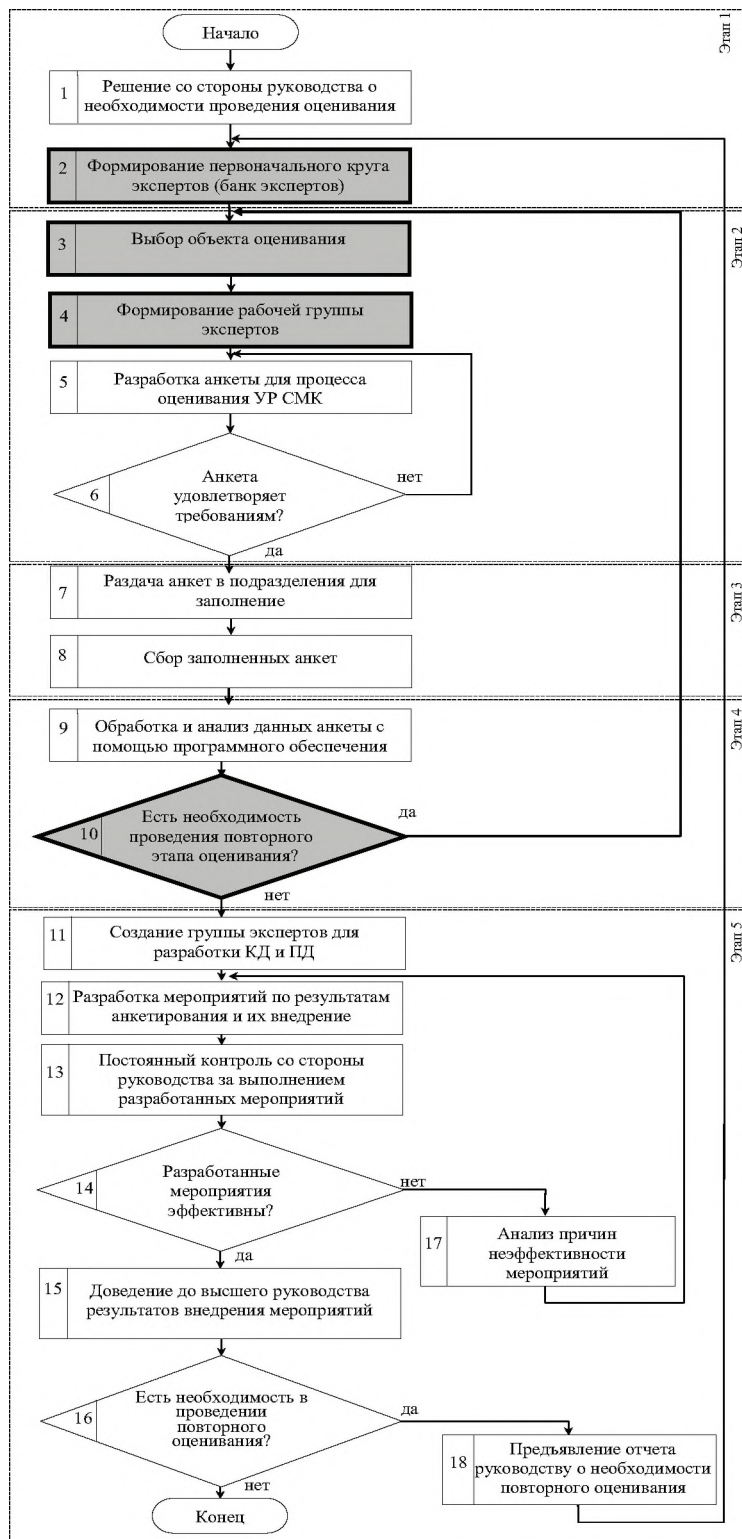


Рис. 1. Блок-схема алгоритма процесса оценивания уровня развития СМК

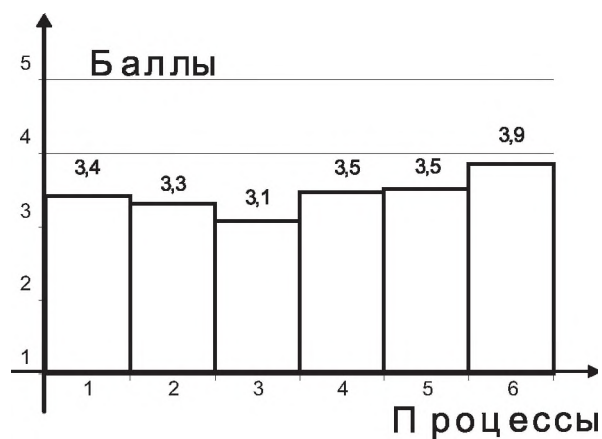


Рис. 2. Гистограмма степени развития принципов менеджмента качества в процессах первого уровня предприятия: 1 – работа с потребителем; 2 – проектирование и разработка; 3 – планирование производства; 4 – закупки; 5 – производство продукции; 6 – поставка, монтаж и техническое обслуживание

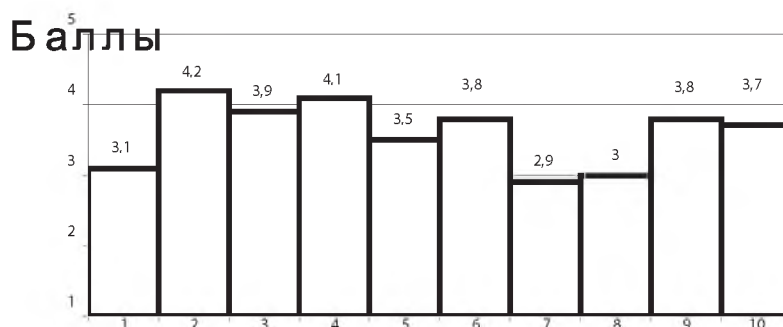


Рис. 3. Гистограмма степени развития процессов второго уровня в процессе «Планирование производства»: 1 – управление записями; 2 – управление документацией; 3 – корректирующие и предупреждающие действия; 4 – планирование СМК; 5 – внутренние аудиты; 6 – анализ со стороны руководства; 7 – планирование производства; 8 – управление персоналом; 9 – управление финансами; 10 – управление инфраструктурой, производственной средой

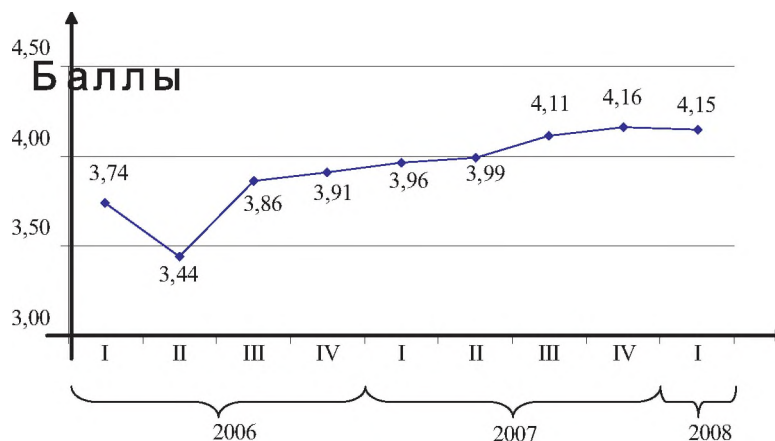


Рис. 4. Динамика изменения уровня развития менеджмента качества

- реализация принципа менеджмента качества «постоянное улучшение».

Данные, полученные в результате применения методики, были проанализированы и на их основе разработаны следующие корректирующие действия:

- проведено обучение персонала основам менеджмента качества и стандартам ИСО серии 9000;
- обеспечен процесс поступления информации в проектно-конструкторский отдел о деловом возврате металла на склад для его дальнейшего применения, в результате чего получено уменьшение на 60 % отходов металла;
- разработан процесс анализа и хранения сертификатов на сырье, который включает следующие стадии: анализ пригодности применения металла и подлинности сертификата, в результате чего уменьшается риск использования сырья с недостоверными сертификатами или потери сертификатов;
- обеспечены в достаточном объеме знания работников отдела снабжения о марках стали по ГОСТ 27772–88, что привело к уменьшению риска закупки сырья неудовлетворительного качества на ранних стадиях;
- создана дополнительная контрольная точка в процессе подготовки металлической балки к покраске, что привело к уменьшению риска производства продукции, неудовлетворительно защищенной от коррозии;
- проведена реконструкция цеха (создана технологическая линия), что позволило уменьшить время производства металлоконструкций;
- разработан сайт предприятия на английском языке, размещены на нем анкеты для опроса желающих приобрести продукцию и для возможности высказать дополнительные пожелания;
- усилен процесс сбора необходимой информации и систематическое выявление ее для анализа и разработки корректирующих и предупреждающих действий;
- организовано функционирование постоянных курсов повышения квалификации, что повышает не только компетентность работников предприятия, но и их вовлеченность в работу.

Эти действия были результативно внедрены на предприятии и благоприятно повлияли на уровень развития СМК, который увеличился с 3,44 во втором квартале 2006 года до 4,15 в первом квартале 2008 года.

Методика определения уровня развития системы менеджмента качества промышленного предприятия по восьми принципам менеджмента качества показала себя результативной и эффективной. Методика является одним из инструментов оценивания состояния функционирования промышленного предприятия.

И. И. Сапожников

*Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина*

### **СЕРТИФИКАТОПРИГОДНОСТЬ – ОЦЕНОЧНЫЙ КРИТЕРИЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ**

Создание техники машиностроения на современной социально-экономической формации начинается с изучения потребительского рынка, в ходе которого определяются спрос и предложения на подобные изделия. На данном этапе жизненного цикла собирается информация о нуждах и требованиях покупателя (потребителя). Эти потребности покупателя называются голосом или мнением покупателя. В соответствии с мнением покупателя формируются общие требования к изделию. Они представляют требования к показателям качества изделия, которые необходимо строго соблюдать, чтобы обеспечить конкурентоспособность создаваемого изделия. Данные требования предъявляются, прежде всего, к таким показателям качества, как долговечность, безопасность, экологичность, эстетичность, стоимость и т. д. Для установления наиболее важных показателей качества выявленные показатели располагаются в ряд по степени убывания их значимости в обеспечении потребности покупателя. На основе изучения спроса задаются границы предельных колебаний показателей качества создаваемого изделия, которые можно допустить исходя из требований потребителя, т. е. устанавливаются граничные или экстремальные значения данных показателей, выход за которые означает неудовлетворение требований рынка. В конце данного этапа, на основании установленных предельных значений показателей качества, даётся оценка конкурентоспособности проектируемого изделия. Следовательно, на данном этапе создания сложного технического объекта формулировка мнения потребителя осуществляется в виде задания конкретных и ясных требований к показателям качества создаваемого объекта. Эти требования выражаются в виде пределов колебания допустимых



значений характеристик проектируемого технического объекта. Данная ограниченная вариация показателей качества, установленная на основе мнения потребителя, представляет собой меру планируемой точности в виде потребительского допуска  $T_C$ .

На следующем этапе жизненного цикла информация в виде  $T_C$ , полученная от покупателя относительно создаваемого изделия, используется при проектировании. На этом этапе создания изделия мнение покупателя воплощается в конкретную конструкторскую разработку изделия. В ходе работы над проектом изделия формируется общая компоновка изделия, создается структура разрабатываемого объекта, устанавливаются значения параметров и ограничения на возможную вариацию значений этих параметров. Задаваемые пределы на колебания значений параметров создаваемого объекта определяются прежде всего его служебным назначением, возможностью обеспечить функциональное назначение изделия. Поэтому данное ограничение на вариацию параметров является мерой планируемой точности в виде предельного функционального допуска  $T_{LF}$ . Величина предельного функционального допуска устанавливается исходя из полученного значения потребительского допуска; она не должна превышать величину  $T_C$ , т. е.

$$T_{LF} \leq T_C. \quad (1)$$

Для обеспечения высоких показателей надёжности изделий и, в частности, долговечности функциональный допуск делится на две части. Одна часть предназначена для компенсации погрешностей, возникающих в процессе производстве, а другая — погрешностей, образующихся в ходе применения или эксплуатации изделия. Отсюда предельный функциональный допуск складывается из двух составляющих: конструктивного  $T_K$  и эксплуатационного  $T_E$  допусков. Соотношение этих двух слагаемых в функциональном допуске задаётся коэффициентом запаса точности  $k_{ЗТ}$ . Заданные требования к долговечности изделия находят отражение в величине коэффициента запаса точности  $k_{ЗТ}$ , который позволяет на основе имеющегося  $T_{LF}$  получать меру планируемой точности в виде  $T_K$ :

$$T_K = T_{LF}/k_{ЗТ} \quad (2)$$

и тем самым устанавливать пределы на допускаемые при проектировании колебания параметров изделия.

В ходе функционально–стоимостного анализа проекта в целях снижения затрат при производстве изделий возможные вариации геометрических параметров необходимо ограничить с помощью установления стандартных значений пределов допускаемого изменения этих параметров. Стандартные значения границ возможных колебаний параметров опреде-

ляются нормированной мерой планируемой точности в виде стандартных допусков  $IT$ , ряды которых задаются в нормативном документе. Устанавливаемая величина стандартных допусков  $IT$  не должна превышать полученного значения конструкторского допуска, т. е.

$$IT \leq T_k. \quad (3)$$

Следовательно, на этапе конструкторской проработки проекта создания нового изделия закладываются общая компоновка, структура конструкции проектируемого изделия; устанавливаются значения параметров и назначаются стандартные предельные границы на возможные вариации значений данных параметров.

Сложность назначения стандартных допусков  $IT$ , а вместе с ними и конструкторских допусков  $T_k$  состоит в том, что задание их требует всестороннего учёта как условий функционирования изделия, так и условий его производства. В сущности эти условия противоречивы. Сужение пределов вариации, с одной стороны, способствует увеличению издержек производства, а с другой стороны, положительно влияет на эксплуатационные показатели изделия. В свою очередь, расширение пределов увеличивает возможности производства, сокращает производственные затраты, но и ухудшает эксплуатационные показатели изделия. Поэтому, одновременно или чуть позже с осуществлением проектирования, приступают к следующему этапу — технологической проработке создаваемого изделия. Работы данного этапа осуществляются в тесном взаимодействии с работами, проводимыми на конструкторском этапе создания изделия ещё на стадии разработки конструкторской документации. Проектирование технологий производства проводится на основании той информации о разрабатываемом изделии, которая получена на базе реализации конструкторского этапа создания изделия. В процессе технологического этапа получения нового изделия информация о конструкторском видении данного изделия сопоставляется с информацией о производственных требованиях к создаваемому изделию (требования к материалам, технологии, окружающим условиям и т. д.), о производственных возможностях, проектируемых технологических процессах, возможных производственных затратах и т. д. В итоге, на технологическом этапе создания изделия, рассматриваются условия и порядок получения значений параметров, определённых в ходе проведения конструкторского этапа с учётом возможности получения вариаций величин геометрических параметров в установленных стандартных пределах при заданных производственных затратах.

Для получения колебания параметров в установлении стандартных пределов задаваемых при проектировании технологических процессов, как

правило, используется не вся величина стандартного допуска  $IT$ , а лишь её часть. Это делается для того, чтобы при выполнении технологических процессов производства обеспечить гарантированный невыход параметра объекта за установленные стандартные пределы. Часть стандартного допуска, которая используется при проектировании технологических процессов производства в качестве интервала, ограничивающего потенциальные колебания параметров, представляет собой технологический допуск  $T_T$ . Величина технологического допуска обычно задаётся коэффициентом точности  $k_T$ :

$$T_T = IT \cdot k_T, \quad (4)$$

значения которого зависят от применяемой технологии и имеющегося оборудования. Величина данного допуска может быть также скорректирована с учётом метрологических аспектов производства. Следовательно, на этапе технологической проработки создаваемого изделия обеспечиваются условия реализации в установленных пределах возможных значений параметров.

По окончании технологической проработки проекта создания нового изделия приступают к следующему этапу жизненного цикла изделия — собственно процессу производства данного изделия. В ходе его, при выполнении тех или иных спроектированных технологических процессов, реализуются возможности технологического оборудования в виде мер реализованной точности, которыми являются поля рассеивания  $\omega_p$  параметров изделий. При выполнении всех условий обеспечения технологического процесса получаемые значения параметров должны находиться в установленных пределах технологических допусков. Другими словами, поля рассеивания полученных параметров не должны превышать технологические допуски, т. е.

$$\omega_p \leq T_T. \quad (5)$$

После производства изделие вступает в новый этап своего жизненного цикла. Этим циклом является эксплуатация изделия. Эксплуатация продолжается до тех пор, пока мера реализованной точности в виде поля рассеивания параметров  $\omega_W$ , образуемого от воздействия разнообразных эксплуатационных факторов, не будет выходить за границы интервала изменения параметров, при которых допускается применение изделий без их ремонта. Данные границы определяют меру планируемой точности в виде допускаемого функционального допуска  $T_{PF}$ . Поле рассеивания параметров, образуемое в ходе применения изделия, не должно превышать данный допуск, т. е.

$$\omega_W \leq T_{PF}. \quad (6)$$

В противном случае

$$\omega_W \geq T_{PF}, \quad (7)$$

и изделие необходимо направить в ремонт или на реновацию. В ходе ремонта (при дальнейшем использовании изделия по первоначальному назначению) или в процессе реновации (при дальнейшем использовании изделия по новому назначению) рассеивание восстановленных параметров должно быть ограничено пределами на основе меры планируемой точности в виде ремонтного допуска  $T_R$ . Данные допуски могут соответствовать технологическим допускам  $T_T$  при производстве изделия или могут им не соответствовать. В последнем случае ремонтные допуски в силу разных причин (способа восстановления, условий обработки, сборки и пр.) могут быть больше или меньше технологических допусков, т. е. в общем случае

$$T_R = T, \quad (8)$$

$T$  — величина допуска, определяемая особенностями ремонта,

$$T = T_{\text{изн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{изм}} + T_{\text{сб}} + T_{\text{к}}, \quad (9)$$

где  $T_{\text{изн}}$  — допуск на износ;

$T_{\text{в}}$  — допуск на компенсацию погрешностей восстановления;

$T_{\text{изм}}$  — допуск на компенсацию погрешностей измерения;

$T_{\text{сб}}$  — допуск на компенсацию погрешностей сборки и регулировки;

$T_{\text{к}}$  — допуск на компенсацию силовых и температурных деформаций.

Из данного выражения видно, что при прочих равных условиях ресурс отремонтированной детали будет зависеть от величины погрешностей и геометрических параметров, восстанавливаемых при ремонте. По технико-экономическим соображениям, НТД на ремонт допускает использование отремонтированной детали с допустимыми размерами, точность которых в определённых пределах ниже точности новых.

Эксплуатация изделий продолжается до тех пор, пока мера реализованной точности в виде поля рассеивания параметров изделия, образуемого под действием эксплуатационных факторов, не превысит предельного функционального допуска, т. е.

$$\omega_W > T_{RF}. \quad (10)$$

В этом случае изделие перестает выполнять свои функции и, следовательно, перестает удовлетворять требованиям потребителей. В результате изделие приходит к концу своего жизненного цикла и возникает необходимость в его утилизации.

Таким образом, в процессе жизненного цикла изделий происходит трансформация мер точности их параметров. На первых двух и пятом эта-

пах жизненного цикла потенциальная вариация параметров изделий ограничивается мерами планируемой точности, т. е. происходит установление допусков, а по существу определяется долговечность изделия. На этих этапах на базе заданных требований потребителя, конструктора и технолога создаётся нормативная база для проектирования и производства изделий. На последующих этапах происходит потребление ранее заложенного качества изделий. На третьем и четвёртом этапах жизненного цикла возможный разброс значений параметров оценивается мерой реализованной точности виде поля рассеивания. На данных этапах осуществляется сопоставление мер полученной и имеющейся точности с мерами заданной точности для обеспечения и поддержания требуемого уровня качества изделий. На последнем, шестом, этапе также происходит сравнение мер имеющейся и установленной точности параметров, но уже с целью отбраковки изделия по имеющимся значениям параметров для проведения ремонта или реновации, а также его возможной утилизации.

Надо также заметить, что средства производства непрерывно развиваются и совершенствуются, что даёт возможность повышать качество изделия и уменьшать затраты на изготовление данной продукции.

Чтобы обеспечить сохранение заданного качества на длительное время, допуски на все показатели качества делят на две части:

- используемые при изготовлении изделия;
- используемые при износе изделия во время эксплуатации.

При этом вступают в противоречие интересы производителя и потребителя. Решить эту задачу возможно только с точки зрения интересов государства, т. е. с точки зрения наименьших затрат при определении себестоимости. Решение вопроса в пользу изготовителя приводит к тому, что изделие в процессе эксплуатации быстро теряет требуемую точность и другие показатели качества. Если решение в пользу потребителя — будет возрастать себестоимость, а следовательно, повысится цена изделия.

Для выравнивания интересов производителя и потребителя должно выполняться следующее условие: нельзя говорить о повышении цены при повышении качества изделия, так как повышение качества напрямую связано со стабилизацией производства, уменьшением дефектности и издержек, а следовательно, с уменьшением себестоимости и цены.

Более высокая цена изделия для потребителя устанавливается при условии, что это изделие принципиально более высокого технического уровня и изготовлено производителем с применением новых технологических процессов.

На качество изделий, на их стабильную реализацию и конкурентоспо-

способность также влияют параметры, определяющие проведение сертификации, вследствие чего данные показатели должны учитываться и контролироваться по всей цепи жизненного цикла: поставщик → изготовитель → потребитель.

Иначе говоря, изделие должно быть сертифицировано, начиная с параметров, закладываемых в техническое задание. Сертифицированность — свойство изделия, приобретённое в процессе его разработки, создания и внедрения с учётом требований нормативов, стандартов, директив и правил ЕЭК ООН, а также конкретных условий потребителей — оценивается на всех этапах жизненного цикла коэффициентом сертифицированности  $C$ , который должен быть равен 1 или стремиться к этому значению. Коэффициент сертифицированности определяется по формуле

$$C = \frac{K_{РЕЭК} + K_{АТТЕЭК}}{K_{ТРЕЭК}} = 1(\rightarrow 1), \quad (11)$$

где  $K_{ТРЕЭК}$  — общее количество требований директив и правил ЕЭК ООН, нормативов и стандартов для данного изделия;

$K_{РЕЭК}$  — количество реализованных требований директив и правил ЕЭК ООН, нормативов и стандартов для данного изделия;

$K_{АТТЕЭК}$  — количество аттестованных требований директив и правил ЕЭК ООН, нормативов и стандартов для данного изделия.

Разработка, создание и внедрение изделия могут быть целесообразными только при условии

$$C = 0,6...1. \quad (12)$$

Зная значение данного коэффициента, поставщик, изготовитель и потребитель могут значительно снизить степень риска использования своих денежных средств, затрачиваемых на разработку, создание, внедрение и реализацию изделия, тем самым увеличивая вероятность получения большей прибыли. От этого в конечном счете выигрывает государство, в котором производится это изделие.

#### Библиографический список

1. Шадрин А. Д. Менеджмент качества. От основ к практике — М.: ООО «НТК «Трек», 2004.
2. Версан В. Г. Интеграция управления качеством продукции. Новые возможности. — М.: Стандарты, 1994.
3. Кричевский С. Ю. Планирование качества продукции. — М.: Экономика, 1990.
4. Карлик Е., Демиденко Д. О. О затратах на повышение качества продукции. — М.: Экономика, 1986.

5. Крылова Г. Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. — М.: Аудит, ЮНИТИ, 1998.
6. Сергеев А. Г., Латышев М. В. Сертификация: Учебное пособие для студентов вузов. — М.: Издательская корпорация «Логос», 1999.
7. Новиков О. А., Комаров Ю. Ю., Байбаков С. В. Автоматизация проектных работ в технологической подготовке машиностроительного производства. — М.: Изд-во МАИ, 2007.
8. Радкевич Я. М., Тимирязев В. А., Схиртладзе А. Г. и др. Расчёт припусков и межпереходных размеров: Учебное пособие. — Пенза, 2001.
9. Бойцов В. Б., Чернявский А. О. Технологические методы повышения прочности и долговечности: Учебное пособие. — М.: Машиностроение, 2005.
10. Бойцов В. В., Комаров Ю. Ю., Молодцов Г. А., Сухарев С. Н. Менеджмент и управление качеством технологических процессов: Учебное пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2006.

Е. С. Кузнецова

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»*

## **МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ СМК ОРГАНИЗАЦИИ-ПОСТАВЩИКА КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ АВТОСБОРОЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Автомобильная промышленность – стратегическая отрасль машиностроения России, оказывающая значительное влияние на решение экономических, социальных, экологических, оборонных и научно-технических проблем. Отрасль охватывает производство легковых и грузовых автомобилей, прицепов и полуприцепов, автобусов, троллейбусов, мотоциклов и автокомпонентов.

Ответственность за качество и безопасность автомобилей перед потребителем несут автосборочные предприятия (АСП), но результат их труда в значительной степени определяется уровнем качества тех компонентов автомобиля, которые автозавод получает от своих поставщиков. Поэтому, работая над повышением качества выпускаемых автомобилей, российские автосборочные предприятия требуют от своих партнеров поставок качественных материалов и комплектующих и переходят на работу с поставщиками, имеющими не только сертификат соответствия системы менеджмента качества требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2001, но и ведущими работы по внедрению процедуры РРАР и по наличию плана подготовки к сертификации по ГОСТ Р 51814.1-2004 (ИСО/ТУ 16949:2002).

Большинство поставщиков — организации малого бизнеса и поэтому не готовы самостоятельно разрабатывать систему менеджмента качества (СМК), удовлетворяющие всем требованиям потребителя. Для любой компании сложность разработки и подготовки СМК к сертификации заключается прежде всего, в интерпретации требований стандартов и выборе конкретного варианта их применения с учетом всех специфических условий функционирования данного бизнеса. Необходимо вместе с универсальными требованиями к системам менеджмента качества спроектировать и универсальную методику разработки СМК организации-поставщика (ОП) автосборочного предприятия.

Выявлены особенности ОП АСП, влияющие на выбор стратегии разработки СМК, соответствующей требованиям ГОСТ Р 51814.1-2004:

- принадлежность к определенному уровню производителя автокомпонентов по степени сложности выпускаемого компонента и участию в производственной цепочке;
- взаимосвязь ассортимента выпускаемой продукции с требованиями потребителей;
- численность персонала;
- наличие функционирующей СМК;
- возможность производства продукции на давальческом сырье;
- осуществление проектирования и разработки продукции.

Отвечающее перечисленным особенностям предприятие, являющееся организацией-поставщиком комплектующих и запасных частей для автосборочного предприятия, достаточно мобильно, индивидуально, способно обеспечивать запросы конкретного потребителя и выполнять конкретные требования автосборочного предприятия (АСП). Принципы и требования отраслевого стандарта ГОСТ Р 51814.1 основаны на обширном международном опыте, при этом они универсальны и применимы для компаний любого профиля. Методика разработки СМК ОП АСП состоит из следующих процедур:

1. организация работ;
2. анализ существующей ситуации на предприятии;
3. определение и идентификация процессов;
4. описание процессов;
5. описание ответственности;
6. разработка документации СМК.

Отраслевые требования ГОСТ Р 51814.1 отличаются от базовых (ГОСТ



Р ИСО 9001) только содержательно, но не методологически, поэтому возможно использование при разработке СМК тех же методик, что и при разработке СМК, соответствующей требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2001. Алгоритм реализации методики представлен на рис. 1.

Определены и классифицированы следующие процессы, необходимые для результативного функционирования ОП АСП.

1. Процессы жизненного цикла продукции:

- продажи и маркетинг;
- проектирование и разработка;
- обработка заказа;
- закупки;
- производство;
- метрология;
- логистика;
- счета и накладные.

2. Процессы ответственности руководства:

- планирование и цели бизнеса;
- анализ со стороны высшего руководства.

3. Процессы менеджмента ресурсов:

- персонал и навыки;
- оборудование и обслуживание;
- организация производственных помещений;
- инфраструктура и информационные технологии.

4. Процессы измерения, анализа и улучшения:

- управление несоответствующей продукцией;
- корректирующие и предупреждающие действия;
- внутренние аудиты;
- постоянное улучшение организации и процесса производства;
- удовлетворенность потребителей.

В результате выполнения шестой процедуры разработан комплект документации, включающий, помимо документов, требуемых ГОСТ Р ИСО 9001-2001, процедуры, требуемые ГОСТ Р 51814.1-2004: процедура по

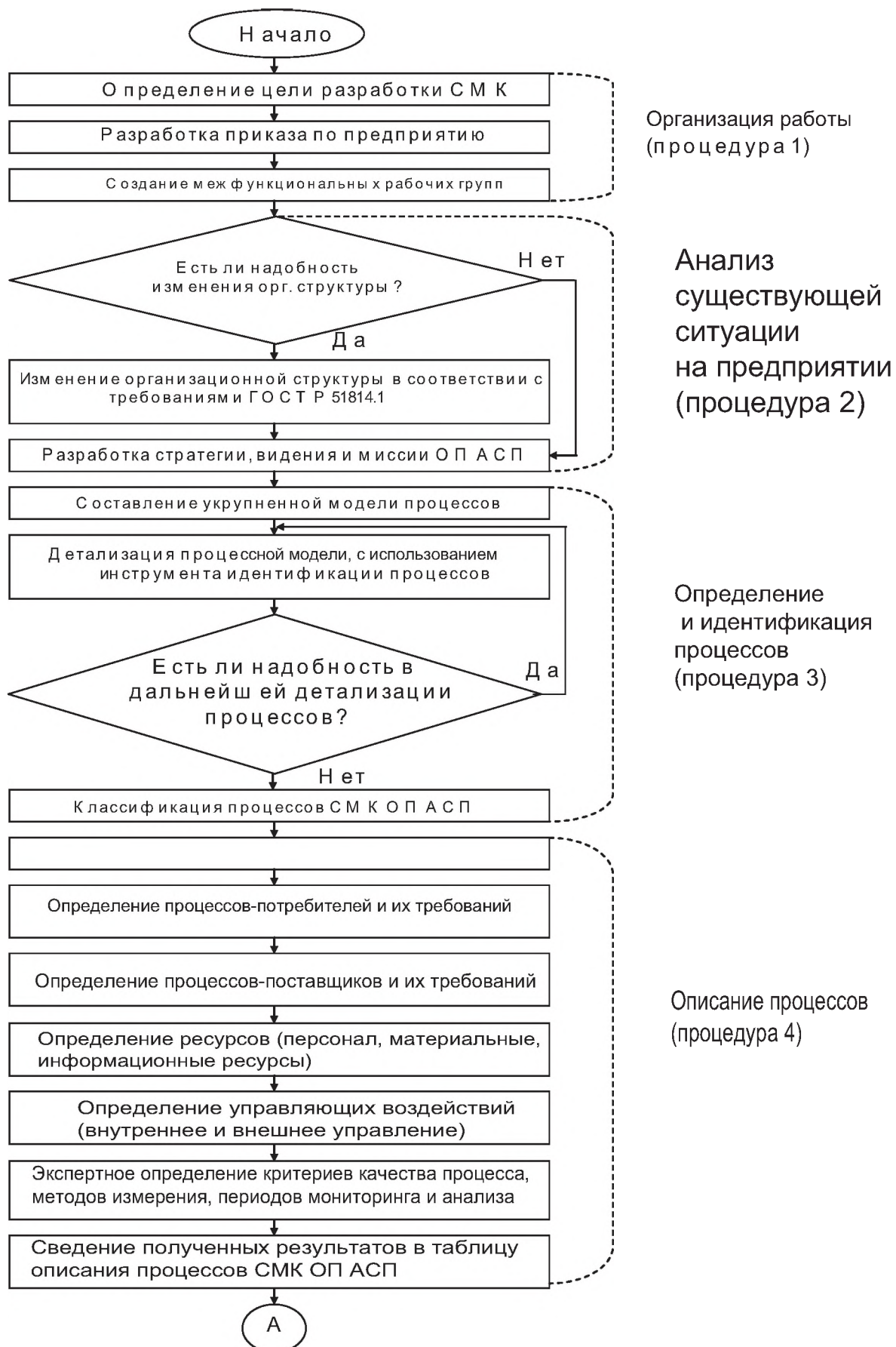


Рис. 1. Алгоритм методики разработки СМК ОПАСП (начало)

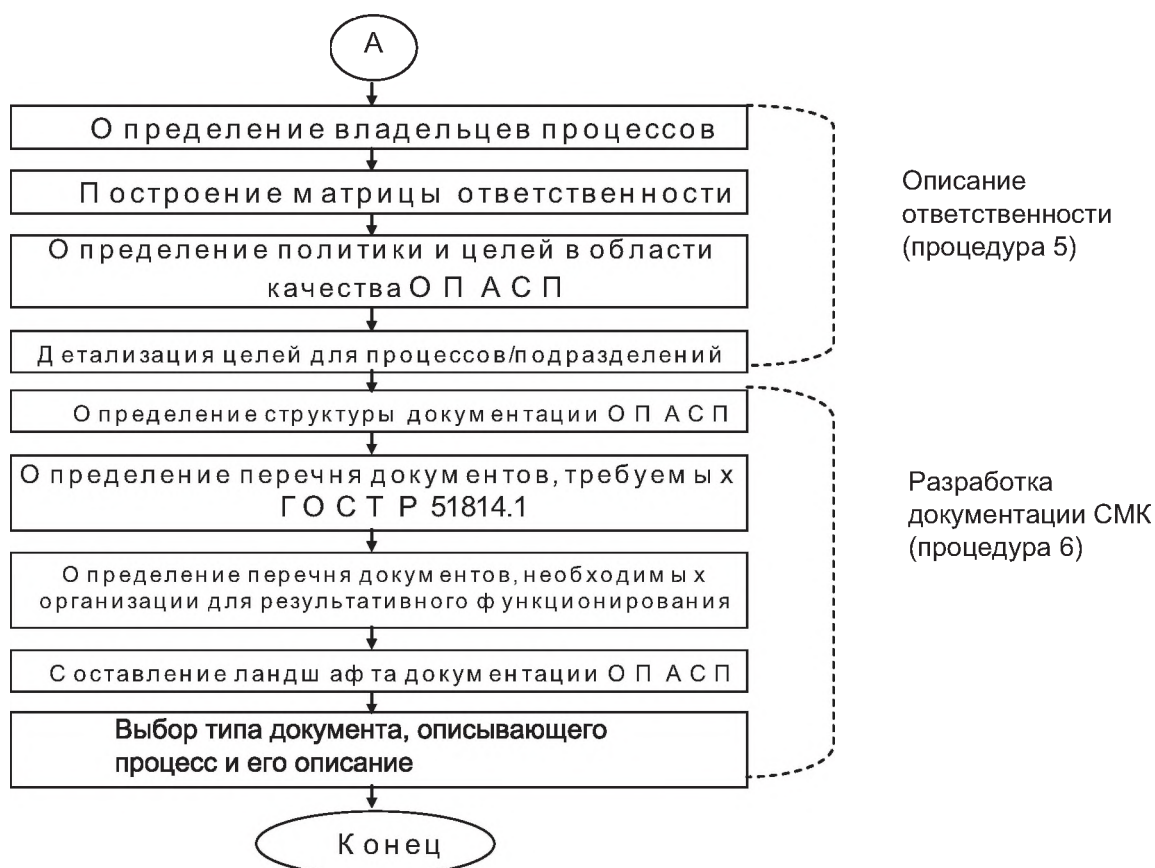


Рис. 1. Алгоритм методики разработки СМК ОП АСП (окончание)

идентификации потребностей в обучении и по подготовке персонала; процедура одобрения производства поставщика автомобильных компонентов РРАР; процедура анализа измерительных систем (MSA); процедура, регламентирующая порядок анализа видов и последствий потенциальных отказов продукции и процесса (FMEA); процедура, регламентирующая планирование качества перспективной продукции (APQP); процедура, регламентирующая статистическое управление процессами (SPC).

Оценивание СМК, внедренной по разработанной методике, целесообразно проводить с помощью анализа СМК со стороны высшего руководства (ВР). Процесс оценивания представляет собой процедуру, состоящую из последовательности действий (рис. 2), выполнение которых позволит выработать действия по улучшению системы управления ОП АСП.

На подготовительном этапе формирования межфункциональной рабочей группы разработаны критерии, на основании которых выбраны процессы, информация из которых является входной при анализе СМК со стороны ВР. Все процессы, используемые при анализе СМК со стороны ВР, взаимодействуют друг с другом (рис. 3).

Таким образом, выявлены процессы и информационные потоки (ИП), используемые при анализе СМК, описаны основные характеристики ИП, составлена взаимосвязь и взаимодействие процессов СМК, связанных эти-

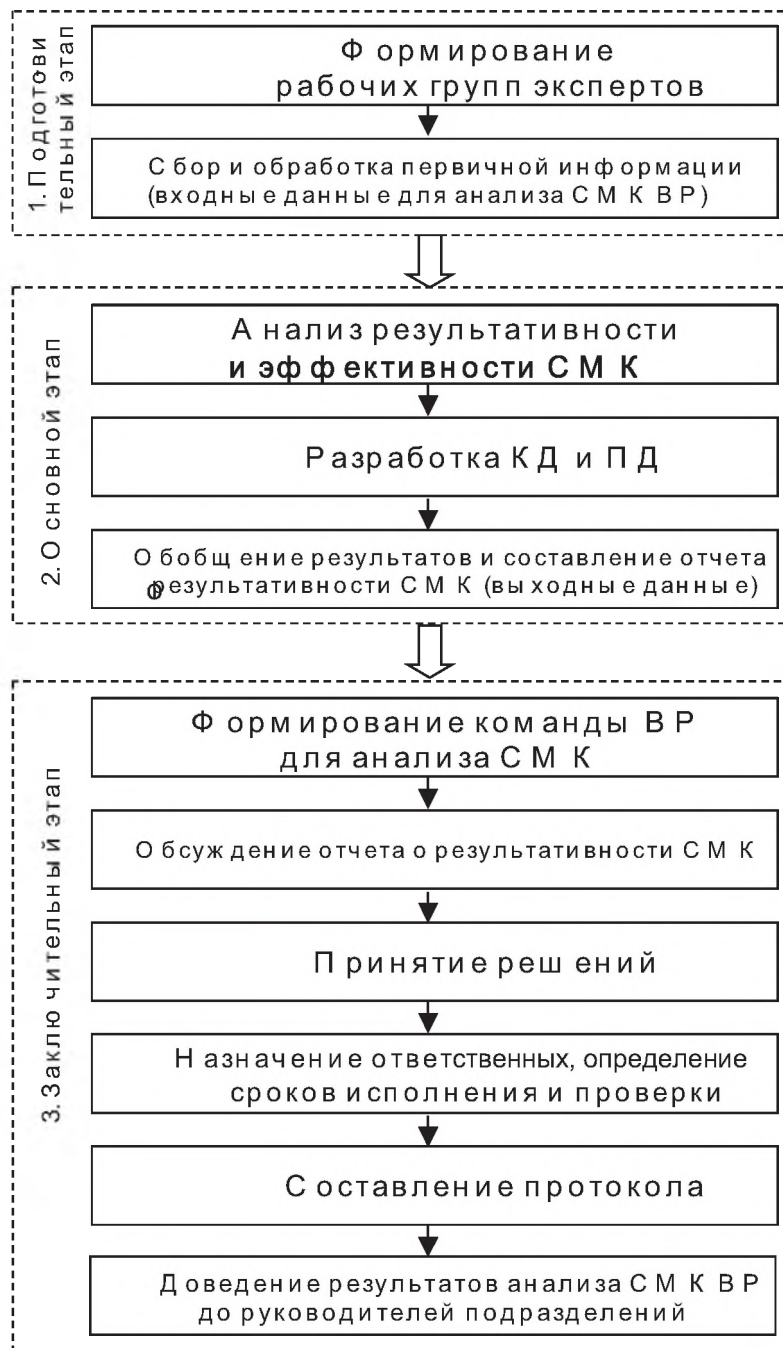


Рис. 2. Последовательности действий для проведения анализа СМК ВР

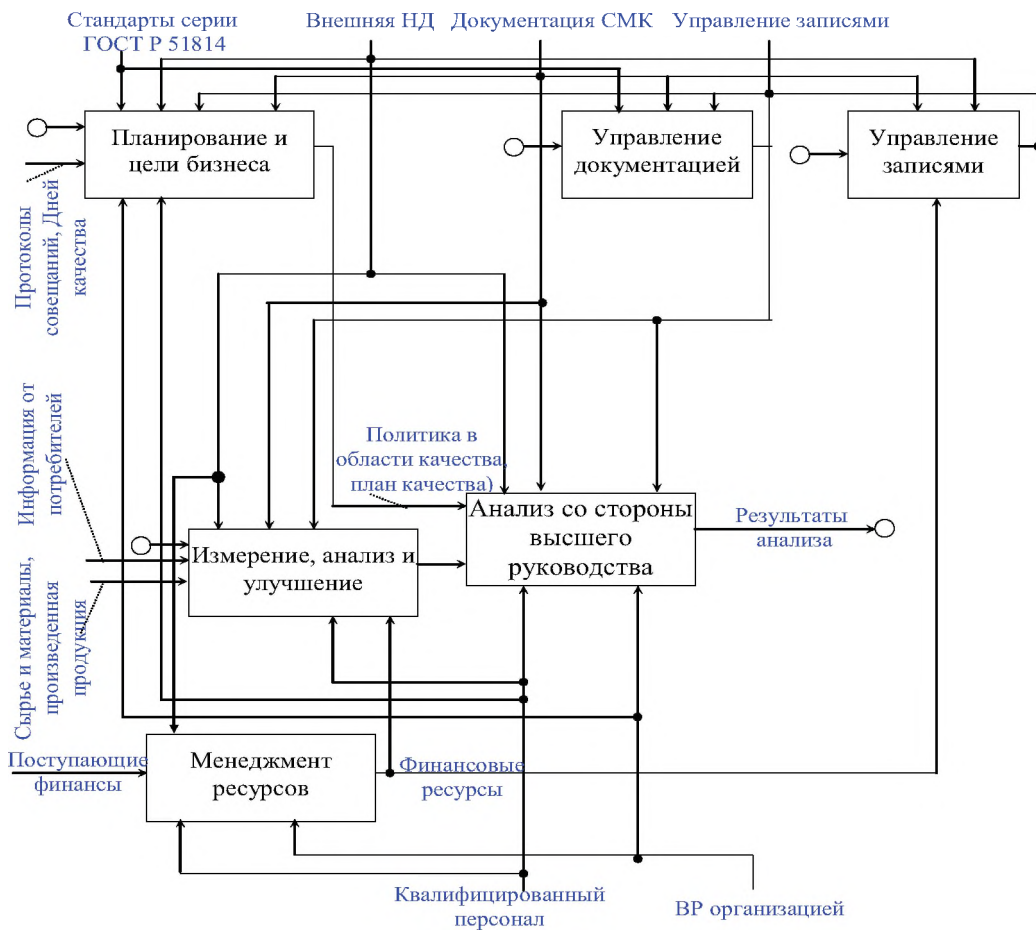


Рис. 3. Взаимосвязь и взаимодействие процессов СМК, используемых для анализа СМК со стороны ВР

ми ИП. Это позволит за короткий промежуток времени собрать и подготовить необходимую входную информацию, используемую при анализе СМК со стороны ВР. Учитывая выявленные особенности ОП и выделенные факторы, влияющие на интервалы времени проведения совещаний по анализу, определено, что анализ СМК со стороны ВР необходимо проводить с периодичностью раз в полгода.

Далее необходимо провести оценку результативности всех процессов СМК в соответствии с разработанными критериями. Данные, полученные в результате проведенного анализа, нужно проанализировать и на их основе разработать корректирующие действия.

Применение предложенной методики поможет выполнить требования, предъявляемые автосборочными предприятиями к своим поставщикам. Тем самым организация получит возможность стать конкурентоспособной на рынке производителей компонентов и запасных частей, поставлять продукцию стабильного качества все большему количеству потребителей, расширить объемы продаж и получить значительную прибыль.

М. В. Чепурнов

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»*

## **СИСТЕМА «ТРИ “НЕ”» КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБАЙНОВ**

В разработанной и утвержденной Правительством РФ комплексной государственной программе развития сельского хозяйства на 2008–2012 годы предусматривается решение вопросов по обновлению, модернизации и стабилизации всего парка агротехники страны. Планируется, в частности, что сельхозтоваропроизводителями к 2013 году будет приобретено 170 тысяч тракторов 55 тысяч зерноуборочных и 17 тысяч кормоуборочных комбайнов [1]. В то же время не секрет, что еще в 2005 году объем производства на предприятиях страны, выпускающих агротехнику, упал в 10–15 раз по сравнению с уровнем 1990 года, резко снизилась рентабельность, доля импортной техники на российских полях выросла до 63 процентов [2].

Исключение составил сектор комбайностроения – единственный занимающий лидирующие позиции на внутреннем российском рынке сельхозтехники, где его доля составила 80 процентов. Немалая заслуга в этом

крупнейшего предприятия по производству комбайнов ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш», разработавшего и применившего эффективные системы и методы управления качеством.

Курс на качество, взятый предприятием еще в 2000 году, оправдал себя и во многом способствовал тому, что компания за 4–5 лет не только успешно справилась с последствиями общероссийского экономического кризиса 90–х годов, но и стала производить высококачественную технику новейших моделей, конкурентоспособную, востребованную не только в России, но и за рубежом. В декабре 2004 г. ассоциация по сертификации «Русский регистр» выдала компании ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш» сертификат соответствия системы менеджмента качества требованиям международного стандарта ИСО 9001:2000, который является признанием эффективности бизнес-процессов и способствует выходу предприятия на международный рынок.

В настоящее время география отгрузок продукции компании расширилась до 17 стран. Каждые два года завод выпускает в серийное производство новую модель комбайна: 2004–2005 сельхозгод – легендарный Vektor, 2006–2007 – высокопроизводительный ACROS 530. А в 2008–2009 сельхозгоду две новые модели – роторный RSM–181 и кормоуборочный RSM–1401.

Неоспоримо высокая значимость и эффективность предпринятого на «Ростсельмаше» комплексного подхода к решению наиболее актуальной для сельхозпроизводителей задачи – обеспечению повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции, побудила автора статьи обратиться к исследованию некоторых систем и методов управления качеством.

Для руководства предприятия, взявшего ориентир на качество, было очевидно, что никакой контроль в области качества никогда не будет иметь успеха, пока рабочие сами не проникнутся необходимостью производства качественной продукции. Потребовалась система, основанная на возможности персонала зарабатывать деньги. Она разрабатывалась группой топ-менеджеров предприятия, и в основу её были положены самоконтроль и добровольная сдача брака рабочими. Система получила название «Три «Не»» (не принимай, не делай, не передавай) [5].

Весь производственный процесс на предприятии функционирует по правилам данной системы. Её важнейшими элементами являются: перевод исполнителей на самоконтроль; установление причин несоответствий при выпуске продукции и реализация действий по устранению обнаруженных несоответствий; отсутствие материальных удержаний с работни-



ков, допустивших изготовление несоответствующей продукции, и открыто предъявивших такую продукцию специалисту по качеству; наличие системы определения причин несоответствий, после устранения которых данное несоответствие не будет повторяться.

**Принцип «НЕ принимай».** При поступлении на рабочее место продукции рабочий должен удостовериться, что она соответствующая и позволяет выполнить свою операцию. Если рабочий выявил первую несоответствующую единицу продукции в партии, поступившей с предыдущей операции (или со склада), он обязан: отложить партию продукции в красную тару (или переместить ее в место, определенное для несоответствующей продукции), заполнить карту выявленных несоответствий, по возможности указав их причину, уведомить мастера о невозможности выполнить данную операцию по сменному заданию. Мастер должен устно объявить рабочему, выявившему несоответствия поступившей продукции, благодарность за предотвращение попадания продукции на последующие операции.

**Принцип «НЕ делай».** Если рабочий в ходе выполнения операции обнаруживает, что изготавливаемая им продукция является несоответствующей и добровольно оповещает об этом мастера, указав в карте выявленных несоответствий причину случившегося: поломка оборудования, инструмента, своя ошибка и т. д., мастер должен устно объявить ему благодарность за предотвращение попадания на последующие операции. В том случае, если подобное у этого рабочего в течение месяца происходит повторно, мастер вновь объявляет ему благодарность, но при этом совместно со специалистом по качеству выписывает рабочему извещение с предупреждением о том, что если несоответствия еще раз повторятся, он будет направлен на другую работу, требующую более низкой квалификации. Это и происходит, если несоответствия допускаются в третий раз. Следует обратить внимание, что за два первых допущения несоответствий рабочий не лишается ежемесячной премии, с него не производятся и вычеты за доработку и утилизацию продукции.

**Принцип «НЕ передавай».** Главное условие принципа — неотвратимость наказания рабочего, нарушившего первый принцип и сознательно или по недосмотру выполнившего операции, не обнаружившего несоответствие и передавшего эту продукцию на последующие операции, либо допустившего несоответствие и также передавшего эту продукцию на последующие операции. В таких случаях рабочий лишается премии за месяц на 50 процентов. Если подобное повторится, премия такому рабочему не выплачивается вовсе. Третье аналогичное нарушение влечет за собой



увольнение в соответствии с трудовым договором.

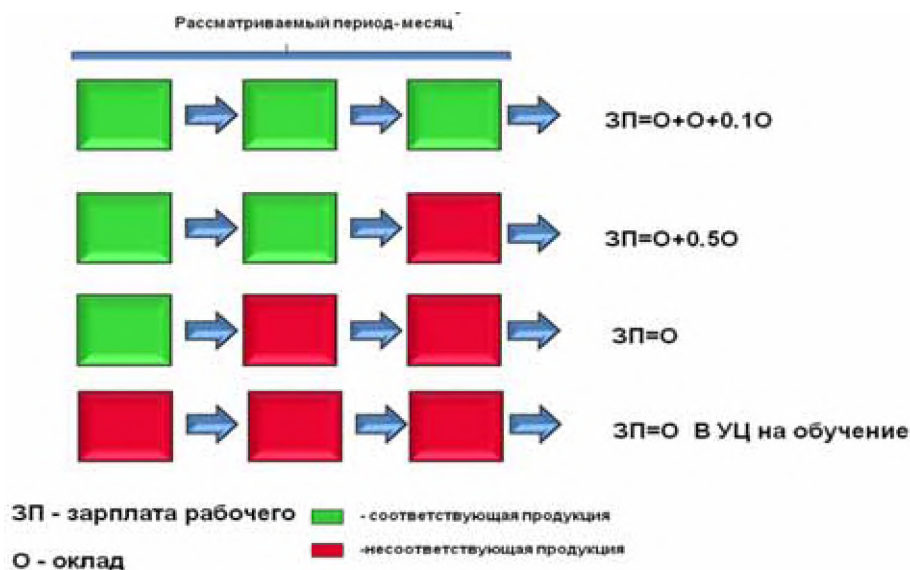


Рис. 1. Схема мотивации производственного персонала

Проведенный автором статьи анализ показал, что результативность действия системы «Три «Не»» исчисляется суммой экономии, составившей только в 2007 году 1 млн. 800 тыс. рублей.

С первых дней внедрения система постоянно находится в процессе развития и совершенствования. Автором на основе аналитических исследований разработана методика дальнейшего повышения результативности системы.

В ходе исследования было обращено внимание на то обстоятельство, что доля несоответствий, допущенных рабочими, недавно поступившими на предприятие, то есть вновь принятыми и не имеющими опыта, в общем количестве несоответствий, допущенных по вине персонала, высока — 40 процентов. Дальнейшее изучение ситуации, ознакомление с данными карт выявленных несоответствий и объяснительными записками «новых» рабочих показало, что одной из главных причин такой высокой доли несоответствий является незнание основных положений системы «Три «Не»», а следовательно, вместо добровольного предъявления брака они боялись наказания за брак.

Итогом проведенного аналитического исследования стала возникшая необходимость обучения вновь принятых на завод рабочих системе «Три «Не»». В этих целях автором разработана методика обучения, которая внедрена и действует.

Приведем пример из практики, свидетельствующий об эффективности работы системы.

В обязанности молодого рабочего Н. цеха сборки комбайнов входило

установление сальника и сборка редуктора молотильного аппарата на кормоуборочном комбайне ДОН–680. Сальник расположен внутри редуктора таким образом, что после сборки редуктора его никто уже видеть не может. Рабочий, подгоняемый стремлением выполнить как можно больший объем работ, стал собирать редукторы, не устанавливая в них сальники. Спихватился лишь когда с конвейера без сальников сошли 30 машин. Дальше их путь лежал в сервисные центры различных городов страны, к потребителям, где осуществляется заправка горючим и маслом и, естественно, брак был бы обнаружен сразу же — из редукторов, в которых не установлены сальники, масло просто потекло бы. Так бы все и произошло, если бы рабочий не признался в своей ошибке. Но он заявил о допущенных им несоответствиях, брак был своевременно устранен, завод не потерял 90 тысяч рублей, и, что немаловажно, сохранил доверие потребителей. Рабочий же не был наказан, напротив, ему в соответствии с действующей системой сказали «спасибо» за добровольное и своевременное сообщение о допущенном браке.

Таким образом, функционирование такой системы на предприятии призвано постоянно совершенствовать производственный процесс и повышать качество продукции. Рабочие стали понимать, что брак, выявленный на предыдущей операции, принесёт заводу гораздо меньше убытков, чем если он будет обнаружен в готовом изделии или при эксплуатации. Руководители производства, в свою очередь, получают возможность своевременно устанавливать и анализировать причины брака, вникать в проблемы, мешающие эффективно выполнять процесс, и оперативно устранять эти проблемы. Большим достижением системы стало то, что рабочий с личным клеймом почувствовал себя личностью, которой дорожит компания и которой не нужен контролёр за спиной.

#### Библиографический список

1. Ананян М. А. Гордеев: «Российское село XXI века может стать надежной опорой страны», Report № 1. 2008.
2. Ананян М. Rostselmash Report. 2007. № 4.
3. Чепурнов М. В. Система «Три «НЕ» как инструмент управления качеством на предприятии сельхозмашиностроения — Сборник статей магистрантов. — Тамбов, ТГТУ, 2007. № 10.
4. Чепурнов М. В. Результативность функционирования системы управления качеством «Три «Не» на ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш» // XXXVI Гагаринские чтения. — М.: МАТИ, 2008.
5. Чепурнов М. В. О некоторых подходах к системам управления качеством. — Ростов-на-Дону, Интерагромаш, 2008.

6. Чепурнов М. В. Управление качеством на ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш»: Сборник трудов ММТТ. № 10. — Ростов-на-Дону, 2008.

К. С. Хлебалин, А. А. Пунтус

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ СЕКТОРА ТЕПЛОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ**

Целью данной работы является теоретическое исследование модели рынка соответствующих акций электроэнергетики как эволюционирующей системы. Предлагается некоторый специальный подход и разработанный применительно к данному исследованию эффективный финансовый инструмент для анализа рынка генерирующих активов.

В основе представленной работы лежит теория эволюционирующей системы. Эволюция описывается как двухстадийный процесс, включающий стадию детерминированного развития в пределах конкретного диапазона параметров (уровня организации) и стадию скачкообразного перехода между уровнями. С помощью метода наименьших квадратов реализуется модель построения доверительного интервала для определения расчётной зоны перекупленности или перепроданности сектора тепловой генерации.

В качестве ключевого сравнительного показателя для оценки стоимости отдельных генерирующих компаний и сектора генерации в целом используется мультипликатор, обозначаемый  $M_{cap}/T_{cap}$  и характеризующий отношение капитализации компаний, т. е. сектора в целом или  $M_{cap}$ , к установленной мощности генерирующего оборудования — Total Capacity или, что то же,  $T_{cap}$ . Практически данный экономический индикатор является наиболее объективным для оценки как отрасли в целом, так и генерирующих компаний в отдельности.

Электроэнергетическая отрасль является важнейшим фактором эффективного функционирования экономики любого уровня народонаселения вплоть до целой страны и обеспечения его стратегической безопасности. В среднем в промышленности доля электроэнергии в структуре затрат на производство составляет обычно 6–8 % (до 40 % в производстве алюминия и цемента). Наиболее энергоёмкими отраслями являются металлургия, химическая промышленность, машиностроение и топливно-энергетический

комплекс. При этом продукция электроэнергетической отрасли (электро- и теплоэнергия) относится к разряду первой необходимости, и даже существенное увеличение цен на продукцию отрасли не влечет за собой радикального снижения объемов энергопотребления как в трудовом, производственном, так и в бытовом секторах.

Учитывая имеющийся научно-технологический потенциал, «прорыва» в изобретении и масштабном внедрении альтернативного продукта с сопоставимыми технико-экономическими характеристиками в реальной перспективе не предвидится. Поэтому сектор тепловой генерации способен сохранить свои базовые позиции в структуре выработки электроэнергии и в будущем.

Рассматриваемый сектор тепловой генерации насчитывает порядка 40 крупных и целый ряд небольших электростанций. Крупные тепловые электростанции располагаются в основном вблизи крупных промышленных потребителей, обеспечивая стабильную выработку электроэнергии и выходную мощность, покрывая пиковые нагрузки. Тепловые электростанции в основном работают в конвекционном режиме, что дает максимальный КПД при производстве электроэнергии, сводя практически к нулю выработку тепла. Малая доля выработанного тепла объясняется сложностью и дороговизной его транспортировки, поскольку тепловые электростанции, как правило, находятся на большом удалении от соответствующих бытовых потребителей. Дополняют тепловые электростанции теплоэлектроцентрали, которые располагаются вблизи бытовых потребителей. Так как теплоэлектроцентрали работают в теплофикационном режиме, они максимизируют суммарный КПД станции, значительно увеличивая долю переработанного тепла. При этом происходит существенное снижение выработанной электроэнергии. Высокие затраты на транспортировку потребляемого тепла и пара требуют, чтобы теплоэлектроцентрали располагались в непосредственной близости от конечных потребителей электроэнергии. Более высокий суммарный КПД теплоэлектроцентралей, по сравнению с тепловыми электростанциями при условии благоприятных тарифов на тепло делают их экономически более выгодными. С другой стороны, невозможность теплоэлектроцентралей производить дешевую электроэнергию вследствие основной их ориентации на производство тепла делает эти станции зависимыми от сезонного фактора и климатических условий.

Главным недостатком электроэнергетической монополии является отсутствие возможности организации конкуренции в отрасли, отсутствие заинтересованности в развитии и повышении эффективности работы стан-

ций. Отсутствие финансовой прозрачности и трансфертное ценообразование сводят на нет попытки оценки инвестиционной привлекательности. На первом этапе все рассматриваемые теплоэлектростанции объединяются в Единую Энергетическую Систему (ЕЭС) в качестве отдельных открытых акционерных обществ. Главной целью такой реструктуризации является переход от вертикально-интегрированной схемы организации данной системы к горизонтальной и отделение сложившихся монопольных секторов от потенциально конкурентных.

Схема целевой структуры отрасли энергетики (на примере представления некоторых компаний) приведена на рис. 1. На этой схеме видно, что к первой категории относятся диспетчеризация энергосистемы и транспортировка электроэнергии по базовым магистральным сетям, к конкурентным — генерация, сбыт, распределение, ремонтная и сервисная деятельность. Учитывая потенциальные риски создаваемых структур, существующее положение об электроэнергетике не рекомендует совмещать виды деятельности, относящиеся одновременно и к конкурентному, и к монопольному секторам (например, генерации и транспортировки). Более того, учитывая риски локальной региональной монополизации рынка генерирующими компаниями, практически устанавливается максимальная доля региональной концентрации генерирующих компаний, подконтрольных единой группе собственников (не более 35 %).

Реструктуризация служит для создания конкуренции на рынке транспортировки энергии одновременно с полным изменением регулирования ценообразования. Подобная структурная реформа позволяет повысить эффективность отрасли и привлечь частные инвестиции, необходимые для модернизации и роста сектора.

Территориальные генерирующие компании, которые объединяют теплоэлектроцентрали и тепловые сети, суммарной мощностью до 50,5 ГВт, могут быть сформированы по территориальному принципу в количестве нескольких территориальных генерирующих компаний. Тепловые электростанции с суммарной мощностью до 53 ГВт могут быть разбиты на ряд межрегиональных оптовых генерирующих компаний. Главным критерием организации тепловых генерирующих компаний является компактность размещения, близость к конечному потребителю и минимизация потерь при транспортировке тепла. Основообразующим фактором при организации оптовых генерирующих компаний стали относительно равные конкурентные возможности на рынке электроэнергии. В качестве базового сравнительного показателя для оценки стоимости отдельных генерирующих компаний и сектора генерации в целом используется введенный

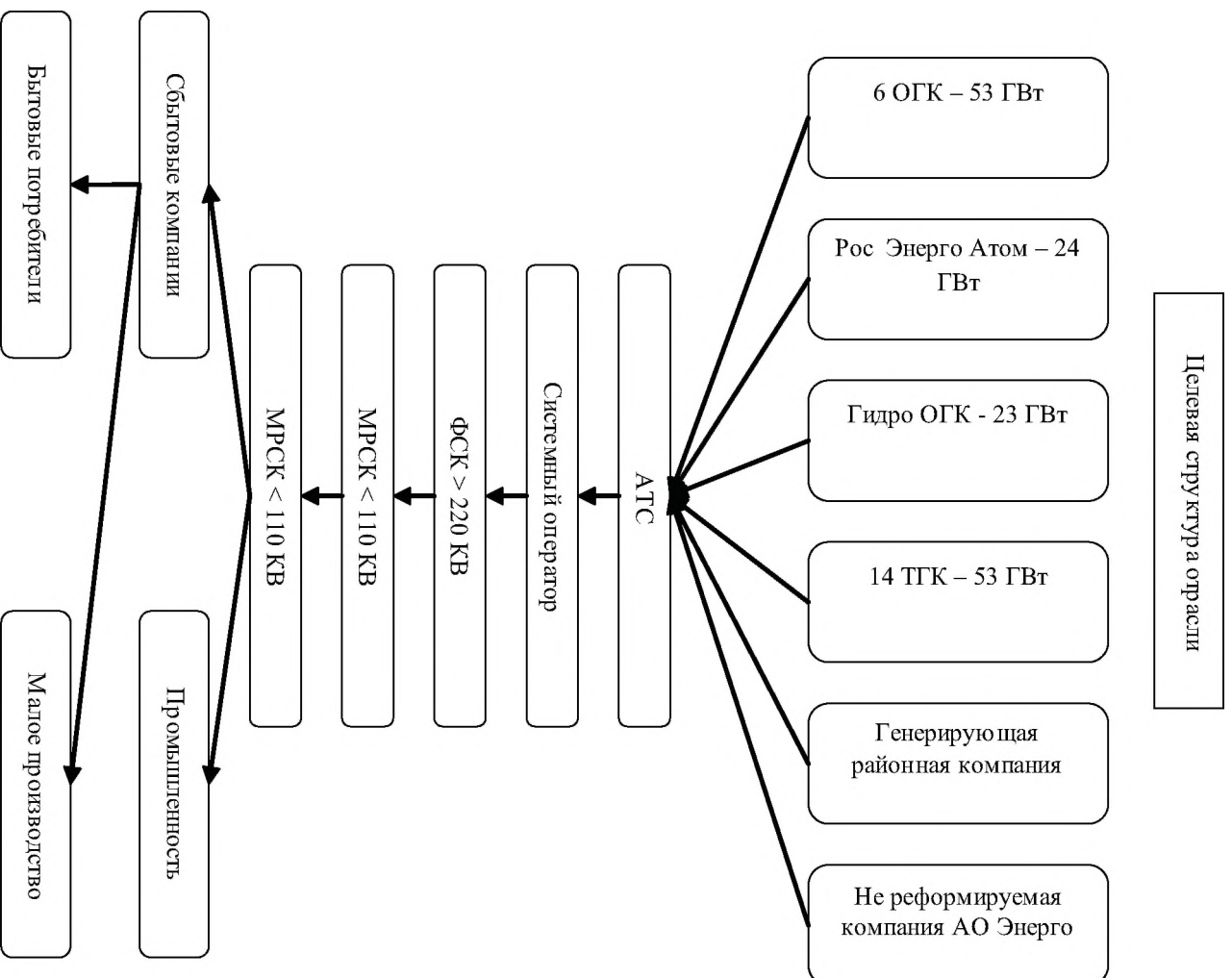


Рис. 1. Схема целевой структуры отрасли энергетики

в данной работе мультипликатор  $MCap/TCap$  (см. ранее). Мультипликатор может рассчитываться такими способами, как текущая рыночная оценка величины  $MCap/TCap$  генерирующей компании и оценка  $MCap/TCap$  на основе консенсус-прогноза объективной стоимости акций генерирующей компании.

Рассмотрим каждую из этих оценок: пусть текущая рыночная оценка  $MCap/TCap$  генерирующей компании или, что то же, оценка мультипликатора, составляет  $\$559/кВт$  (рис. 2).

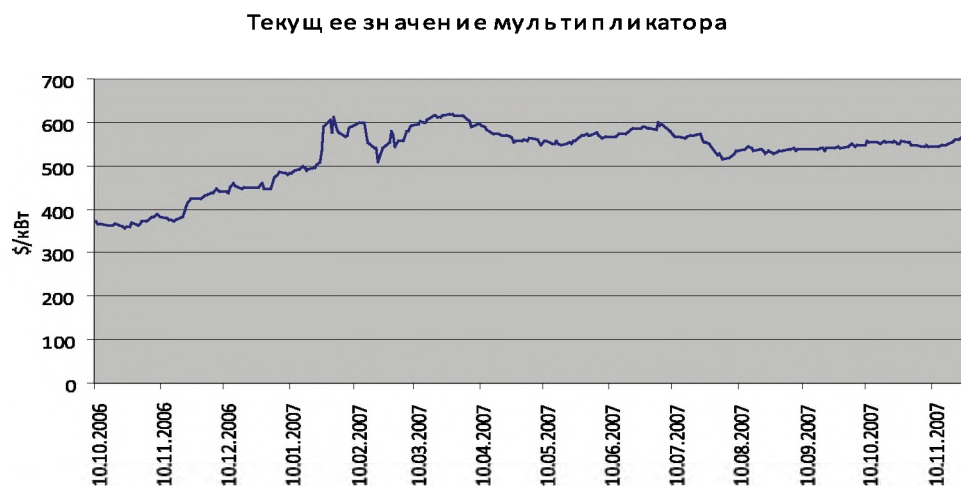


Рис. 2. График текущего значения мультипликатора

В качестве рыночной оценки стоимости сектора было рассчитано среднее значение мультипликатора для всей группы генерирующих компаний, акции которых участвуют в торгах на фондовом рынке. Диапазон изменения мультипликатора, к примеру, составляет  $\$520 - \$600/кВт$ . В этом случае среднеотраслевой мультипликатор рассчитывается как отношение суммарной капитализации котируемых на фондовом рынке компаний к их суммарной установленной стоимости. Квартальные и полугодовые отчеты генерирующей компании позволяют с уверенностью говорить о позитивной динамике основных финансовых показателей как отдельных компаний, так и всего сектора в целом. Оценка же  $MCap/TCap$  на основе консенсус-прогноза объективной стоимости акций генерирующей компании составляет консенсус-прогноз мультипликатора —  $\$830/кВт$  (рис. 3).

Консенсус-прогноз сектора экспертно-аналитического сообщества — показатель, который формируется на основе экспертных оценок объективной стоимости генерирующей компании с привлечением мнения экспертов, использующих различные методы оценки на годовую перспективу.

Основными направлениями реализации инвестиционных программ тепловых генерирующих компаний являются: строительство новых гене-

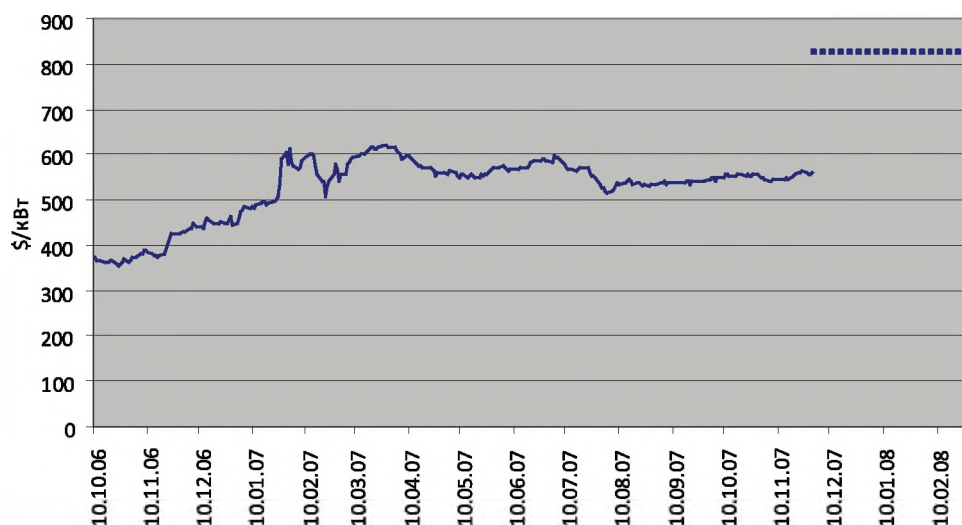


Рис. 3. График текущего значения мультипликатора и значения консенсус-прогноза

рирующих мощностей; проекты по модернизации существующих мощностей, направленные на оптимизацию показателей работы оборудования и технологической инфраструктуры без увеличения установленной мощности.



Рис. 4. Диаграмма вводимых мощностей

Большинство компаний приоритетным направлением в реализации своей инвестиционной программы рассматривает модернизацию генерирующего оборудования, так как удельные затраты средств в этом направлении существенно ниже стоимости возведения новых мощностей.

Существенные отклонения от среднего значения мультипликатора по ряду компаний обусловлены влиянием различных факторов, основными из



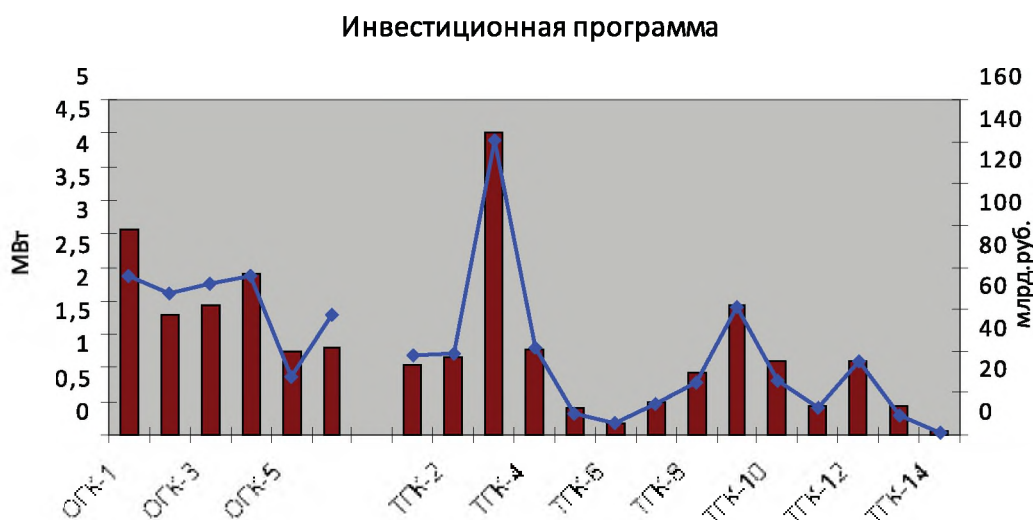


Рис. 5. График инвестиционных программ различных тепловых генерирующих компаний

которых являются структура вводимых мощностей (газ / уголь), уровень модернизации и объём вновь введенных мощностей и др. Структура же вводимых мощностей активно влияет на эффективность инвестиционных программ генерирующих компаний. Поэтому ключевым критерием увеличения расходов генерирующих компаний будет являться величина затрат на топливообеспечение, которая, в свою очередь, зависит от конъюнктуры топливного рынка, а именно, цен на энергоносители, наличия его дефицита, степени регулирования цен, доли свободного рынка топлива и т. д.

#### Библиографический список

1. Коробко И. В. Золотая пропорция и проблемы гармонии систем — М.: Высшая школа, 1998.
2. Анисимов Г. Э. Вероятностные методы исследования фондового рынка. — М.: Изд-во Terra, 2004.
3. Филиппченко Л. И. Банки на рынке ценных бумаг. — М.: Дрофа, 2005.
4. Котлер Ф. Основы маркетинга. — М.: Прогресс, 1993.
5. Зинченко В. П. Основы эргономики. — М.: МГУ, 1979.
6. Хлебалин К. С., Пунтус А. А. Эволюционная модель развития тепловой генерации // Тезисы доклада на Всероссийской конференции молодых учёных и студентов «Информационные технологии в авиационной и космической технике — 2008». — М.: Изд-во МАИ, 2008.

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА БАЗЕ АНАЛИЗА РИСКОВЫХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. МОСКВЫ)**

Проблемы охраны окружающей среды стоят перед всеми развитыми странами мира. Состояние экологии напрямую влияет не только на демографическую обстановку, но и на экономический потенциал любого государства.

Основные источники воздействия на окружающую среду подразделяют на:

- источники выбросов загрязняющих веществ — те, что связаны с рассеиванием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, в том числе при размещении и захоронении отходов;
- источники сбросов загрязняющих веществ, то есть связанные с поступлением и разбавлением загрязняющих веществ в поверхностных и/или подземных водах, а также в канализационных коллекторах, в том числе при размещении отходов;
- источники физико-химического воздействия на окружающую среду — источники шума, вибраций, ионизирующих излучений, электромагнитных полей, источники сброса и выброса тепла;
- источники биологического загрязнения окружающей среды.

Автор видит специфику факторов экологической опасности в г. Москве в том, что наряду с «обычными» факторами, действующими практически во всех населенных пунктах (независимо от их географического местоположения и численности населения), в Москве существуют две новых группы факторов опасности.

Первая группа связана с большой нагрузкой на окружающую среду, обусловленной:

- большой общей численностью и высокой плотностью населения;
- наличием большого числа не только крупных (т. е. поддающихся воздействиям органов власти и управления), но, главное, малых предприятий. Последние менее управляемы в смысле экологической безопасности.

Эта группа факторов обусловлена воздействиями на почву, водный и воздушный бассейны, а также — на здания и сооружения. Ниже будут рассмотрены факторы, воздействующие на почву.

В связи с этим вторая группа факторов экологической опасности связана с интеграцией вредных веществ в почве, поступающих в нее через атмосферный воздух и воду.

Почвы в городе «живут» и развиваются под воздействием тех же факторов почвообразования, что и естественные почвы, но антропогенный фактор здесь становится определяющим [1].

В процессе роста урбанизации существующий почвенный покров Москвы подвергался значительным преобразованиям. На большей части территорий города почвенный покров в различной степени трансформирован в результате антропогенного прессинга, проявляющегося в ряде физических, химических и биологических процессов. В подобных условиях почвы Москвы характеризуются сложной, практически не повторяющейся структурой почвенного покрова [2].

Рассмотрение почвы как интегратора вредных воздействий является очень актуальным, поскольку загрязнение почв действует как непосредственно опасный фактор для жителей г. Москвы, а также проявляется как своеобразный накопитель (интегратор) загрязнений, поскольку эти загрязнения, во-первых, не самоочищаются, а во-вторых, возвращают накопленные загрязнения в воздушную и водную среды.

Занимая центральное место в биосфере и являясь начальным звеном всех трофических цепей, загрязненная почва может стать источником вторичного загрязнения атмосферного воздуха, водоемов, подземных вод, продуктов питания растительного происхождения и кормов животных и тем самым влиять на эколого-гигиеническую обстановку в целом.

Попадая через почву и воду в организм человека, опасные вещества (в том числе пыль) ведут к серьезным нарушениям как дыхательной системы человека, так и к другим заболеваниям.

Стены зданий являются также интеграторами вредных воздействий. Минеральные краски представляют собой смесь оксидов тяжелых металлов или солей сложного строения. Обнаружено большое количество тяжелых металлов в красках окрашенных кирпичей, осыпавшейся штукатурки и других покрытий. Разрушаясь от времени, краски становятся источником заражения почвы, а вместе с пылью — и воздуха [3].

Атмосферный воздух является важнейшей и неотъемлемой частью среды обитания человека. Степень его загрязнения относится к числу приоритетных факторов, влияющих на здоровье населения. Слагаемыми качества атмосферного воздуха являются интенсивность загрязнения его выбросами как от стационарных источников загрязнения (промышленные предприятия), так и от передвижных (транспорт).

Результаты проведенных обследований экологического состояния городской среды показали, что жить в центре г. Москвы опасно для здоровья. Во всех природных средах — в почве, листьях деревьев, траве газонов, в детских песочницах содержатся тяжелые металлы первого класса опасности: цинк, свинец, кадмий, медь, никель, хром — в количествах, превышающих все допустимые нормы [4]. Накопление этих элементов в организме приводит к развитию серьезных заболеваний.

Таким образом, почва как интегратор вредных воздействий накапливает в себе загрязняющие вещества, поступающие в нее как непосредственно в результате антропогенной деятельности человека, так и через воздух и воду. Все почвенные загрязнители включаются в пищевые цепи и с продуктами питания или водой попадают в желудочно-кишечный тракт человека. Именно воздействие на здоровье человека факторов окружающей среды является тем аспектом экологических проблем, который волнует значительную часть населения в наибольшей степени.

В последнее время угроза для безопасности и комфортного существования человека начинает исходить от неблагоприятного состояния окружающей среды. Загрязнение окружающей среды способно вызвать ряд экологически обусловленных заболеваний и, в целом, приводит к сокращению средней продолжительности жизни людей, подверженных влиянию экологически неблагоприятных факторов. Именно ожидаемая средняя продолжительность жизни людей является основным критерием экологической безопасности.

В соответствии с основными источниками загрязнения окружающей среды, т. е. основными факторами экологической опасности, автором предложена концептуальная модель обеспечения экологической безопасности на базе анализа рисков ландшафтов (рис. 1).

Модель описывает взаимосвязь между воздействием факторов опасности и реакцией среды на воздействие этих факторов, т. е. объектом влияния опасных воздействий (здоровьем человека), который, в свою очередь, является индикатором состояния окружающей среды.

Наполнение модели осуществляется путем мониторинга атмосферного воздуха, почвы и воды, а также результатами обобщенного анализа всех данных о состоянии окружающей среды.

В табл. 1 показаны превентивные действия, которые можно применить при воздействии химических, физических и биологических факторов экологической опасности.

Среди критериев общественного здоровья, принятых Всемирной организацией здравоохранения, наиболее информативными и достоверными

являются медико-демографические показатели. Это, прежде всего, рождаемость, смертность, естественный прирост населения и ожидаемая средняя продолжительность жизни [5]. По их величине и динамике обычно делают выводы о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения и потенциальных возможностях его дальнейшего развития.

В настоящее время санитарно-эпидемиологическая обстановка в городе оценивается как неблагоприятная, а ее негативное влияние на здоровье населения все более заметно.

По данным ВОЗ, влияние экологической ситуации на здоровье населения оценивается в 20–30 %, образа жизни — 30–40 %, наследственности — 20 % и качества медико-санитарного обслуживания — 20 % [4].

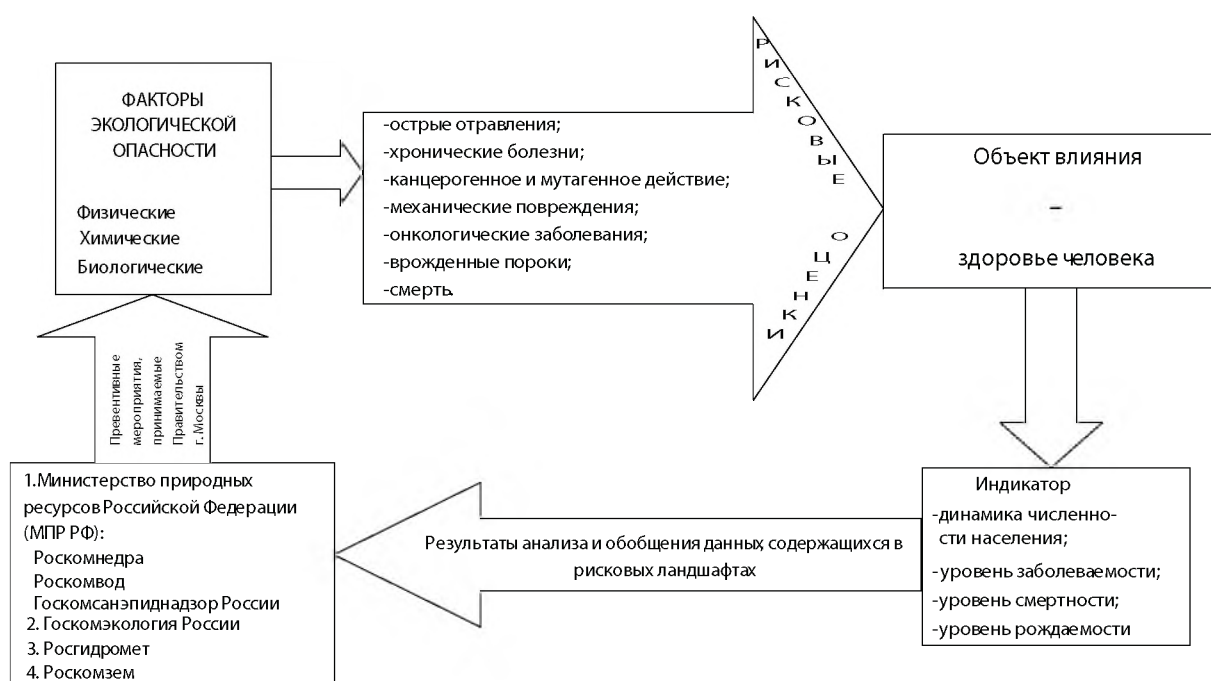


Рис. 1. Модель обеспечения экологической безопасности на базе анализа рисковом ландшафтов

Нагрузка опасных факторов оказывает значительное влияние на уровень здоровья населения, причем загрязнение почвы, водоемов и воздуха представляет большую опасность, влияя главным образом на общую и первичную заболеваемость детей и взрослых, распространенность болезней органов дыхания и болезней системы кровообращения, онкологическую заболеваемость, заболеваемость органов пищеварения и мочеполовой системы, врожденные пороки развития, общую смертность населения.

Заболеваемость населения (особенно детского возраста) в различных районах города является своего рода индикатором состояния окружающей среды. В табл. 2 показано превышающее средние значения по Москве распределение детской заболеваемости по видам болезней, обусловленных

Таблица 1

*Основные факторы экологической опасности и превентивные действия по их устранению*

Основные факторы экологической опасности / Превентивные действия	<b>Химические:</b> тяжелые металлы; органические соединения; растворители; краски; лаки и др.	<b>Физические:</b> тепловое излучение; электрические поля; шум; ультразвук; вибрация	<b>Биологические:</b> макро- и микроорганизмы; бактерии; вирусы
Разработка современной нормативной базы	+	+	+
Наличие структур, обеспечивающих мониторинг и регулирование рисков ландшафта	+	+	+
Ограничение времени работы двигателя внутреннего сгорания на холостом ходу	+	+	+
Регулирование плотности транспортного потока	+	+	
Переход на стандарт Евро 2 и выше	+	+	
Вынос маршрутов транзитного и крупного автотранспорта за пределы мегаполиса	+	+	
Переход на экологически чистые виды транспорта (велосипеды, легкое метро)	+	+	
Ограничение на использование химикатов для гололеда	+		
Увеличение площадей зеленых насаждений и лесопарковых зон; применение защитных полос насаждений	+	+	+
Использование защитных экранов (крупные магистрали), пластиковых окон (здания)	+	+	
Использование современных систем очистки газовых выбросов и кондиционирования (предприятия и здания)	+		+
Применение биофильтров в системах очистки	+		+
Применение современных систем водоподготовки (например, мембранные)	+		
Применение УФ вместо хлора для обеззараживания воды (практически избавляет от канцерогенных хлорорганических соединений)	+		+
Использование на предприятиях оборотных систем, снижающих или исключающих попадание загрязнителей в ОС	+		+

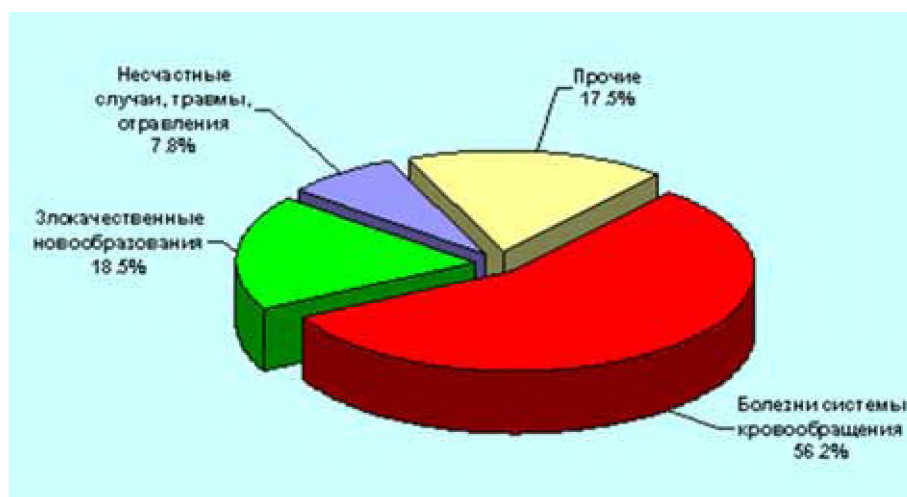


Рис. 2. Структура общей смертности населения Москвы в 2006 году

неблагоприятной экологической обстановкой.

Контроль за качеством окружающей среды, за воздействием опасных факторов на природные системы и здоровье человека осуществляется посредством мониторинга городской среды.

Экологический мониторинг включает три основных направления деятельности [6]:

- наблюдение за факторами воздействия и состоянием среды;
- оценка фактического состояния среды;
- прогноз состояния окружающей природной среды и оценка прогнозируемого состояния.

Таблица 2

*Территориальное распределение детских заболеваний по округам г. Москвы*

Административный округ	Болезни
Центральный	Болезни крови; Эндокринная система; Органы дыхания
Северный	Эндокринная система; Психические расстройства; Органы пищеварения
Северо-восточный	Бронхиальная астма и аллергический ринит
Восточный	Болезни крови; Эндокринная система; Врождённые пороки развития; Органы дыхания
Юго-восточный	Болезни крови
Южный	Болезни крови; Эндокринная система
Юго-западный	Бронхиальная астма и аллергический ринит
Западный	Болезни крови
Северо-западный	Болезни крови

Анализируя уровень заболеваемости населения, динамику численности, уровень смертности и рождаемости [6, 7], а также данные мониторинга атмосферного воздуха, воды и почвы, автором построен рисковый

ландшафт г. Москвы. В этом ландшафте, согласно анализу опасных факторов, приведены зоны различного уровня риска, выявлены территории, представляющие опасность для жизни и здоровья человека.

Анализ карты рискового ландшафта позволяет сравнить уровень загрязнений в различных зонах.

Предлагаемый автором постоянный комплексный контроль за состоянием атмосферного воздуха, почвы и воды (среды в целом) по административным округам г. Москвы позволил бы принимать превентивные меры, особенно в тех зонах, где велики интеграционные процессы опасных воздействий.

Результаты анализа и обобщения данных, содержащихся в рисковых ландшафтах, должны способствовать Правительству г. Москвы в проведении превентивных мероприятий по снижению воздействия опасных факторов.

В целом изложенный в работе комплекс мониторинга и превентивных действий создает принципиально новую предупреждающую систему обеспечения экологической безопасности, основанную прежде всего на комплексной оценке среды как интегратора вредных воздействий.

#### Библиографический список

1. Строганова М. Н., Агаркова М. Г. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв юго-западной части Москвы) // Почвоведение № 7. 1992. С. 16–24.
2. Мягкова А. Д., Строганова М. Н. Влияние негативных экологических процессов на почвы города (на примере Москвы) // Вестник Московского университета. Сер. Почвоведение. № 4. 1996. С. 37–45.
3. <http://www.ecomos.ru>
4. Филатов Н. Н., Глиненко В. М., Ефимов М. В., Муратов В. В., Балакирева А. С.. Медико-демографическая ситуация в городе Москве. // X Всероссийский съезд гигиенистов и санитарных врачей «Итоги и перспективы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения РФ», Москва, 3–4 октября 2007 г.
5. Популярная медицинская энциклопедия / Под ред. В. И. Покровского. — Ульяновск: Книгочей, 1997.
6. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1995 г.» — М.: Центр международных проектов, 1996.
7. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации за 2007 год. — М.: Изд. Росгидромет, 2007.



## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ СИСТЕМЫ МНОГОФАКТОРНОГО КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ТОВАРОВ**

Потребительский рынок — это сфера спроса на товары и услуги и удовлетворения наших потребностей в них. Между тем потребительский рынок — это особая сфера экономики страны, которая характеризует уровень благосостояния народа и обеспечивает социально-экономическое развитие государства. Здесь концентрируются многие проблемы, характерные для развития страны в целом. Поэтому деятельность потребительского рынка и его устойчивое развитие в условиях рыночной экономики в России заслуживают внимательного систематизированного изучения.

С принятием Федерального закона «О техническом регулировании» завершился переход от «качества» как основного объекта государственного нормирования и контроля к «безопасности» в первую очередь потребительских товаров.

Безопасность рассматривается автором как совокупность факторов опасности, присущих потребительским товарам, требования по которым должны контролироваться Системой многофакторного контроля за безопасностью потребительских товаров. Конкурентоспособность — это совокупность факторов (показателей качества, видов затрат), ограничивающих безопасность.

Развитие потребительского рынка не может осуществляться без конкуренции товаропроизводителей, без реализации конкурентоспособных товаров, без обеспечения их безопасности и качества для потребителей. Во многом в реальных условиях различных регионов, особенно таких многоплановых, как г. Москва, эта проблема пока не имеет удовлетворительного решения и требует поиска иных вариантов. Следовательно, необходима система мероприятий, обеспечивающих качество и безопасность товаров, что приводит к необходимости многофакторного подхода рассмотрения данной проблемы и соответствующего менеджмента качества по всем факторам опасности. Таким образом, если контролировать все возможные факторы опасности, то появляется возможность отслеживать корректирующие и предупреждающие мероприятия по каждому фактору. В целом же система менеджмента качества должна стать основой управления безопасностью потребительского рынка.

Предлагаемый автором многофакторный подход к безопасности и конкурентоспособности и отличает разрабатываемую Систему многофакторного контроля за безопасностью потребительских товаров от других существующих систем контроля безопасности.

Актуальность исследований вытекает из необходимости системного подхода к реализации положений Федерального закона «О техническом регулировании» в области оценки и обеспечении безопасности потребительских товаров в региональном разрезе.

Автором впервые предлагается выработать методическую основу системы многофакторного контроля безопасности потребительских товаров как оптимизированную систему «безопасность—конкурентоспособность», направленную на достижение соответствующих частных показателей качества жизни в регионе (в соответствии с направлениями реализации национальных проектов). Анализ действительной ситуации на потребительском рынке целесообразно проводить в двух взаимосвязанных сферах:

а) в сфере государственного регулирования, которая ответственна за обеспечение безопасности в первую очередь для жизни и здоровья граждан;

б) в сфере чисто рыночных регуляторов, ответственных за конкурентоспособность реализуемых товаров и предоставляемых услуг.

Характеризовать безопасность можно двумя показателями:

а) уровнем требований по безопасности, отражаемым в видах (перечнях) опасных факторов и значениях величин, характеризующих эти факторы. Например, экологическая безопасность с этих позиций может характеризоваться уровнем концентрации определенных вредных веществ, когда безопасность – это недопустимость превышения установленного уровня этих факторов (например, ПДК – предельно допустимой концентрации);

б) уровнем допустимого риска того, что реальное состояние значения показателя безопасности не превысит установленной величины (в данном примере – ПДК). Как предельно допустимые уровни опасных факторов (воздействий), так и значения предельных рисков несоответствия этим уровням в принципе должны регламентироваться международными и/или межправительственными соглашениями, а также законодательными и/или подзаконными актами страны в целом, а в некоторых случаях и отдельных регионов.

Установление соответствующих значений этих показателей в РФ — сфера технического регулирования и промышленной безопасности. Но в настоящее время отечественная нормативная база еще не в полной мере дает регламентацию по многим видам факторов опасности, а также допусти-

мым уровням этих факторов и допустимым рискам несоответствия этим уровням.

Вместе с тем в Федеральном законе «О техническом регулировании» предусмотрено:

а) регламентация требований безопасности (т. е. фактически допустимых уровней опасных воздействий) в законодательных документах федерального уровня — технических регламентах с «трансляцией» этих требований как обязательных в соответствующих национальных стандартах и сводах правил;

б) установление допустимых рисков несоответствия требованиям в зависимости от состояния экономики, уровня развития науки и техники и др.

Именно по причине того, что в настоящее время перечисленные критерии в количественном выражении на законодательном и нормативном уровнях еще недостаточно регламентированы в сфере государственного регулирования, задача автора состоит в разработке в рамках реализации национальных проектов критериев и условий обеспечения безопасности потребительских товаров г. Москвы.

В сфере чисто рыночных регуляторов главным условием успешного функционирования потребительского рынка выступает обеспечение конкурентоспособности. «Индикатором» конкурентоспособности во многом является рыночный спрос на потребительские товары. Именно в параметрах «безопасность—конкурентоспособность» необходимо вести анализ действительной ситуации на потребительском рынке г. Москвы.

С целью выявления действительной ситуации на потребительском рынке г. Москвы автором был проведен опрос населения (анкетирование).

В анкетировании в основном приняли участие респонденты со средним уровнем заработной платы.

В ходе обработки и анализа анкетных данных были получены следующие результаты:

- безопасность является основным фактором при выборе товаров;
- у подавляющего большинства респондентов нет уверенности в том, что по высокой цене они приобретут безопасный товар;
- спрос является интегральной оценкой цены и качества.

Если уровень требований безопасности слишком высок, то рынок не конкурентоспособен. Таким образом, должен быть баланс между требованиями безопасности и спросом.

Исходя из результатов проведенного анализа и соответствующего понимания роли и значения всех факторов опасности в национальной безопасности РФ, автор полагает необходимым определить ту конкретную

эффективность реализации национальных проектов, которая будет напрямую влиять на показатели качества жизни.

Основными видами опасностей, присутствующих на потребительском рынке сегодня являются: опасность излучений; биологическая опасность; взрывоопасность; механическая опасность; пожарная опасность; промышленная опасность; термическая опасность; химическая опасность; электрическая опасность; ядерная и радиационная опасность; электромагнитная совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования; единство измерений.

Важным является также обеспечение информационной безопасности.

В условиях хозяйственной деятельности необходим поиск оптимального отношения затрат на безопасность и возможного ущерба от недостаточной защищенности. Найти его можно, если задаться некоторым значением реально достижимого уровня безопасности производства. Эту задачу можно решить методом оптимизации.

Использование рассматриваемых видов риска позволяет выполнять поиск оптимальных решений по обеспечению безопасности как на уровне предприятия, так и на макроуровнях и в масштабах инфраструктур. Для этого необходимо выбирать значения приемлемого риска.

Приемлемый риск сочетает в себе технические, экологические, социальные аспекты и представляет некоторый компромисс между приемлемым уровнем безопасности и экономическими возможностями его достижения, т. е. можно говорить о снижении индивидуального, технического или экологического риска, но нельзя забывать о том, сколько за это придется заплатить и каким в результате окажется социальный риск.

Таким образом, сравнение факторов опасности позволяет в Системе многофакторного контроля за безопасностью акцентировать внимание на наиболее важных и динамических для данного момента времени и принять оперативные решения о предупреждающих действиях. Основным элементом излагаемого здесь подхода можно считать способ решения задачи упорядочения объектов (факторов опасности) по важности (рискам) при заданной матрице отношений рисков этих факторов опасностей.

Автором предложена концептуальная модель обеспечения безопасности потребительского рынка (рис. 1), где предусматривается оптимальное управление в большой социально-экономической системе мегаполиса по критерию «безопасность—конкурентоспособность», конечной целью которого является достижение тех показателей качества жизни, которые определены национальными проектами РФ.

При решении задачи оптимизации таких систем необходимо ориенти-

роваться на технические и экономически обоснованные критерии управления. Ввиду противоречивости предъявляемых к системе требований неизбежно использование многих критериев. Существуют попытки свести их к единому «обобщенному» показателю, субъективно приписывая каждому входящему в него критерию некоторый «вес». В итоге это приводит к столь же произвольному «оптимальному» решению. Следовательно, задача оптимального управления тем или иным процессом должна быть поставлена и решаться как многокритериальная.

Некоторые из учитываемых критериев должны отражать вероятностный характер влияния внешних условий на ход процесса. Однако традиционные методы синтеза, основанные на использовании аппарата теории оптимальной линейной фильтрации, требуют знания достаточно полных и достоверных статистических моделей входных воздействий, получить которые во многих практических случаях не удастся. Кроме того, традиционный синтез осуществляется без учета чувствительности оптимального решения к вариации параметров системы.

Таким образом, возникает задача многокритериального управления в условиях статистической неопределенности (при недостатке или отсутствии информации о статистических характеристиках возмущающих воздействий) и параметрической нестабильности (непредсказуемой изменчивости параметров) системы.

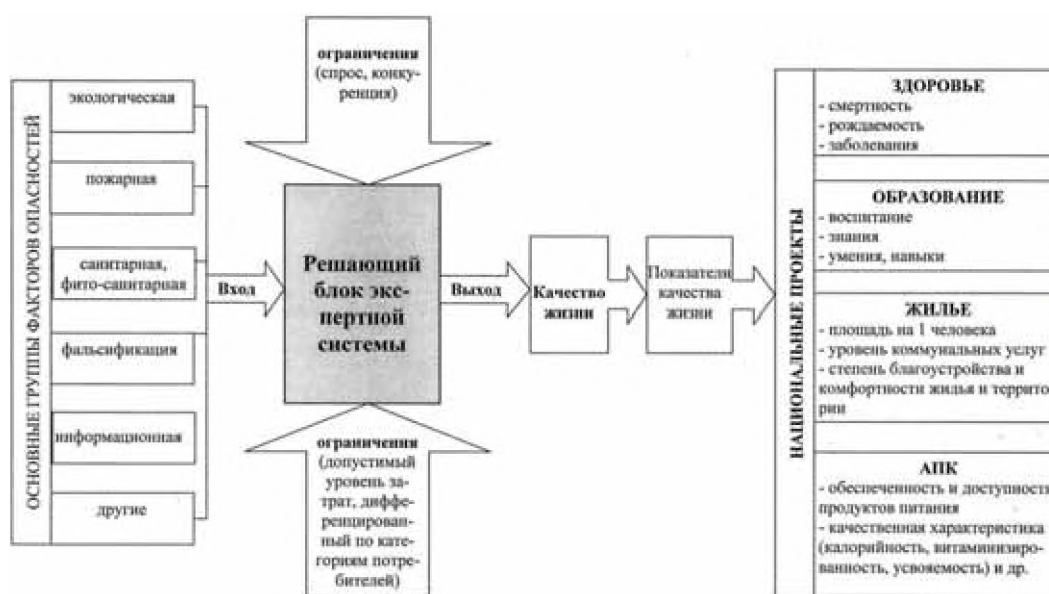


Рис. 1. Модель обеспечения безопасности потребительского рынка

Как показано на рис. 1, модель обеспечивает безопасность потребительских товаров путем взаимосвязи трех следующих условий:

- безопасности;
- спроса;

— качества жизни.

Модель процесса управления безопасностью потребительских товаров призвана реализовывать следующие основные концептуальные функции:

— выработка зависимости между опасными факторами и решениями для снижения уровня вредного снижения;

— определение баланса между ограничениями и показателями качества жизни.

Концептуально система контроля за безопасностью потребительских товаров г. Москвы базируется на информационных потоках, обеспечивающих эффективное функционирование системы. Исходными данными возникновения этих потоков являются данные об опасностях, представляемые контрольными (надзорными) органами (в том числе — соответствующими инспекциями), а также торговыми отделами крупных кампаний и/или рыночных сетевых структур. Далее эти потоки соответствующим образом обрабатываются, в том числе дифференцируются по видам опасностей, уровням рисков и т.п., а также «свертываются» для удобства дальнейшего использования.

В результате сопоставления основных факторов опасности и ограничений по конкурентоспособности и по допустимому уровню затрат, дифференцированного по категориям потребителей, могут быть сформулированы оптимальные требования уровней безопасности.

В рамках реализации данной системы на основе использования зависимостей между ценой товара и/или его конкурентоспособностью и максимальным уровнем (риском) безопасности этого товара (по всем регламентируемым видам опасности) ЛПР (лицо, принимающее решение) принимает решение о гарантированном на рынке г. Москвы уровне безопасности (допустимом уровне несоответствия требованиям безопасности) каждого вида товаров.

Предложенная авторская концепция обеспечения безопасности ориентирована на тот уровень, который не приводит к недопустимой потере конкурентоспособности товаров, их производителей и потребительского рынка в целом. Поэтому факторы конкурентоспособности продукции являются ограничивающими факторами уровня безопасности.

Таким образом, модель процесса управления безопасностью потребительскими товарами, построенная с учетом условий, ограничивающих высокий уровень требований безопасности, позволяет в концептуальном плане обосновать правомерность предлагаемого автором (по-видимому впервые) подхода к контролю безопасности потребительских товаров по совокупности показателей безопасности и конкурентоспособности. На

основе такого подхода далее рассматриваются предлагаемые автором критерии и определяющие положения по функционированию Системы многофакторного контроля за безопасностью потребительских товаров.

Система контроля за безопасностью потребительских товаров призвана обеспечить защиту населения в сфере потребительских по критерию «безопасность—конкурентоспособность», где конечной целью является достижение тех показателей качества жизни, которые определены национальными проектами Российской Федерации.

В рамках реализуемых сейчас в нашей стране национальных проектов «Здоровье», «Образование», «Доступное жилье» и «Развитие АПК» можно выделить следующие критерии оценки безопасности:

- критерии уровня показателей, характеризующих состояние здоровья населения;
- критерии уровня показателей, характеризующих благосостояние населения;
- критерии уровня показателей, характеризующих социальную сферу;
- критерии уровня показателей, характеризующих экологическую нишу;
- критерии уровня показателей, характеризующих природно-климатические условия.

Предлагаемая организационная структура контроля за безопасностью потребительских товаров и методические наработки, используемые при анализе ситуации на потребительском рынке г. Москвы, позволяют повысить безопасность и информированность потребителей, составить объективную картину ситуации, основываясь на предоставленной информации, не вмешиваясь в функции контролирующих органов и Департамента потребительского рынка и услуг г. Москвы.

Предлагаемый алгоритм функционирования системы контроля за безопасностью потребительских товаров г. Москвы обеспечивает рациональное взаимодействие всех элементов системы и, в-первую очередь, дает возможность Департаменту потребительского рынка и услуг целенаправленно и эффективно влиять на улучшение безопасности и качества товаров и услуг как необходимого направления повышения качества жизни граждан.

На основе изложенных результатов анализа основных факторов опасности для потребительских товаров мегаполисов впервые предложена концептуальная модель процесса многофакторного управления безопасностью потребительского рынка, которая основана на оптимизации этого процесса по критерию «безопасность – конкурентоспособность» и целе-

вой направленности на повышение качества жизни граждан по всем компонентам национальных проектов.

В целом изложенные результаты анализа, разработка критериев и методов оценки и условий обеспечения безопасности товаров позволяют:

— обосновать целевую направленность этих критериев, методов и разработанных рекомендаций по функционированию Системы на повышение безопасности, ограниченное необходимым уровнем конкурентоспособности;

— определить требования к структуре и содержанию нового документа Системы – описанию процесса многофакторного контроля состояния уровня безопасности и оценки степени достаточности этого уровня для необходимого повышения качества жизни на основе эффективной реализации национальных проектов.

Е. В. Давыдова

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЖИДАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПИВА «ЖИГУЛЕВСКОЕ»**

Проблема повышения качества и конкурентоспособности потребительских товаров отечественных производителей, в частности местных, не только актуальна, но и является одной из важнейших экономических проблем на современном этапе. Набирает силу процесс консолидации рынка вокруг существующих лидеров и международных компаний с вытеснением региональных предприятий.

Пивной рынок перенасыщен произведенным товаром и поделен между крупными пивоваренными компаниями, и каждый завод — производитель прочно удерживает свой сегмент рынка. Сравнительно небольшим компаниям, производящим дешевое и среднеценовое пиво, практически нет места даже в своем регионе. Так, из трех пивоваренных заводов Тамбовской области функционирует лишь один — ОАО «Завод пивоваренный «Моршанский». Два других завода (г. Рассказово и г. Уварово) не выдержали конкурентной борьбы и «сошли с дистанции».

Для изучения мнений покупателей и оценки конкурентоспособности пива на рынке проведены исследования в форме анкетного опроса жителей г. Моршанска Тамбовской области, в ходе которого опрошено 286 человек.



В качестве исследуемых сегментов выбраны четыре группы респондентов, выделенные по возрастному признаку: 1-я — от 18 до 25 лет; 2-я — от 25 до 40 лет; 3-я — от 40 до 50 лет; 4-я — свыше 50 лет. Такое деление обусловлено разными потребностями и финансовыми возможностями, сложившимися традициями потребления, результатами воздействия рекламы на вышеперечисленные группы. Испытывая разные потребности, потенциальные потребители предъявляют к товару различные требования и, следовательно, по-разному реагируют на один и тот же товар с одними и теми же свойствами.

В ходе исследований установлено, что пиво — популярный напиток среди жителей города Моршанска. Его употребляют 98 % опрошенных. Среди них пиво местного производства предпочитают 54 %, пиво из Санкт-Петербурга — 23 %, а оставшиеся 23 % респондентов выбирают пиво других городов-производителей или импортное.

Среди любителей пива наибольшее количество респондентов предпочитают разливное пиво — 41 %, в стеклянной бутылке — 38 %, в банке — 18 % и в ПЭТ-упаковке — 3 % опрошенных.

Доля респондентов, употребляющих пиво несколько раз в неделю для всех четырех возрастных категорий: для 1, 2, 3 и 4-й групп составляет 33, 44, 30, 35 % соответственно; употребляющих пиво каждый день: 28, 22, 30, 26 % соответственно; несколько раз в месяц 39, 34, 20, 28 %, а несколько раз в сезон пиво употребляют только 3-я и 4-я группы — 20 и 11 % соответственно.

При ответе на вопрос о среднемесечном доходе 45 % респондентов ответили, что имеют доход менее 5000 руб., 37 % — 5000-10000 руб., 15 % — 10000-20000 руб. и 3 % — более 20000 руб. на одного человека в месяц.

Доля респондентов, выпивающих 0,5 литра в день для 1, 2, 3 и 4-й групп составляет 22, 56, 20, 43 % соответственно; употребляющих более 1 литра в неделю: 33, 33, 40, 22 % соответственно; более 5 литров в неделю 17, 11, 30, 17 %, а 28 % первой группы, 10 % — 3-й и 18 % — 4-й предложили другой вариант.

В результате работы было установлено, что 61 % опрошенных употребляет пиво уже более 5 лет, 21 % — 3-5 лет, 15 % — 1-2 года, 3 % — менее 1 года.

Наиболее часто употребляемым пивом производства ОАО «Завод пивоваренный «Моршанский» респондентами было названо пиво «Жигулевское» — 44 %; менее предпочитаемым — «Моршанское» — 14 %; «Купец» — 10 % и «Каменское» — 8 %; «Ячменный колос», «М», «Rausch» и другое — по 6 % соответственно.

С целью выявления потребительских предпочтений выбраны две группы критериев: первая — показатели качества, нормируемые стандартом: «вкус», «аромат», «прозрачность», «цвет», «пеностойкость», «крепость», «стойкость при хранении»; вторая — латентные потребности покупателей: «снятие стресса», «утоление жажды». Для оценки важности показателей качества пива была разработана балльная шкала, а именно: 5 баллов — очень ценный показатель, 4 балла — ценный, 3 балла — менее ценный, но хорошо бы иметь, 2 балла — не очень ценный, 1 балл — показатель ценности не представляет.

В результате опроса выяснено, что очень ценными показателями качества пива респонденты считают: «утоление жажды», «соответствие вкуса», «приятный аромат», «прозрачность», «стойкая пена», а ценными: «снятие стресса», «крепость», «стойкость при хранении».

Анализ данных позволяет сделать следующие выводы:

- в целом жители области употребляют пиво, изготовленное на ОАО «Завод пивоваренный «Моршанский»;
- основная масса опрошенных употребляет моршанское пиво более 5 лет, следовательно оно пользуется спросом среди населения;
- основным конкурентом следует отметить город Санкт-Петербург;
- самыми популярными видами пива являются: «Жигулевское», «Моршанское», «Купец», «Каменское»;
- основная масса респондентов предпочитает разливное пиво и в стеклянной бутылке;
- при изготовлении пива следует опираться на пожелания потребителей с учетом показателей качества пива, которые они считают очень ценными и менее ценными.

Результаты анкетирования свидетельствуют о том, что жители города Моршанска по большей части отдают предпочтение пиву местного производителя. Однако 83 % продукции, производимой заводом, поставляется в другие города и области. Следовательно, местным любителям хмельного напитка остается лишь 17 %, в то время, когда они готовы потребить больше. Поэтому, чтобы сохранить и укрепить свои рыночные позиции, ОАО «Завод пивоваренный «Моршанский» необходимо направить усилия на повышение внутренней эффективности, усиление рекламы и поиск новых маркетинговых шагов.

Чтобы обеспечить непрерывный рост производства и постоянный спрос на выпускаемую продукцию, заводу необходимо выработать стратегию, направленную на:

- совершенствование технологии производства пива;

- контроль качества как готовой продукции, так и процессов ее производства;
- обеспечение безопасности производимой продукции;
- модернизацию оборудования, используя прогнозируемый рост объемов продаж;
- постоянное обновление и увеличение ассортимента выпускаемой продукции.

Таким образом, одной из главных проблем пивоваренного завода является недостаточное количество рекламы, которая оказывает достаточно сильное влияние на выбор покупателей. На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что предприятию необходимо, помимо обновления и увеличения ассортимента выпускаемой продукции и контроля ее качества, хорошо зарекомендовать себя путем использования различных рекламных акций.

# **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ**

И. С. Новиков

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **ПЕРСПЕКТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КЛЮЧЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОДУКЦИИ И ПРОЦЕССОВ**

Чем сегодня характеризуется бизнес? Что беспокоит участников современного глобального рынка? Для ответа на эти вопросы японским научно-исследовательским центром был в 2006 году проведен один из самых авторитетных за последнее время опросов. Его респондентами стала представительная выборка предприятий в лице 190 среднестатистических японских предприятий, 10 лидеров японской экономики и 10 лидеров европейской экономики. Самым главным результатом исследования стал вывод о том, что в условиях современного рынка одним из основных факторов конкурентной борьбы является способность предприятия оперативно и адекватно реагировать на изменения внешней среды (законодательства, требований и ожиданий потребителей, состояния экономики и др.), постоянно повышая при этом качество выпускаемой продукции. Таким образом, большинство потенциальных проблем организации в той или иной степени связаны с одной из ключевых характеристик рынка — изменчивостью.

В качестве реакции на данную ситуацию предприятия — представители тяжелой наукоемкой промышленности (автомобильная, авиационная, космическая) стремятся прежде всего сократить временные затраты на проектирование, разработку и постановку на производство нового вида продукции. Жизненный цикл дальнемагистрального самолета большой пассажироместимости (рис. 1), начиная со стадии разработки технического задания и заканчивая выпуском опытного образца продукции, сегодня составляет 5–10 лет. Для того чтобы входить в число мировых лидеров — производителей самолетов гражданской авиации, отечественным авиасборочным предприятиям необходимо минимизировать время выпуска нового вида продукции, постоянно повышая при этом ее качество.



Рис. 1. Облик современного магистрального самолета

В современных условиях это становится достижимым в случае разработки и непрерывного совершенствования системы менеджмента качества (СМК) организации, повышения ее результативности и эффективности. В связи с этим для устойчивого развития бизнеса авиасборочному предприятию необходимо иметь в СМК некоторый механизм, позволяющий быстро и адекватно реагировать на потребности изменяющегося рынка. Одним из таких механизмов является перспективное планирование качества продукции (от англ. Advanced Product Quality Planning, далее APQP), в основе которого лежит *концепция ключевых характеристик*.

Учитывая перспективу вступления в силу технических регламентов, устанавливающих в соответствии с законом «О техническом регулировании» обязательные требования к продукции и процессам, и вступление России в ВТО, отечественным предприятиям пора обратить взгляд в сторону эффективных инструментов менеджмента качества организаций, успешно используемых лидерами современного рынка.

Обеспечение работоспособности и непрерывного совершенствования СМК предприятия — вот ключ к успеху продукции отечественной авиационной промышленности в условиях глобального рынка. Система менеджмента качества, основанная на обеспечении результативности, эффективности и постоянного улучшения процессов жизненного цикла ЛА, — это надежный тыл сегодня и широкий спектр перспектив!

Современный подход к менеджменту организаций инициирует использование (там, где это применимо) менеджмента проекта или перспективного планирования качества продукции как эффективного инструмента обеспечения процессов жизненного цикла (ПЖЦ) продукции. В противоположность выявлению ошибок и их коррекции, перспективное плани-

рование качества продукции объединяет понятия предупреждения ошибок и постоянного улучшения.

*Перспективное планирование качества продукции (Advanced Product Quality Planning – APQP)* – это структурированная процедура определения и установления этапов, совокупности работ внутри этапов и их результатов, необходимых для обеспечения процессов жизненного цикла продукции.

Можно выделить внешнюю и внутреннюю цели APQP:

– внешняя: обеспечение на выходе запланированного качества продукции, соответствующего требованиям всех заинтересованных сторон (потребителей, государства, общества, поставщиков, самой организации и др.);

– внутренняя: обеспечение взаимодействия всех участников проекта для выполнения в срок всех требуемых шагов.

Идеология APQP базируется на «пяти постулатах», которые в некоторой степени отражают современные тенденции менеджмента качества организаций. Одним из них является концепция ключевых характеристик. Практика реализации данной концепции на отечественных предприятиях показала, что основная проблема для специалистов заключается в выборе из всего множества характеристик продукции и процессов тех, которые являются ключевыми, т. е. наиболее значимыми по какому-либо критерию.

Таким образом, становится актуальной задача разработки инвариантного методического подхода к определению ключевых характеристик продукции, ее компонентов и процессов для повышения результативности и эффективности деятельности организации. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить критерий для выбора ключевых характеристик;
- определить общую последовательность и состав работ по выбору ключевых характеристик продукции, ее компонентов и процессов;
- определить алгоритм «развертывания» ключевых характеристик;
- определить методы и инструменты, используемые для выбора ключевых характеристик;
- определить общую последовательность и состав работ по выбору процессов, влияющих на выполнения обязательных требований к продукции, и по установлению требований к ним;
- классифицировать продукцию;
- определить типовые составы процессов жизненного цикла для различных групп продукции;

- определить состав элементов, входящих в процесс и потенциально влияющих на его способность обеспечить выполнение требований заинтересованных сторон к продукции;
- разработать алгоритм установления требований к свойствам элементов процессов.

Большинство видов продукции описывается множеством характеристик, значимость которых для потребителей и других заинтересованных сторон (владельцев и работников организации, поставщиков, общества, государства) различна. Соответственно различными должны быть и планируемые мероприятия по обеспечению характеристик со стороны предприятия.

В условиях ограниченных ресурсов для обеспечения оптимального соотношения качества и цены предприятию необходимо сконцентрировать внимание на более значимых (ключевых) характеристиках продукции, а также компонентах и процессах, в наибольшей степени влияющих на эти характеристики.

Современный менеджмент предлагает организации определить для своей продукции перечень ключевых характеристик и особо управлять ими в процессах жизненного цикла с целью адресного распределения ресурсов и повышения результативности и эффективности деятельности.

Критерии, по которым характеристика относится к числу ключевых, могут быть различными. Например, исходя из условия минимума массы, ключевыми будут те характеристики, которые в совокупности обеспечивают минимальную массу изделия.

Для демонстрации использования разрабатываемого методического подхода ключевыми будут считаться характеристики, обеспечивающие выполнение обязательных требований, установленных в технических регламентах на данный вид продукции.

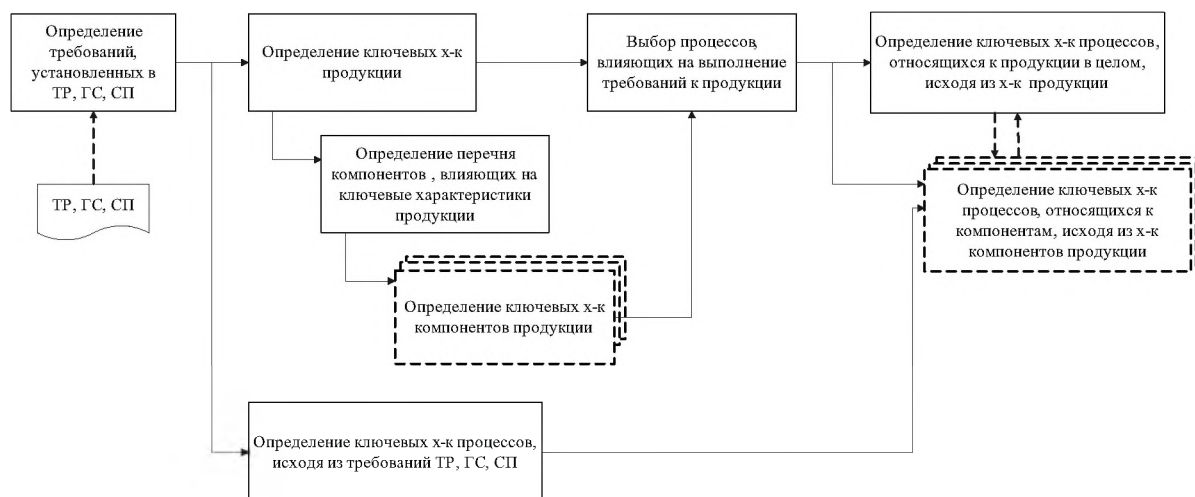
Федеральный закон «О техническом регулировании» установил, что обязательные требования к объектам технического регулирования устанавливаются исключительно техническими регламентами (ТР). С момента вступления в силу технического регламента его требования становятся обязательными на всей территории Российской Федерации, и продукция, не соответствующая его требованиям, не должна выпускаться в обращение.

Организациям, выпускающим продукцию, на которую распространяются требования ТР, необходимо осуществлять мероприятия по анализу требований принятого ТР, определению различий между выпускаемой продукцией и этими требованиями, планированию, проектированию и раз-

работке, производству и реализации продукции, соответствующей ТР.

Важнейшей задачей организации (в рамках реализации указанных мероприятий) является развертывание требований ТР, гармонизированных стандартов (ГС) и сводов правил (СП) в конкретные значения ключевых характеристик продукции, ее составных частей (компонентов) и процессов производства, которые обеспечивают выполнение требований ТР.

Общая последовательность такой работы приведена на рис 2.



ТР - технический регламент

ГС – гармонизированные стандарты

СП – своды правил

Рис. 2. Общая последовательность и состав работ по определению ключевых характеристик продукции и процессов

Последовательное развертывание требований ТР на практике можно реализовать с помощью различных методов, таких, как метод развертывания функций (характеристик) качества (Quality Function Deployment – QFD), метод анализа видов и последствий потенциальных ошибок (FMEA), мозговой штурм, методы Тагути и других.

Одним из наиболее популярных является метод QFD построения матриц. Применение метода QFD начинается с построения матрицы, переводящей требования и ожидания заинтересованных сторон в наименования показателей качества продукции в целом, для которых в последующем будут определяться конкретные параметры.

Далее необходимо определить перечень компонентов, влияющих на ключевые характеристики продукции, и переходить к построению матриц, переводящих ключевые характеристики продукции в целом в ключевые характеристики компонентов продукции. Их количество будет совпадать с количеством выбранных компонентов, то есть матрица строится для каж-



дого компонента отдельно.

Продукция и ее характеристики создаются в процессе производства, поэтому необходимо также решать задачу определения параметров процессов, влияющих на выполнение требований к продукции и ожиданий заинтересованных сторон. Это осуществляется путем построения матриц, переводящих ключевые характеристики продукции в целом, в ключевые параметры процессов, влияющих на выполнение требований к продукции.

Следующий шаг — построение матриц, переводящих ключевые характеристики компонентов продукции в параметры процессов, относящихся к компонентам продукции.

Таким образом, данный алгоритм позволяет «развернуть» требования ТР в конкретные ключевые характеристики конечной продукции, ее компонентов и процессов, влияющих и на продукцию в целом, и на ее компоненты.

Результатами анализа опыта практического применения на отечественных предприятиях разработанного метода определения ключевых характеристик стали следующие выводы.

1. Целенаправленная деятельность по освоению и внедрению идеологии перспективного планирования качества продукции в организациях тяжелой наукоемкой промышленности (авиационная, автомобильная, нефтегазовая) позволит значительно повысить факторы их конкурентоспособности.
2. Использование разработанного инвариантного методического подхода к определению ключевых характеристик продукции, ее компонентов и процессов позволит значительно повысить результативность и эффективность деятельности организации:
  - за счет адресного распределения ресурсов и особого управления ключевыми характеристиками снизить время проектирования и разработки новой продукции и постановки ее на производство в 1,3 раза;
  - снизить внутренний уровень дефектности в среднем с 1500 до 500 ppm (500 дефектных изделий на миллион) за счет ранней идентификации требуемых изменений по ключевым характеристикам и использования приведенных в работе инструментов предупреждения возможных дефектов;
  - сократить в восемь раз потери от некачественной продукции за счет акцентирования внимания на ключевых характеристиках продукции и процессов и особого управления ими;

- значительно повысить удовлетворенность потребителей за счет обеспечения ключевых (наиболее важных для потребителя) характеристик;
  - снизить на 5 % себестоимость продукции за счет совершенствования технологического процесса (присвоения качественно новых значений ключевым характеристикам процессов);
  - сделать организации гибкими и приспособляемыми к изменчивости рынка и требований заинтересованных сторон за счет формирования и непрерывной актуализации перечней ключевых характеристик.
3. Увеличение затрат на обеспечение качества на ранних этапах ЖЦП позволит минимизировать потери от некачественной продукции на более поздних этапах и снизить риск ее попадания потребителю.
  4. Использование для совершенствования деятельности таких инструментов перспективного планирования, как FMEA (Failure mode and effects analysis) — анализ видов и последствий отказов, MSA (Measurement Systems Analysis) — анализ измерительных систем, SPC (Statistic Process Control) — статистическое управление процессом, позволит организациям непрерывно совершенствовать свою деятельность и обеспечит положительную динамику экономических показателей.

#### Библиографический список

1. Федеральный закон «О техническом регулировании» (Собрание законодательства Российской Федерации 2002, ч. 1, № 52, ст. 5140; 2005, № 19, ст. 1752; 2007, № 219, ст. 2293).
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 19.11.2003 г. № 696 «О знаке обращения на рынке».
3. Приказ Минпромэнерго России от 22 марта 2006 г. № 54 «Об утверждении формы декларации о соответствии требованиям технических регламентов», зарегистрирован Минюстом России 15.05.2006 г. № 7826.
4. Техническое регулирование: теория и практика, Аронов И. З., Версан В. Г., Галеев В. И. и др. Под ред. Версана В. Г. — М: Экономика, 2006.
5. ГОСТ Р ИСО 9000 — 2001 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь».
6. ГОСТ Р ИСО 9001- 2001 «Системы менеджмента качества. Требования».
7. ГОСТ Р 51814.1-2004 (ИСО/ТУ 16949) «Система менеджмента качества в автомобилестроении. Общие требования по применению ГОСТ Р ИСО-9001-2001 в автомобильной промышленности и организациях, производящих соответствующие запасные части».

8. ГОСТ Р 51814.3-2001 «Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Методы статистического управления процессами».
9. ГОСТ Р 51814.6-2005 «Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Менеджмент качества при планировании, разработке и подготовке производства автомобильных компонентов».
10. Руководства ИСО/МЭК 2: 1996 «Стандартизация и смежные виды деятельности. Общий словарь».
11. Версан В., Чайка И. Как действовать предприятию в условиях принятия технического регламента? // Стандарты и качество. 2007. № 10.
12. Аронов И., Лосев С., Пугачев С., Седов А.. Анализ случаев причинения вреда. Обзор зарубежных информационных систем // Стандарты и качество. 2005. № 6.
13. Смит К., Томас Р., Куэлч Дж. Стратегический подход к управлению отзывом продуктов // Управление в условиях кризиса / Пер. с англ. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.
14. Чайка И. Что будет со стандартами ИСО 9000 в 2008 году // Стандарты и качество. 2006. № 3.

Д. Л. Головин, Е. Д. Прошина, Д. С. Калашников

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)  
РСК «МиГ»*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЛОЖНОГО ИЗДЕЛИЯ**

Обеспечение требуемого качества продукции на различных этапах жизненного цикла является одной из целей реализации концепции CALS/ИПИ-технологий.

Применение интегрированной информационной среды позволяет по-новому организовать информационную поддержку при технологическом проектировании сложного наукоемкого изделия.

Основной задачей технологического проектирования является создание технологического проекта материализации высококачественного изделия на основе последних научно-технических достижений. При этом решается множество частных задач: обеспечение технологичности изделия; проектирование технологических процессов (сборочных, монтажа, изготовления деталей, контроля и испытаний); проектирование и увязка технологического оснащения; обеспечение точности, надежности и стабильности технологических процессов.

Качество технологического проекта сложного изделия существенным образом влияет на качество производимой продукции.

Ключевую роль в процессе создания технологического проекта играют системы автоматизированного формирования вариантов технологических решений, системы оценивания и выбора оптимальных решений.

Для эффективного управления проектами система технологического проектирования должна быть хорошо структурирована. Суть структуризации (декомпозиции) сводится к разбивке проекта на отдельные стадии, которыми можно управлять.

**Стратегическое (целевое) планирование** представляет собой процесс разработки стратегических, укрупненных, долгосрочных планов по совершенствованию изделия.

На этапе стратегического планирования технологического проекта могут быть использованы различные методы дополнительного анализа в системах управления качеством. Например, метод SWOT-анализа (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats — преимущества, слабые стороны, возможности, угрозы).

**Детальное (оперативное, тактическое) планирование** связано с разработкой тактических, детальных планов (подцелей) для оперативного управления технологическим проектированием на уровне ответственных исполнителей подразделений.

Разбиение (декомпозиции) работ по созданию технологического проекта на отдельные части позволяет строить матрицы ответственности. Матрица ответственности представляет собой форму описания распределения ответственности за реализацию работ по проекту с указанием роли каждого из подразделений в их выполнении и ответственного.

Организационные подразделения связаны между собой информационными потоками, с которыми передается плановая и фактическая управленческая и техническая информация. Для целей технологического проектирования предлагается встроить в общий процесс проектирования подсистему обеспечения качества (рис. 1) с основными элементами — системой формирования множества технологических решений и системой оценивания и принятия технологических решений.

Процесс принятия решения — процесс выбора оптимального (удовлетворительного) решения из альтернативных вариантов. Система поддержки принятия решений — соединение комплекса программных средств, имитационных, статистических и аналитических моделей процессов и работ по проекту для подготовки решений по его реализации. Целью информационной системы поддержки принятия решений является организация



Рис. 1. Схема подсистемы обеспечения качества технологического проекта

и управление принятием решений при разработке и реализации проектов на основе современных технологий обработки информации.

**Модель формирования множества технологических решений.** Как отмечалось ранее, подсистема обеспечения качества технологического проекта содержит подсистему формирования множества технологических решений.

На рис. 2 представлена типовая структурированная иерархическая модель технологического проектирования, на основе которой строится автоматизированная система формирования альтернативных вариантов технологических решений.

Под моделью технологического проектирования изделия понимаем специальную конструкцию, созданную на множестве моделей процессов, используемых при производстве частей изделия и изделия в целом.

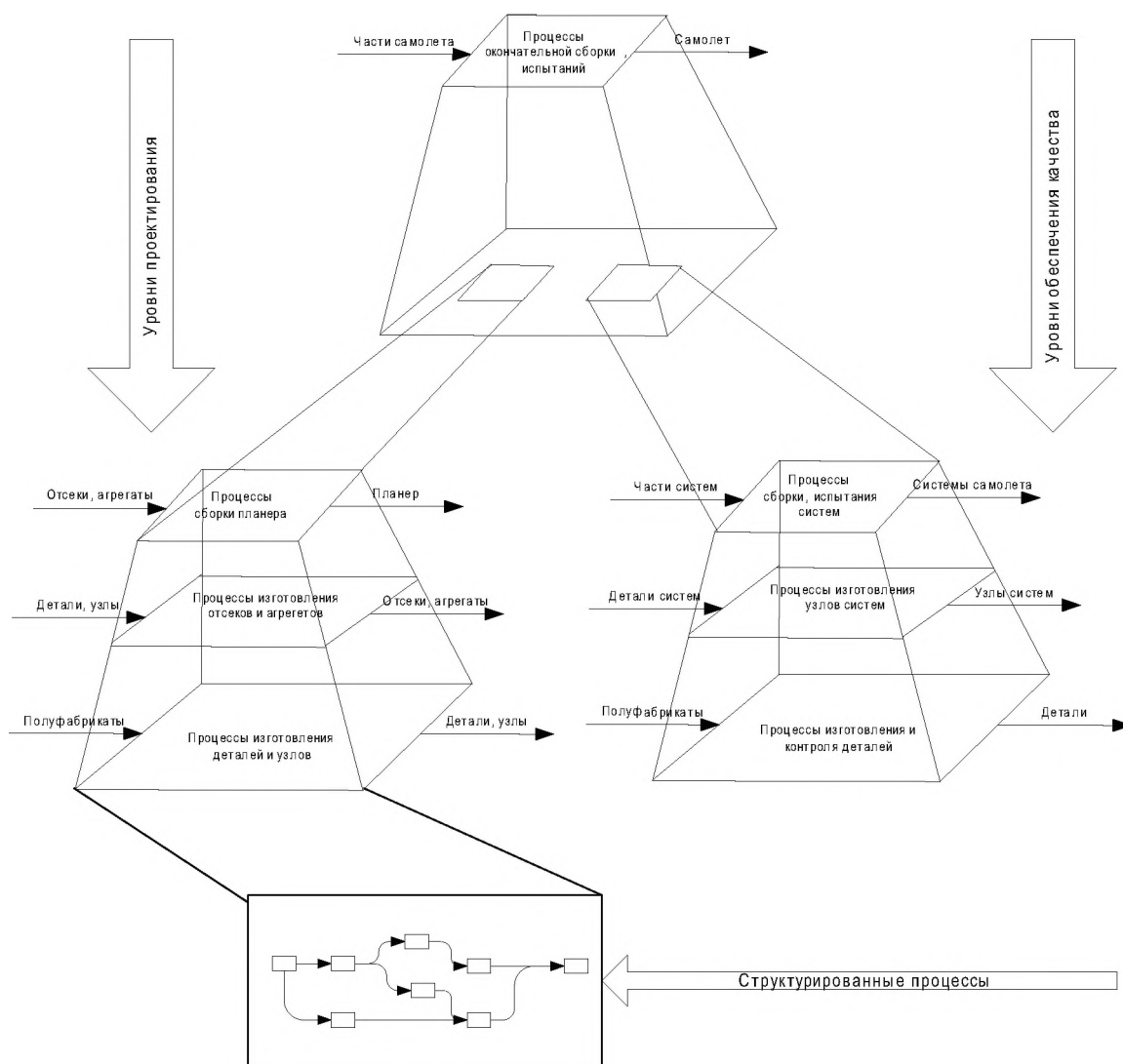


Рис. 2. Модель технологического проектирования

Построение такой сложной конструкции, как модель технологическо-

го проектирования требует разрешения методологических и математических проблем — по информационному изображению предметов и процессов. Для информационного изображения процессов и предметов и построения требуются модели особого вида — системно-множественные, так как строится не просто модель процесса, а модель множества процессов, множества структур, множества предметов.

При построении таких моделей на первое место выдвигаются методологические вопросы — логико-философские аспекты, принципы структуризации процессов и предметов.

*Принцип структуризации процессов и предметов.* Системный подход, являющийся методологией современных исследований больших систем, предполагает комплексное рассмотрение процессов и предметов: рассмотрение процесса как целостного образования; выявление составляющих частей и связей; анализ функций частей и функциональных связей между частями; обоснование целесообразной степени информационного описания процесса или предмета.

Конечная цель системного анализа с учетом логико-философских аспектов — построение системно-множественных математических моделей для практического использования.

*Принцип регулярности.* Существуют регулярные структуры технологических процессов, регулярные структуры предметов технологии, регулярные отношения и функциональные взаимосвязи между процессами и предметами, которые позволяют осуществить предварительную систематизацию проектных технологических знаний.

*Принцип декомпозиции процессов.* Технологический процесс как сложная система может быть подвергнут декомпозиции на подпроцессы или предметы и действия.

Другой формой декомпозиции процесса является выделение предметов, участвующих в процессе, по схеме:

предметы  $\Rightarrow$  имя действия,

где  $\Rightarrow$  — отношение «предметы участвуют в процессе».

Предметы, в свою очередь, можно рассматривать как целостные образования и производить их декомпозицию, рассматривая при этом свойства частей, связи и отношения между частями, образующими целое. Рассмотрение предметов как целостных систем и их декомпозиция позволяет образовывать классы предметов, производить подробный анализ наличия свойств, отношений, качеств и в итоге строить информационное изображение предметов или частей.

Наиболее общей формой информационного изображения процессов

и предметов являются конструкции, созданные на основе использования исчисления предикатов и методов его расширения.

Для информационного изображения процессов и предметов можно использовать идеализированный объект

$$I = \langle V, S, \Sigma, R \rangle,$$

где  $V$  — множество элементов  $v^i$ , принадлежащих  $V$ ;  $S : V \rightarrow V'$  — правило подобия;  $R$  — правило объединения элементов  $v^i$  в структуру  $\Sigma$ , т. е. бинарные отношения  $R_i(v^i, v^j)$ .

В качестве элементов  $v^i$ , принадлежащих  $V$ , используем:  $v^1$  — имя предмета;  $v^2$  — имя процесса;  $v^3$  — свойство (предмета, процесса);  $v^4$  — качество (предмета, процесса);  $v^5$  — параметр;  $v^6$  — решающее правило;  $v^7$  — ограничение;  $v^8$  — функциональная связь;  $v^9$  — отношение.

Информационное изображение процессов и предметов представляем в виде графа  $G = \langle V, R \rangle$ . Здесь  $v^i$ , принадлежащее  $V$ , — множество вершин графа;  $r^i$ , принадлежащее  $R$ , — множество соединений вершин (двуместный предикат  $r_i(v^i, v^j)$ ).

При построении идеализированных объектов используем следующие бинарные отношения:

$r_1(v^{1-2}, \lambda)$  — отношение называния, где  $\lambda$  — реальный предмет или процесс;

$r_2(v^1, v^2)$  — отношение использования элементов  $v^1$  элемента  $v^2$ ;

$r_3(v^1, v^2)$  — отношение предмет  $v^1$  участвует в процессе  $v^2$ ;

$r_4(v^1, v^2)$  — предмет  $v^1$  преобразуется процессом  $v^2$ ;

$r_5(v_i^{1-2}, v_j^{1-2})$  — подпроцесс (предмет)  $v_i^{1-2}$  является частью процесса (предмета)  $v_j^{1-2}$ ;

$r_6(v^3, v^{1-2})$  — элемент принадлежит (характеризует) элемент  $v^{1-2}$ ;

$r_2(v^{1-2}, v^4)$  — элемент  $v^{1-2}$  оценивается элементом  $v^4$ ;

$r_8(v^3, v^4)$  — элемент  $v^3$  является частью элемента  $v^4$ ;

$r_9(v^5, v^6)$  — элемент  $v^5$  — характеристика  $v^6$ ;

$r_{10}(v^6, v^3)$  — элемент  $v^6$  определяет наличие  $v^3$ ;

$r_{11}(v^5, v^6)$  — элемент  $v^5$  (проверяется) соотносится с элементом  $v^6$ ;

$r_{12}(v^7, v^5)$  — элемент  $v^7$  ограничивает  $v^5$ ;

$r_{13}(v^5, v^8)$  — элемент  $v^5$  принадлежит  $v^8$ ;  $v^9$  — отношение между элементами  $v^{1-2}, v^3, v^4$ .

В качестве формального аппарата действий с идеализированными объектами используют алгебраическую систему

$$\langle J, W_p, W_1 \rangle,$$



где  $J$  — множество носителей;  $W_p$  — множество предикатов;  $W_1$  — множество функций.

В качестве множества  $W_p$  принимают двуместные предикаты:  $R_1$  — отношение следования;  $R_2$  — отношение предшествования;  $R_3$  — отношение предопределения;  $R_4$  — отношение включения;  $R_5$  — отношение части к целому;  $R_6$  — отношение абстрагирования;  $R_7$  — отношение детализации;  $R_8$  — отношение определения;  $R_9$  — отношение равенства;  $R_{10}$  — отношение превосходства;  $R_{11}$  — отношение формирования качества;  $R_{12}$  — отношение соответствия;  $R_{13}$  — отношение использования.

Для каждого отношения формируются свойства рефлексивности, симметричности, транзитивности и т. п. В качестве множества  $W_1$  используют множество функциональных зависимостей, которые считаются «значимыми» при построении модели процессов.

При оперировании с идеализированными объектами используется ряд условий.

*Условие 1 (следования процессов, предметов):* если свойства процессов (предметов) находятся в отношении предшествования, то процессы, предметы следуют друг за другом:

$$\forall v^{1-2} \exists v_2^{1-2} \exists v_1^3(v_1^{1-2}) \exists v_2^3(v_2^{1-2}) [v_1^3(v_1^{1-2}) \wedge v_2^3(v_2^{1-2}) \wedge R_2(v_1^3, v_2^3) \rightarrow \rightarrow R_1(v_1^{1-2}, v_2^{1-2})].$$

*Условие 2 (предопределения предметов):* если свойства первого предмета требуют наличия свойств второго предмета, то наличие первого предмета предопределяет наличие второго предмета.

Система содержательных условий добавляется к обычным логическим аксиомам теории первого порядка исчисления предикатов и позволяет сформулировать ряд теорем, которые являются основой для разработки алгоритмов.

**Модель оценивания и принятия технологических решений.** На стадии выполнения проекта необходимо обеспечить сбор фактических данных о состоянии работ, оптимально представить их для анализа, обеспечить обмен информацией и взаимодействие между участниками проекта, выбрать оптимальное технологическое решение. Для выполнения этих функций применяется специально разработанное программное обеспечение.

На качество технологического проекта влияет множество факторов, которые необходимо учитывать на различных стадиях технологического проектирования. После формирования множества альтернативных вариантов технологических решений их необходимо оценить и выбрать решение,

отвечающее заданным критериям. Формирование системы критериев для оценивания технологического проекта является сложной, творческой задачей. Сложность эта обусловлена многообразием оцениваемых процессов и предметов, их тесной взаимосвязью (рис. 3) и противоречивостью требований (критериев).



Рис. 3. Схема назначения критериев при технологическом проектировании

Для создания системы показателей качества необходимо, чтобы показатели: имели количественное выражение; отражали качественные сдвиги, характеризующие развитие рассматриваемого технологического проекта; обеспечивали оценку проекта с учетом влияния уровней проектирования. При экспертной оценке технологических проектных предложений наряду с количественными критериями-показателями возможно применение качественных критериев-показателей. В этом случае числовое значение качественных критериев-показателей заменяется экспертной оценкой.

В работе используются общие показатели качества, такие, как точность, взаимозаменяемость, технологичность, стандартизация, надежность, технологическая себестоимость и частные (например, качество поверхностного слоя).

Для многокритериальной оценки альтернативных проектных вариантов используется метод иерархического парного сравнения. Анализ иерархий — один из самых мощных и эффективных методов экспертизы и принятия решений. Предложенный Томасом Саати, метод анализа иерархий

объединяет идею парного сравнения объектов с аналитическим подходом к формированию оценочного решения. Метод анализ иерархий имеет важное достоинство: этот метод ориентирован на анализ и оценку сложных иерархических структур, каковым и является сложный технологический проект.

Применение метода анализа иерархий к решению задачи оценки качества технологических проектных предложений включает три основных этапа:

- 1) иерархическое представление задачи экспертизы, в которой нижний уровень иерархии представлен альтернативами (проектными предложениями), верхний уровень — целью (оценкой качества технологического проекта), промежуточные уровни иерархии занимают критерии — единичные и комплексные показатели качества, по которым производится сравнение проектных предложений;
- 2) проведение парных сравнений для определения количественной оценки влияния элементов каждого уровня иерархии (альтернатив, критериев) на каждый элемент верхнего уровня иерархии (критерий, цель);
- 3) получение приоритетов, характеризующих количественно степень влияния альтернатив (оцениваемых проектных предложений) через критерии (систему единичных и комплексных показателей качества) на цель — оценку качества технологического проекта. Таким образом, обеспечение качества при технологическом проектировании сложного наукоемкого изделия может быть достигнуто в рамках CALS/ИПИ технологий путем встраивания в общий процесс технологического проектирования подсистемы обеспечения качества.

#### Библиографический список

1. Т. Саати. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1993.
2. Чударев П. Ф., Головин Д. Л. Комаров Ю. Ю. Автоматизированное проектирование технологических процессов авиационного производства. — М: Изд-во МАИ, 1991.

## ДЕФОРМАЦИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С ПРИКРЕПЛЕННЫМИ К НЕЙ УПРУГИМИ ПЛАСТИНАМИ

Конструкции ЛА специального назначения обычно состоят из цилиндрического корпуса и крыльев малого удлинения. Во время полёта под действием аэродинамической нагрузки крылья изгибаются. На линии их соединения с оболочкой возникают распределённые силы и моменты, которые ведут к локальному изгибу оболочки. Исследованию этого изгиба и посвящается работа.

Для приближённого решения задачи введём механическую модель. Для этого цилиндрический корпус ЛА и крылья представим в виде тонкой упругой гладкой цилиндрической оболочки конечной длины с двумя консольно прикреплёнными к ней по отрезку образующей трапециевидными пластинами переменной толщины. На горизонтально расположенные пластины действует произвольно распределённая аэродинамическая нагрузка таким образом, что система деформируется симметрично относительно вертикальной плоскости, проходящей через ось вращения оболочки (рис. 1).

Для решения задачи мысленно разрезаем оболочку на две одинаковые панели и в дальнейшем рассматриваем только одну из них (например, правую). Введём на панели криволинейную ортогональную систему координат, оси  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  которой совпадают с образующей оболочки и дугой большого круга соответственно, а ось  $x_3$  направлена вдоль внешней нормали к поверхности оболочки. Пластина расположена в центре панели вдоль оси  $\alpha_1$ .

В силу симметрии на меридиональных краях панели имеем граничные условия вида

$$S = Q_2 = u_2 = \frac{\partial u_3}{\partial \alpha_2} = 0, \quad (1)$$

где  $S$  — касательное усилие;  $Q_2$  — перерезывающая сила;  $u_2$  — перемещение вдоль оси  $\alpha_2$ ;  $\frac{\partial u_3}{\partial \alpha_2}$  — угол поворота оболочки в направлении оси  $\alpha_2$ .

Граничные условия на краях оболочки при  $\alpha_1 = \pm l$  могут быть произвольными. Мысленно отделяем пластину от оболочки и заменяем ее воздействие распределёнными в срединной поверхности панели вдоль линии контакта реакциями — погонными силами  $q_2$  и моментами  $q_4$ . Перемещение оболочки  $u_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) в направлении координатных линий  $\alpha_i$

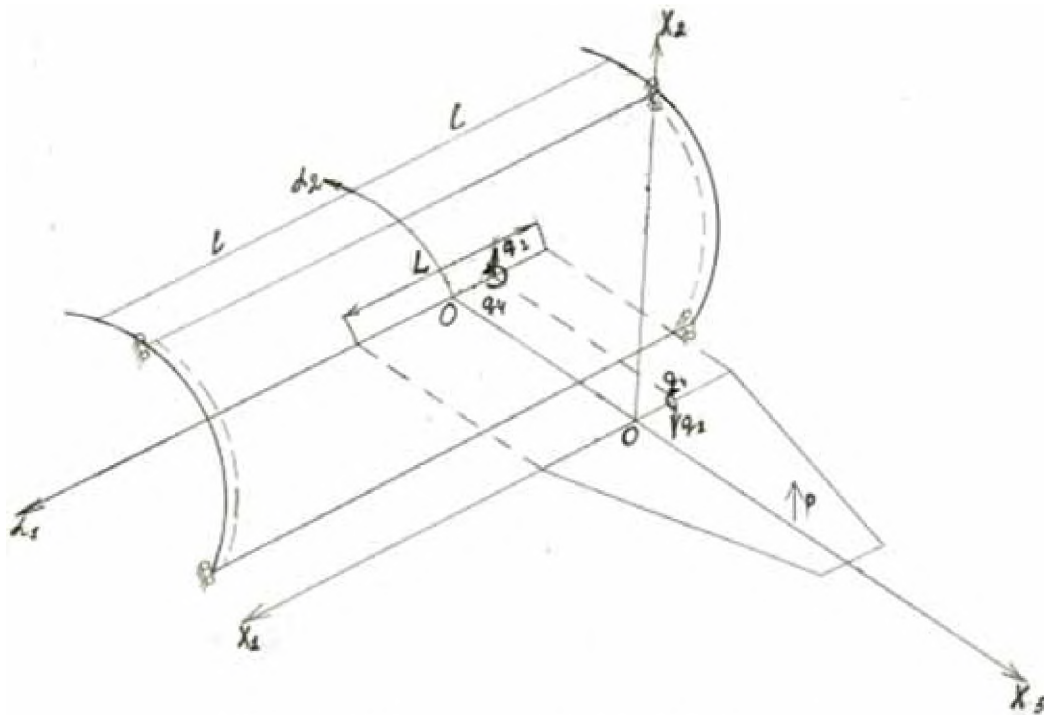


Рис. 1. Механическая модель конструкции

( $i = 1, 2$ ) и  $x_3$  соответственно, а также ее угол поворота  $u_4$  в плоскости, перпендикулярной линии контакта, запишем в виде

$$u_i = \sum_{j=2,4} \int_L G_{ij}(\alpha_1, \alpha_2; \xi_1, 0) q_j(\xi) d\xi_1 \quad (i = 1, 2, 3, 4), \quad (2)$$

где  $L$  — длина линии контакта между оболочкой и пластиной;  $G_{ij}$  — функции влияния для соответствующих составляющих перемещений и углов поворота оболочки, построенные в двойных тригонометрических рядах на основании технической теории оболочки [1, 2]. Здесь и далее в целях сокращения объема записи используем цифровую нумерацию осей координат, перемещений, усилий и моментов.

Реакции взаимодействия между оболочкой и пластиной  $q_2$  и  $q_4$ , а также нормальные перемещения последней  $u_2^0$  представим в виде разложений по задаваемым функциям:

$$q_j = \sum_{n=1}^{n_j} q_{jn} \varphi_{jn}(\alpha_1), \quad (j = 2, 4); \quad (3)$$

$$u_2^0 = \sum_{m=1}^4 u_m f_m(x_1, x_3). \quad (4)$$

Здесь  $q_{2n}$ ,  $q_{4n}$  — неизвестные коэффициенты;  $\varphi_{2n}$ ,  $\varphi_{4n}$  — линейно независимые координатные функции, задаваемые на линии контакта;  $f_n(x_1, x_3)$  — линейно независимые координатные функции, задаваемые на площади пластины и представляющие её возможные перемещения.

Условия совместности перемещений и углов поворота контактируемых элементов в плоскости, перпендикулярной линии контакта, снесенные в срединную поверхность оболочки, удовлетворим по методу Бубнова на линии соединения контактируемых элементов:

$$\int_L (u_i - u_i^0) \varphi_{id}(\alpha_1) d\alpha_1 = 0 \quad (i = 2, 4; d = 1, 2, \dots, n_j). \quad (5)$$

Уравнения равновесия пластины удовлетворим приближенно на основании принципа Лагранжа по методу Ритца:

$$\frac{\partial(V - A_1 - A_2)}{\partial u_d} = 0 \quad (d = 1, 2, \dots, k). \quad (6)$$

Здесь  $V$  — потенциальная энергия деформации пластины, записанная через обобщенные координаты  $u_n$ ;  $A_1$  и  $A_2$  — работа внешних сил  $p$  и реакций взаимодействия  $q_2$  и  $q_4$  соответственно на возможных перемещениях.

С учётом (2)–(4) условия совместности перемещений контактируемых элементов (5) и условия равновесия пластины (6) приведем к виду

$$\begin{aligned} \sum_{j=2}^4 \sum_{n=1}^{n_j} q_{jn} a_{dn}^{ij} - \sum_{n=1}^k u_n b_{dn}^j &= 0, \quad (i = 2, 4; d = 1, 2, \dots, n_j); \\ - \sum_{j=2}^4 \sum_{n=1}^{n_j} q_{jn} b_{dn}^j + \sum_{n=1}^k u_n c_{dn} &= d_d \quad (d = 1, 2, \dots, k); \\ a_{dn}^{ij} &= \iint_{LL} G_{ij}(\alpha_1, 0; \xi_1, 0) \varphi_{jn}(\xi_1) \varphi_{id}(\alpha_1) d\xi_1, \end{aligned} \quad (7)$$

где

$$b_{dn}^i = \int_L f_n^*(\alpha_1, 0) \varphi_{id}(\alpha_1) d\alpha_1; \quad c_{dn} = \frac{\partial^2 V}{\partial u_d^0 \partial u_n^0}; \quad d_d = \frac{\partial A_1}{\partial u_d^0}$$

Уравнения (7) образуют замкнутую симметричную систему  $n_2 + n_4 + k$  линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов разложения  $q_{2n}$  и  $q_{4n}$  и  $u_n$ . После решения системы (7) по формулам (2) и (4) определяются перемещения оболочки и пластины. Далее по известным формулам технической теории пластин и оболочек можно найти и напряжения.

В качестве примера рассмотрим оболочку длиной  $2l$ , нагруженную равномерно распределенным давлением интенсивности  $p$  через прямоугольные пластины с постоянной толщиной  $\delta$ . Параметры системы  $R/h = 40$ ,  $l/R = 6$ ,  $L/2l = 0,75$ ,  $\beta/R = 2$ ,  $\delta/h = 1$ ,  $\mu = 0,3$ .

Здесь  $R$  — радиус оболочки;  $h$  — толщина оболочки;  $\mu$  — коэффициент Пуассона оболочки;  $L$  — ширина пластины;  $\beta$  — длина пластины.

Так как жёсткость оболочки в тангенциальном направлении значительно больше, чем в радиальном, то для упрощения расчетов условия совместности перемещений выполняем только по углам поворота. Вследствие симметрии задачи относительно плоскостей  $x_2Ox_3$  и  $\alpha_2Ox_3$  (см. рис. 1) рассматриваем лишь половину линии контакта  $0 \leq \alpha_1 \leq L/2$ , на которой неизвестные реакции взаимодействия задаем в виде

$$q_2 = 0; \quad q_4 = \sum_{n=1}^{n_4} q_{4n} \delta(\alpha_1 - \alpha_{1n}). \quad (8)$$

Здесь в качестве координатных функций используем заданные через одинаковые промежутки  $L/2(n_4 - 1)$  дельта-функции Дирака. Вследствие этого применяемый в работе метод Бубнова переходит, по существу, в метод коллокаций. Нормальные перемещения пластины  $u_2^0$  и углы поворота  $u_4^0$  из ее плоскости представим в виде двойных степенных рядов

$$u_2^0 = \sum_{n=0,2}^k \sum_{m=1}^r u_{nm} \left(\frac{x_1}{2L}\right)^n \left(\frac{x_3}{\beta}\right)^m; \quad u_4^0 = \frac{\partial u_2^0}{\partial x_3}. \quad (9)$$

Для получения решения достаточной точности в разложении (8) удерживаем шесть членов ряда  $n_4 = 6$ , а в рядах (9) — двадцать четыре слагаемых  $k = 4, r = 8$ . При вычислении функций влияния в двойных тригонометрических рядах сохраним 1200 слагаемых.

Часто в конструкциях рассматриваемого типа перемещения пластины и оболочки находят из решения плоской задачи. Считая, что оболочка и пластина имеют достаточную длину в направлении осей  $\alpha_1$  и  $x_1$ , выделяют из конструкции в плоскостях  $\alpha_2Ox_3$  и  $x_2Ox_3$  полосу единичной ширины. Нормальные перемещения пластины складываются из перемещений изгиба балки-полосы, защемленной в точке соединения ее с кольцом, и перемещений, обусловленных местной податливостью кольца — углом поворота точки соединения его с балкой. Возмущенное состояние оболочки при таком подходе определяют как для кольца, нагруженного сосредоточенными моментами в точках крепления балок.

На рис. 2 представлено распределение безразмерных нормальных перемещений  $\bar{u}_3 = u_3/(ph10^6)$  — кривая 1 и изгибающих моментов  $\bar{M}_i = M_i/(ph^210^4)$ ,  $i = 1, 2$  (кривые 2 и 3 соответственно) в оболочке вдоль координатной линии  $\alpha_2$ . Пунктирная кривая соответствует распределению  $\bar{M}_2 = M_2/(ph^210^4)$ , найденному из решения плоской задачи. Применение такого приближенного подхода дает в данном случае заниженные значения изгибающих моментов, которые, кроме того, не затухают по мере удаления от источника возмущения. На рис. 3 представлена зависимость безразмерного нормального перемещения  $\bar{u}_2^* = u_2E/(ph10^8)$  точки края пластины

с координатами  $x_1 = 0$ ,  $x_3 = \beta$  в зависимости от отношения  $l/2L$ , причем кривые 1, 2, 3 получены при  $l/R = 2, 4, 6$  соответственно. Пунктирная линия показывает решение плоской задачи, которое дает завышенные результаты.

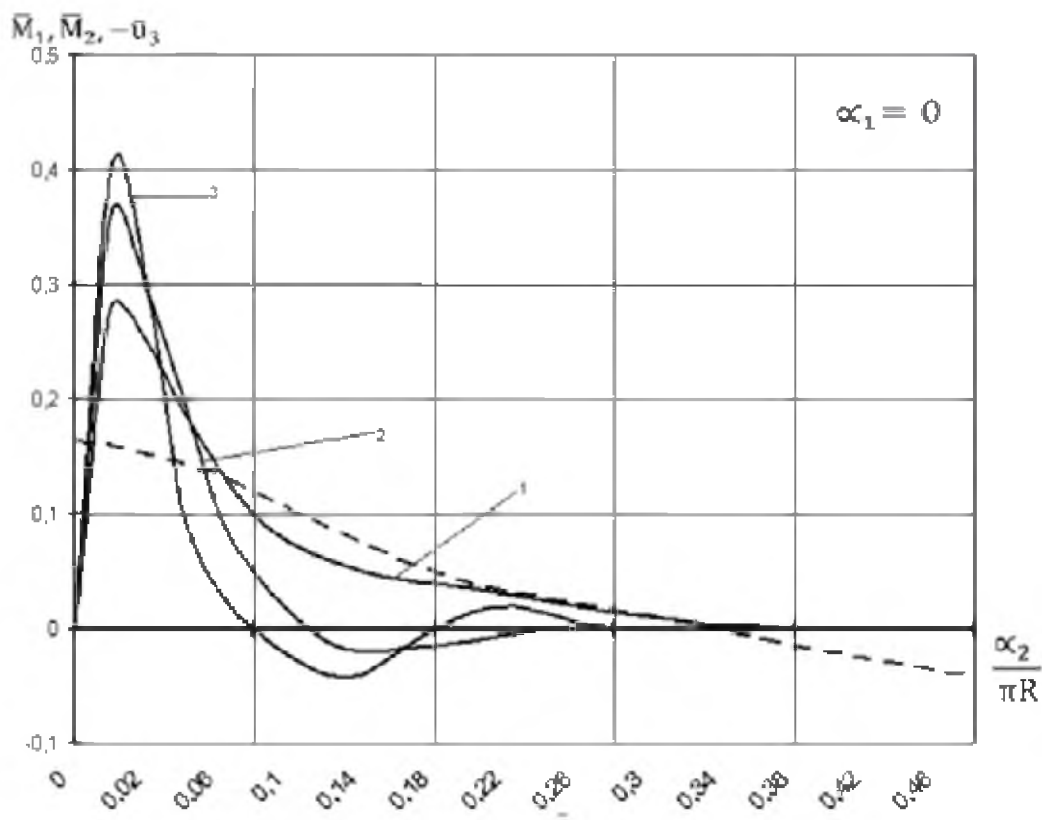


Рис. 2. Распределение нормальных перемещений и изгибающих моментов вдоль  $\alpha_2$

В качестве дополнительной проверки точно такая же система была про- считана МКЭ на программе MSC.Nastran 4.0 for Windows на двух топо- логических сетках, первая из которых содержала 170496 степеней свобо- ды, а вторая 340992 [3,4]. В качестве КЭ использовался четырехугольный плоский пластинчатый элемент с шестью степенями свободы в каждом узле.

На рис. 4 показано сравнение расчетов по радиальным размерным пе- ремещениям оболочки по предлагаемому методу (кривая 1) и МКЭ (кри- вая 2). Некоторое расхождение результатов объясняется тем, что при ре- шении задачи в контактной постановке взаимодействие тел учитывалось только по углам поворота. Следовательно, вся деформируемая система «смягчалась» и ее перемещение несколько выше, чем прогибы, получен- ные МКЭ.

#### Библиографический список

1. Вольмир А. С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек. — М.: Наука, 1972.



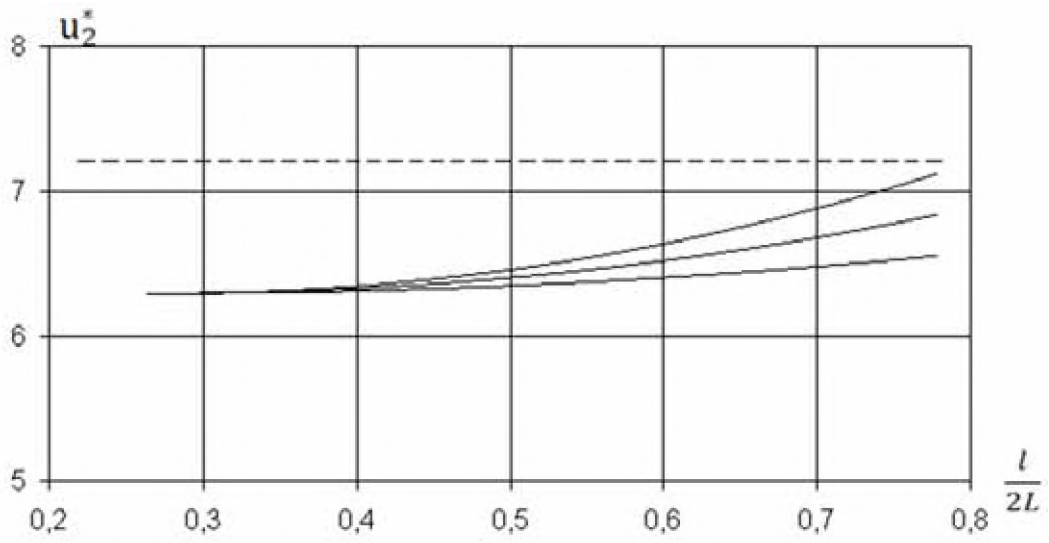


Рис. 3. Распределение нормальных перемещений от отношения  $l/2L$

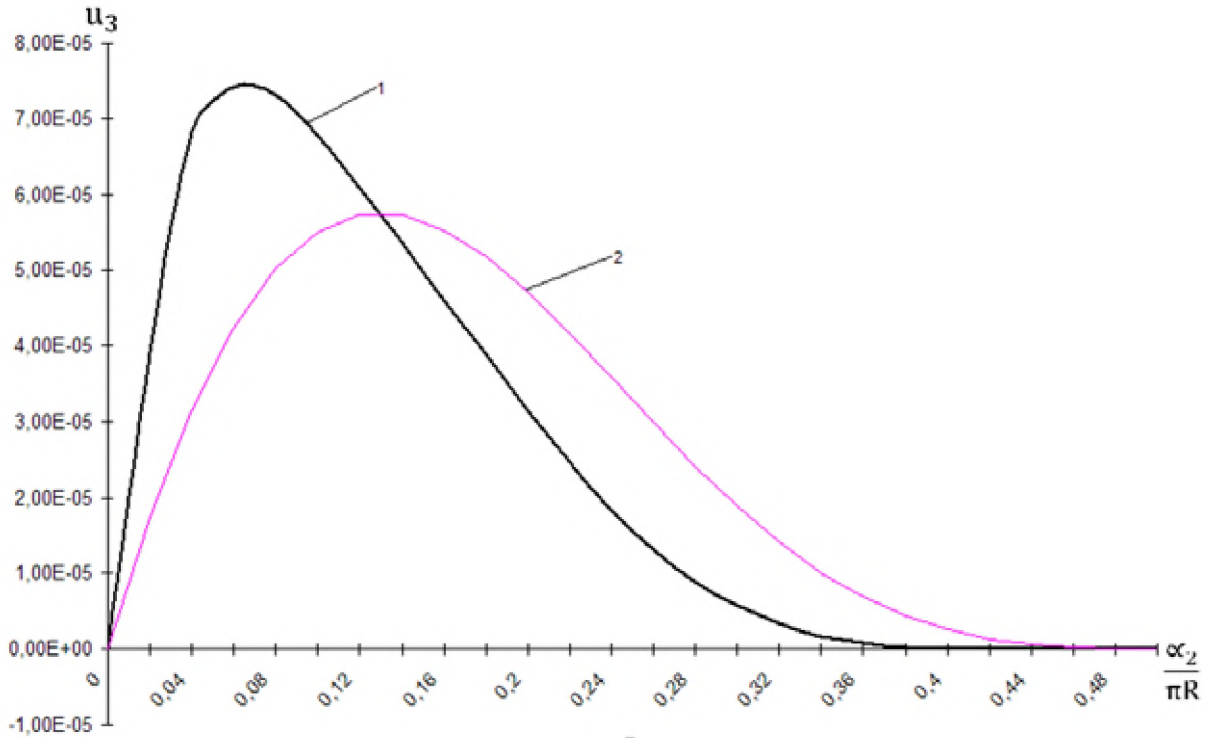


Рис. 4. Радиальные перемещения оболочки в зависимости от  $\alpha_2$

2. Власов В. В. Общая теория оболочек. — М.–Л., 1949.
3. Шимкович Д. Г. Расчет конструкций в MSC Visual Nastran. — М.: ДМК, 2004.
4. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. — М.: Мир, 1987.

Н. В. Ульвис

*Российский государственный технологический университет им. К. Э. Циолковского  
(МАТИ)*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ ТОНКОСТЕННЫХ КОРПУСОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

В ряде случаев тонкостенные и особо тонкостенные детали типа корпус получают из листовой заготовки (фольги) сверткой с последующей сваркой внахлест. Таким образом изготавливают корпуса электросоединителей с толщиной стенки 0,15–0,2 мм из технически чистого алюминия марки А7 (рис. 1).

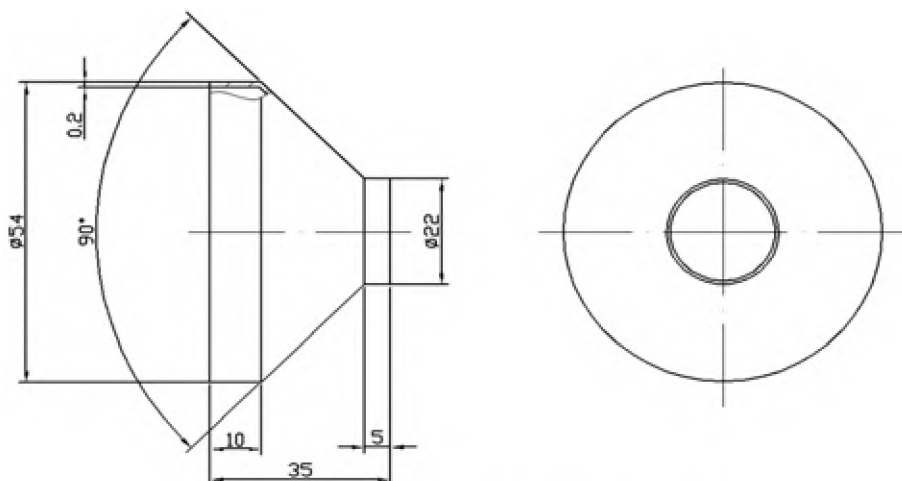


Рис. 1. Типовой тонкостенный корпус

Недостатком традиционной технологии является большая доля ручных и доводочных работ, дефекты сварного соединения и, как следствие, низкое качество получаемого изделия.

Предлагаемый вариант предусматривает ротационную вытяжку предварительно гофрированных заготовок.

Авторами работ [1–3] был разработан один из способов интенсификации процесса ротационной вытяжки, заключающийся в использовании гофрированных заготовок.

Перед ротационной вытяжкой плоскую листовую заготовку подвергают формовке или иной обработке с получением радиальных гофр, расширяющихся по направлению к периферии заготовки (рис. 2). Оптимальное количество гофр и их геометрические параметры определяют экспериментально в зависимости от геометрии получаемой детали.

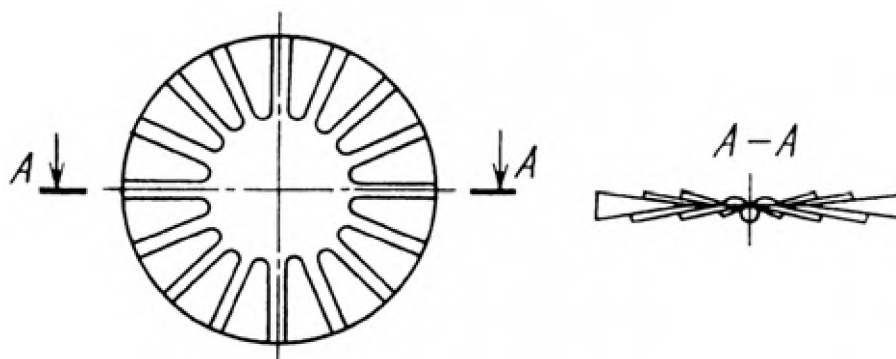


Рис. 2. Гофрированная заготовка для ротационной вытяжки

Ротационную вытяжку гофрированной заготовки осуществляют по традиционной схеме (рис. 3). Заготовку 3 в центральной части прижимают к вращающейся оправке 1, и давящим роликом 2, перемещающимся с регулируемым зазором относительно оправки, деформируют гофрированную заготовку, получая конусообразную деталь 4. Отступления от закона «синуса» в сторону переутонения или недоутонения стенки заготовки осуществляют путем уменьшения или увеличения расчетного зазора между оправкой и роликом.

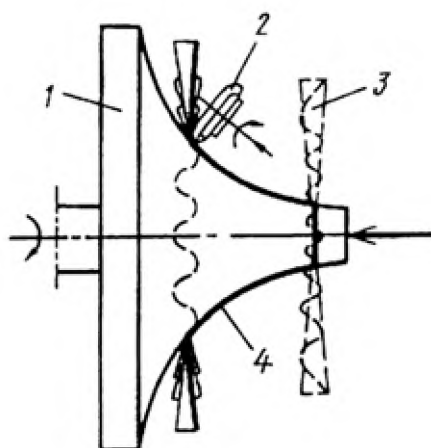


Рис. 3. Схема ротационной вытяжки гофрированной заготовки: 1 — оправка; 2 — давящий ролик; 3 — заготовка; 4 — деталь

В предлагаемом способе варьирование толщиной стенки становится возможным благодаря малой жесткости фланца гофрированной заготовки в окружном направлении.

В результате радиальное перемещение материала во фланец (при переутонении) или обратно (при недоутонении) происходит без значительных радиальных и окружных напряжений, вызывающих потерю устойчивости заготовки при традиционном процессе.

Из условия радиального смещения фланца на величину переутоненного объема получим дифференциальное уравнение

$$dx = (s_0 \sin \alpha / s - 1) dR, \quad (1)$$

где  $x$  — радиальное смещение фланца заготовки;  $s_0$  — толщина стенки заготовки в зоне обработки;  $\alpha$  — половина угла конусности детали;  $R$  — текущий радиус обрабатываемого элемента заготовки.

Зная толщину заготовки и детали, уравнение (1) можно проинтегрировать, найти величины радиальных смещений фланца заготовки  $x$  в зависимости от перемещения давилного ролика по радиусу  $R$  и, таким образом, определить геометрические параметры гофр, исходя из условия их полного распрямления перед давилным роликом.

При недоутонении стенки заготовки будет происходить сжатие гофр, и возможности деформирования такой заготовки будут ограничены. Здесь по существу возможно деформирование только за счет осадки гофр по высоте.

На основании изложенного можно предложить следующую технологию изготовления типового тонкостенного корпуса, изображенного на рис. 1, который, в отличие от известного, будет цельноштампованным.

1. Раскрой ленты на полосы из рулона фольги материала А7 толщиной 0,15–0,2 мм. Используются ногодисковые ножницы.
2. Вырубка круглых заготовок тонкостенного корпуса (рис. 4). Оборудование — кривошипный пресс. Оснастка — штамп для вырубки (пуансон, эластичная матрица).

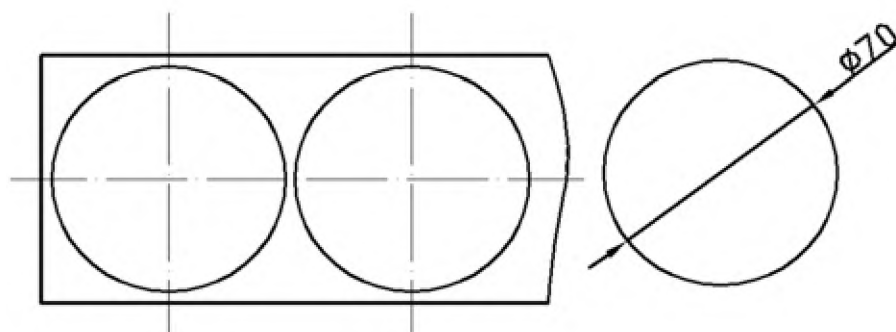


Рис. 4. Вырубка заготовки

3. Вытяжка заготовки с получением радиальных гофров (рис. 5). Оборудование — пресс. Оснастка — штамп для вытяжки (пуансон, мат-

рица, прижим).

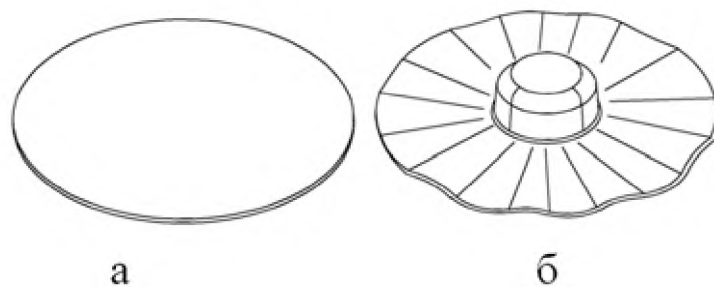


Рис. 5. Заготовка до (а) и после (б) вытяжки

4. Ротационная вытяжка конической части (рис. 6). Оборудование — токарный станок. Оснастка — оправка, давящий ролик.

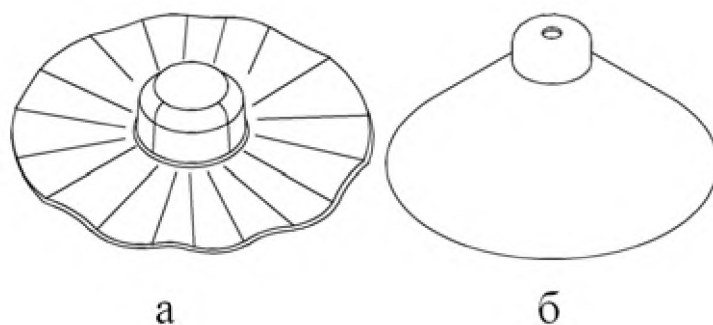


Рис. 6. Деталь до (а) и после (б) ротационной вытяжки

5. Ротационная вытяжка цилиндрической части (рис. 7). Оборудование — токарный станок. Оснастка — оправка, давящий ролик.

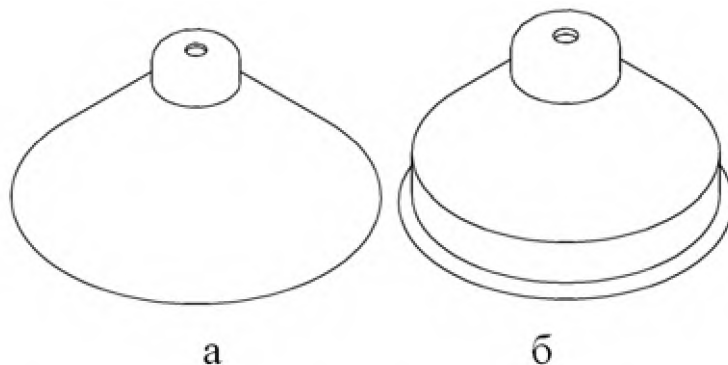


Рис. 7. Деталь до (а) и после (б) ротационной вытяжки

6. Обрезка припусков тонкостенного корпуса (рис. 8).

Экспериментальные исследования новой технологии, включавшие вытяжку исходной заготовки и исследования по ротационной вытяжке детали, были проведены на кафедре технологии производства летательных аппаратов МАТИ им. К. Э. Циолковского.

Исследования вытяжки с получением гофрированной заготовки проводились на гидравлическом прессе с помощью штампа для вытяжки, со-

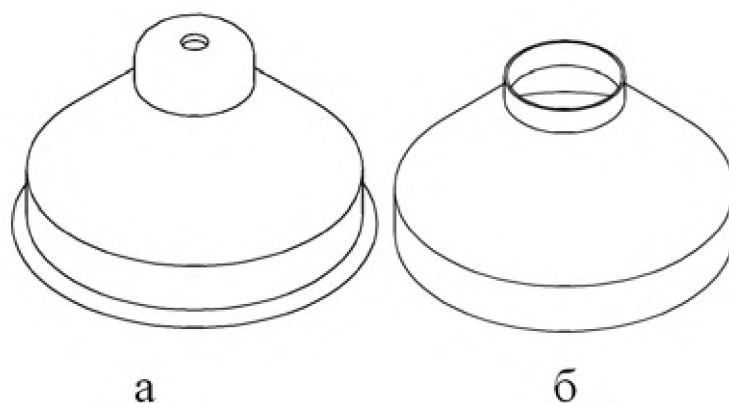


Рис. 8. Деталь до (а) и после (б) обрезки припусков стоящего из пуансона, прижима и матрицы. Исследование ротационной вытяжки — на токарно-винторезном станке модели 1К62Б.

На первом этапе получали гофрированную заготовку (рис. 9).



Рис. 9. Заготовка после вытяжки: а — высота 11 мм; б — высота 14 мм

При ротационной вытяжке число оборотов шпинделя составило  $n = 315$  об/мин, подача (скорость)  $V = 30$  мм/мин. Полученные тонкостенные корпуса показаны на рис. 10.



Рис. 10. Корпусные детали после ротационной вытяжки

Разработанная технология изготовления тонкостенных корпусов позволит значительно повысить качество деталей технологическими методами.

## Библиографический список

1. Чумадин А. С., Ершов В. И., Жарков С. А. Ротационная вытяжка гофрированных заготовок / Кузнечно-штамповочное производств. 1996. № 11. С. 21–23.
2. Патент 1169256 РФ, МКИ В 21 D22/18. Способ изготовления полых осесимметричных изделий с переменной вдоль образующей толщиной стенки.
3. Патент 1541848 РФ, МКИ В 21 D22/18. Способ изготовления тонкостенных конических оболочек с переменной толщиной стенки и устройство для его осуществления.

Ю. В. Потапов

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ПРОБЛЕМЫ СТЕНДОВЫХ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Современная практика испытаний на усталость показала, что, несмотря на существенное увеличение возможностей и оборудования для проведения повторно-статических испытаний, вопрос упрощения структуры процесса нагружения применительно к практике установления ресурсных характеристик изделий авиационной техники стоит в ряду первоочередных из-за несовершенства методик моделирования нагружения. После проведения лабораторных испытаний и определения на основе их результатов ресурса конструкции, состоящей из разнородных по усталостным свойствам элементов, не всегда оказывается выявленным действительно слабое звено среди мест возможных разрушений. Часто результаты испытаний искажают картину вероятной последовательности отказов в эксплуатации. Приведенное положение неоднократно подтверждалось сравнением результатов усталостных испытаний с данными эксплуатации.

Реально реализуемые на современном оборудовании скорости воспроизведения циклических нагрузок, изменяющихся по величине и пространственному распределению, относительно низки. Это определяется располагаемыми производительностью силовозбудителей и быстродействием управляющего оборудования, а также значительными величинами деформаций конструкции. Продолжительность испытаний увеличивается в связи с профилактическими работами, производимыми на испытательном оборудовании, и регламентными работами (обслуживанием, осмотрами, ремонтами и т. д.) на объекте исследования (обслуживанием, осмотрами,

ремонтами и т. д.). Продолжительность испытаний на усталостную прочность изделий авиационной техники на основные полетные случаи нагружения, в силу приведенных выше причин, составляет иногда несколько лет. В течение такого срока не исключены изменение доктрины применения, типа или условий базирования носителя и, следовательно, изменение или существенная корректировка условий эксплуатации изделия, при этом будут меняться реальные структуры его нагружения: типовые полетные нагрузки, т. е. нагруженность конструкции в среднем. В таком случае программа испытаний может морально устареть, значительно снизится ценность результатов ее выполнения. При исследовании сопротивления усталости объекта с помощью сложных испытательных структур, реализующих многообразие величин нагрузок, их распределений и фазовых соотношений, практически не удается учесть указанные изменения характера нагружения и внести соответствующие уточнения в программу испытаний.

Основной недостаток, присущий моделированию простых условных или сложных блочных и квазислучайных программ испытаний на усталостную прочность для основного полетного случая, заключается в привлечении для нагружения конструкции на лабораторном стенде распределений нагрузок. Скорость и высота полета, оказывающие существенное влияние на нагруженность изделия, косвенным образом присутствуют в типовом программном блоке в качестве критериев разбиения на подблоки. В подблоках изменение основного параметра нагруженности описывается для некоторой области существования (интервалов значений) остальных с привлечением характерных, соответствующих данным интервалам, расчетных распределений нагрузок. Данные летных экспериментов показывают, что реальная эксплуатационная нагрузка агрегатов, в диапазоне эксплуатационных значений параметров применения изделия, существенно отличается от распределений, полученных расчетным путем. Попытка исключить указанный недостаток привлечением всего спектра имеющихся распределений и, в случае необходимости, разработка и привлечение дополнительных расчетных распределений усложняет программу испытаний и проведение в последующем оценок анализа соответствующих результатов испытаний. Таким образом, программы испытаний, построенные в данной постановке, обычно не являются эквивалентными реальной нагруженности для большинства критических по ресурсу зон изделия. Расчеты, проведенные на основе результатов испытаний по такого рода программам, дают искаженные величины абсолютных и относительных значений долговечности. Отражаясь в эксплуатационной документации –



перечнях осмотров, ремонтов или замен - данный факт может привести к снижению показателей безопасности эксплуатации по условиям сопротивления усталости конструкции. В ряде случаев требуемый технический ресурс не обеспечивается.

При испытаниях изделий в целом нагружением со сложной структурой очевидна необходимость синхронизации нагружения по всем каналам, в том числе и на переходных нестационарных участках, которые возникают в процессе испытаний при очередном изменении уровня (ступени) нагрузки или использовании нового распределения. На практике при переходе на очередную ступень или новое распределение нагрузок часто наблюдается неуравновешенность нагрузок, действующих на объект испытаний, что приводит к забросам уровня нагруженности в связи с появлением динамических составляющих реакций во всех зонах конструкции. Отладка и выход на «крейсерский» режим при сложных программах испытаний также изобилует «раскачками» изделия на стенде. Неуравновешенность нагружения может быть вызвана также необходимостью остановки и последующего запуска системы нагружения при обнаружении отказа на объекте испытаний или системы нагружения.

Указанное многообразие случаев вероятного появления неуравновешенности нагружения изделия на стенде приводит к появлению нагрузок, не предусмотренных программой испытаний. Количество таких нагрузок значительно, а их величина, как правило, превышает программные значения.

Таким образом, при реализации сложных программ часто не удается выдержать в критических по ресурсу зонах заложенных в программу эквивалентов, что затрудняет получение точных оценок долговечности по результатам проведенных исследований.

Отмеченные недостатки являются характерными для сложных многоступенчатых программ испытаний с привлечением для моделирования нагружения данных о распределении суммарных нагрузок по объекту испытаний. При этом необходимо проведение специальных натурных или расчетных работ по оценкам распределений в типовых режимах применения и транспортирования для эксплуатационных значений вертикальных перегрузок с учетом «расслоения» типового полета по высотам и скоростям. Количество распределений зависит от выбранного шага квантования (дискретизации интервалов существования указанных параметров). При достаточно мелком разбиении типового полета по интервалам высот скоростей и перегрузок практическая реализация итоговой совокупности эксплуатационных распределений может оказаться невозможной. Количество

испытательных распределений ограничивается существующей технологией размещения систем передачи и распределения сил на единице площади испытываемого агрегата без ущерба точности в передаче характера распределения сил. Например, на крыле не удастся расположить более пяти рычажных систем, обеспечивающих распределение нагрузок, соответствующее реальным условиям. В связи с данным фактом возникает необходимость в разработке методики построения обобщенных, для достаточно широких интервалов изменения параметров нагруженности, распределений специально для испытаний на усталость.

Импульсом к принципиально иному подходу к составлению программ испытаний на ресурс может послужить идея составления априори эквивалентных моделей нагружения для критических по ресурсу зон. На основе расчетов или измерений эксплуатационной нагруженности и предполагаемых или известных условий применения строится сколь угодно сложная модель типового эксплуатационного нагружения для всех агрегатов изделия. При этом полученные сложные в структурном отношении процессы, в виде изменения по времени внешних силовых факторов, характеризующих нагруженность, необходимо упростить. Исходные процессы, описывающие поведение силовых факторов нагружения, с сохранением эквивалентности по известным в настоящее время параметрам, влияющим на долговечность, реформируются до относительно простых, т. е. процессов с меньшим суммарным количеством циклов и ступеней. При достаточно подробном разбиении агрегатов изделия на зоны появляется возможность на каждой ступени модели синтезировать эксплуатационное распределение нагружения, ориентированное на проверку долговечности. Для этого проводится упрощение процессов нагружения при обязательном выполнении условия о равенстве количества циклов в форсированных моделях на каждой ступени по всем критическим по ресурсу зонам. Условие должно выполняться как для отделенных агрегатов, так и для планера в целом. В указанном случае при наличии на некотором агрегате нескольких зон построения эквивалентных моделей нагружения становится возможным синтезировать на данном агрегате распределение нагрузок, подобных реальному нагружению. Подобие понимается по отношению к проверке свойств сопротивления усталости изделия и его механических систем.

Полученные упрощенные структуры нагружения агрегатов изделия дают возможность получить «стендовый» процесс нагружения объекта в комплексе. Опыт создания программ повторно-статических испытаний с помощью разработанного алгоритма показал, что такого рода модель нагружения изделия лишена отмеченных для сложных программ недостат-

ков, проста в реализации и обеспечивает нагружение конструкции с заранее известными близкими по величине эквивалентами. В структурном отношении программы испытаний становятся простыми: количество ступеней (уровней нагружения) уменьшается на порядки, число распределений и циклов приложения нагрузок уменьшается в несколько раз. Тенденция по возвращению к блочным программам испытаний прослеживается в данных научно-технической информации и по зарубежным источникам. Ключевой задачей здесь является разработка критериев моделирования для программ испытаний на усталостную прочность. Критерии должны обеспечивать построение стендовой модели, эквивалентной по повреждающим свойствам реальному нагружению в критических по ресурсу зонах. При этом выполняется одновременное форсирование, сокращение количества циклов и числа распределений нагрузок относительно реального нагружения без превышения эксплуатационных ограничений.

Широкое применение в практике установления сроков безопасной эксплуатации по условиям усталости при анализе процессов нагружения в самолетостроении получил метод схематизации процессов нагружения по методу полных циклов. Возможно восстановление информации о полных циклах по спектральной плотности процесса.

Существенным фактором, влияющим на долговечность, является величина асимметрии циклов нагрузки. При формировании перечня критериев моделирования для программ испытаний на усталость необходимо удовлетворить условиям подобия для всех факторов, влияющих на долговечность. Заметим, что временные и частотные характеристики процесса нагружения, отражающие изменение параметров траектории самолета и его вращательных движений, специального обеспечения подобия не требует. Частоты реализации циклического нагружения планера на стенде близки реальным эксплуатационным частотам. Незначительные различия в частотном составе реального и стендового нагружения не оказывают заметного влияния на долговечность.

**Выводы.** Разработка и совершенствование методов моделирования полетных нагрузок при испытаниях актуальны для современной авиационной промышленности. Существуют различные методики моделирования полетных нагрузок при стендовых усталостных испытаниях, каждая из которых имеет как свои преимущества, так и недостатки, идеальной методики испытаний на данный момент не существует.

## Библиографический список

1. Блинов А. И., Погребинский Е. Л. Моделирование нагруженности самолета из металла и композитов для лабораторных исследований на ресурс (на примере Су-26) // ТВФ. 1990. № 3.
2. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Надежность в технике: Вероятностный метод расчета на усталость сварных соединений // Методические указания РД 50-694-90. — М.: Изд. стандартов, 1990.
3. Ушаков И. Е. Обоснование необходимости исследования характеристик сопротивления усталости планера маневренных самолетов при помощи программ квазислучайного многоканального нагружения // Авиационная промышленность. 1989. № 11.

А. В. Баев

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»*

### **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНОГО ПОКРЫТИЯ РАКЕЛЬНЫМ СПОСОБОМ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Тентовый материал применяется для покрытия каркасно-тентовых ангаров, используемых для укрытия авиационной техники, автотранспорта, а также в сельском хозяйстве [1].

Проведен анализ процесса производства тентовых материалов. Выявлено, что качество получаемых материалов определяется качеством поливинилхлоридной композиции и процессом ее нанесения на тканевую основу.

Качество поливинилхлоридной композиции определяется качеством следующих процессов: развеска сырья и материалов, приготовление колера, приготовление поливинилхлоридной (ПВХ) смеси, перетираание ПВХ смеси.

Развеска сырья и материалов производится для точной дозировки компонентов в соответствии с рецептурой. Пигменты, наполнители, пластификаторы и поливинилхлоридная смола взвешиваются на платформенных весах. Компоненты смеси массой до 3,0 кг взвешиваются на настольных весах.

Процесс приготовления колера предназначен для получения однородной массы соответствующего цвета и необходимой степени дисперсности.

Качество перетира определяется степенью дисперсности, которая для готовой пасты должна быть не более 30 мкм по прибору «Клин» ГОСТ 6589–74. Количество проходов пасты через краскотерку или пастотерку зависит от степени перетира.

В процессе приготовления ПВХ смеси должна быть получена однородная масса определенного цвета. Время набухания ПВХ смеси не менее 20 часов.

Перетирание ПВХ смеси производят до получения однородной, равномерно окрашенной смеси.

По требованию заказчиков выпускается тентовый материал с различными значениями показателей качества. В основном задается величина массы одного квадратного метра тентового материала.

С целью улучшения свойств тентовых материалов формирование ПВХ покрытия осуществляется в несколько слоев поочередно на лицевую и изнаночную стороны материала. При этом количество штрихов, наносимых на лицевую сторону, больше, чем на изнаночную. Существующая методика управления не обеспечивает попадания массы одного квадратного метра тентового материала в заданный заказчиком интервал [2].

Масса одного квадратного метра тентового материала характеризует величину наложения пленкообразующего покрытия. Следовательно, она является конкретным показателем, характеризующим качество производимой продукции.

Получение материала массой меньшей нижнего предела, установленного соответствующей категорией, приводит к тому, что данный продукт не отвечает установленным потребительским требованиям, предъявляемым к данному виду продукции (снижается прочность, более явно просматривается основа, данный материал имеет уменьшенный срок службы).

Получение материала массой, большей верхнего предела, приводит к перерасходу дорогостоящего сырья и материалов, используемых в производстве тентовых материалов, что абсолютно невыгодно предприятию. Изделия из такого материала обладают повышенным весом, что недопустимо при эксплуатации. Такую продукцию могут реализовать по согласованию с потребителем или использовать на внутренние нужды предприятия.

Качество процесса нанесения определяется следующими параметрами: скоростью протяжки ткани через термокамеру; зазором между полотном и ракельным ножом; температурой в камере.

Оценить потенциальные и фактические возможности процесса нанесения ПВХ покрытия по удовлетворению установленных технических требований позволяет расчет показателей возможностей [3], для применения

которых должны быть выполнены условия, указанные в ГОСТ Р 50779.44.

Отобраны данные о массе одного квадратного метра тентового материала за период, в течение которого предприятием было выпущено 29 партий материала, имеющего следующие характеристики: вид ТМП–2, исполнение обычное (У), категория третья, цвет желтый, основа — ткань полиэфирная артикула 2С–81–18–96. Определенный цвет выбран исходя из того факта, что для указанных партий состав наносимой ПВХ композиции с заданной степенью точности неизменен.

В результате процедуры отсева ни одно из значений массы одного квадратного метра не было признано ошибочным. Проверка гипотезы нормальности распределения показала, что распределение значений близко к нормальному. Все измерения производились с использованием одних и тех же средств и методик измерений и, следовательно, изменчивость результатов измерений, обусловленная измерительной системой, мала по сравнению с техническим допуском.

Для оценки стабильности процесса выбраны и построены контрольные карты средних и размахов. Согласно ГОСТ Р 50779.44 определяем, что процесс находится в состоянии В, т. е. нестабилен по разбросу значений массы одного квадратного метра. Значения индексов пригодности  $P_p = 0,26$  и  $P_{pk} = 0,16$  слишком малы, поэтому возможности процесса нельзя считать приемлемыми. Для устранения нестабильности разработан и внедрен комплекс корректирующих действий, направленных на устранение влияния случайных причин, приводящих к нестабильности процесса по разбросу.

После их выполнения оценка состояния процесса проведена вновь по истечении времени, соответствующего выпуску 29 партий тентового материала, отвечающего характеристикам, описанным выше. Построены карты средних и размахов. Согласно ГОСТ Р 50779.44 процесс находится в состоянии Б, т. е. нестабилен по положению среднего. Для оценивания данного состояния технологического процесса используются индекс воспроизводимости  $C_p = 0,53$  и индексы пригодности  $P_p = 0,34$  и  $P_{pk} = 0,19$ . Необходимо принять меры, направленные на обеспечение стабильности настройки, устраняя влияние особых причин. Потенциально при стабильной настройке на центр поля допуска процесс с индексом  $C_p = 0,53$  мог бы обеспечивать минимальный уровень несоответствий тентового материала по массе одного квадратного метра, равный 11,8 %. Если процесс оставить без улучшения, то уровень несоответствий будет непрогнозируемым, а значения  $P_p$  и  $P_{pk}$  при этом не позволяют признать процесс пригодным для установленных требований. Поэтому дополнительно к уже выполнен-

ным корректирующим действиям была разработана и внедрена методика управления наносным устройством.

Непосредственный контроль массы материала в процессе производства сопряжен с потерями материалов, возникающими из-за отбора большого количества проб. Кроме того, проведение анализа отобранных проб требует серьезных затрат времени. Весь производимый предприятием тентовый материал подвергается выборочному контролю толщины и массы.

Предложено использовать текущее значение средней толщины материала для оперативного управления качеством тентовых материалов. Определена статистическая зависимость массы одного квадратного метра тентового материала от среднего значения толщины. Для этого построена диаграмма разброса, показавшая наличие положительной связи между параметрами. Рассчитано значение коэффициента корреляции. Определено, что распределение значений средней толщины по длине и по ширине рулона тентового материала близко к нормальному закону распределения. После сравнения коэффициента корреляции с критическим значением был сделан вывод о наличии статистически значимой линейной связи между параметрами. Далее, с помощью метода наименьших квадратов, рассчитаны коэффициенты линейной регрессионной зависимости  $m = 0,295 + 0,765h$ , где  $m$  — масса одного квадратного метра тентового материала;  $h$  — его средняя толщина. По стандартной методике оценена погрешность регрессионной зависимости.

Для оценки погрешности, вносимой износом оборудования, отбирают образец тентового материала длиной 1 метр и шириной 1,1 метра. Длина образца выбрана соответственно длине точечной пробы по ГОСТ 29151–91, а ширина определена исходя из минимальной ширины рулона. Весь образец разбивают на элементарные пробы размером  $100 \pm 1 \times 100 \pm 1$  мм согласно ГОСТ 17073–71. Определяют толщину этих проб по ГОСТ 17073–71. Из полученной регрессионной зависимости выражают среднюю толщину тентового материала через массу одного квадратного метра. Используя максимальное  $m_{\max}$  и минимальное  $m_{\min}$  допустимое для данной категории значения массы одного квадратного метра тентового материала, определяют диапазон изменения средней толщины  $h_{\max}$  и  $h_{\min}$ . Средняя толщина элементарных проб  $h_{\text{эп}}$  в рядах по длине и ширине отобранного образца должна находиться в пределах  $h_{\max} \geq h_{\text{эп}} \geq h_{\min}$ . В этом случае возможно эффективное управление качеством процесса нанесения поливинилхлоридного покрытия.

Причиной выхода значений  $h_{\text{эп}}$  за установленные границы в рядах по ширине тентового материала является неравномерный износ рабочей фас-

ки ракельного ножа. Если наблюдается монотонное возрастание или убывание значений  $h_{эп}$  в рядах по ширине тентового материала, следовательно, возник перекося ракель, который необходимо устранить регулировкой. Изменения значений  $h_{эп}$  в рядах по длине тентового материала вызваны изменением зазора между основой и ножевой раклей при оперативном управлении величиной наложения покрытия, а также различными случайными причинами.

Определено, что ракельный нож необходимо заменять после выработки тентового материала объемом 60 тысяч м<sup>2</sup>, но не реже чем один раз в шесть месяцев. Анализ распределения средних значений толщины тентового материала проводят после выработки тентового материала объемом 10 тысяч м<sup>2</sup> не реже одного раза в месяц [4].

Таким образом, устранив отрицательное влияние износа фаски ракельного ножа на процесс нанесения ПВХ покрытия, можем получать тентовый материал с заданной величиной массы одного квадратного метра.

Разработана методика управления процессом нанесения ПВХ покрытия с целью получения тентовых материалов, имеющих стабильное значение массы одного квадратного метра. Управляют качеством процесса путем изменения зазора ракельного ножа в наносном устройстве в зависимости от среднего значения толщины тентового материала. Согласно методике окончательная корректировка тентового материала по массе одного квадратного метра включает в себя работу с  $R$ -картой и  $\bar{X}$ -картой.

*Работа с  $R$ -картой.* Собирают и анализируют данные о толщине тентового материала, вычисляют размахи. Строят  $R$ -карту. Сопоставляют нанесенные точки размахов с контрольными границами, выделяют точки вне границ, необычные структуры и тренды. Проводят корректирующие действия. Исключают все подгруппы, на которые повлияла неслучайная причина, затем пересчитывают и наносят на карту новые значения среднего размаха  $R$  и контрольных границ. Необходимо получить подтверждение того, что все точки размахов при сравнении с новыми границами указывают на статистическую управляемость. Если требуется, повторяют последовательность действий «идентификация — корректировка — пересчет». Если некоторые подгруппы исключены из  $R$ -карты из-за выявленных особых причин, их исключают и из  $\bar{X}$ -карты. Пересмотренные значения  $\bar{R}$  и  $\bar{\bar{X}}$  используют для пересчета пробных контрольных границ для средних  $\bar{X} \pm A_2\bar{R}$ .

*Работа с  $\bar{X}$ -картой.* Когда размахи находятся в статистически управляемом состоянии, разброс процесса (отклонения внутри подгрупп) считается стабильным. В этом случае вычисляют и анализируют средние, что-



бы увидеть, меняется ли со временем среднее положение процесса. Теперь строят  $\bar{X}$ -карту и сравнивают точки с контрольными границами. Выделяют точки вне границ, необычные структуры точек и тренды. Анализируют состояния статистической неуправляемости и внедряют корректирующие действия. Исключают точки, которые характеризуют это состояние и для которых были найдены неслучайные причины. Повторно вычисляют и наносят на график новое среднее процесса  $\bar{\bar{X}}$  и контрольные границы. Проверяют, чтобы по сравнению с новыми границами новые точки демонстрировали статистически управляемое состояние. При необходимости возобновляют действия: «идентификация — корректировка — пересчет».

Предложен следующий порядок проведения корректирующих действий [5]:

- измеряют периодически толщины тентового материала непосредственно после уплотнительного узла технологического оборудования;
- рассчитывают разность толщин  $\Delta h$  как разность измеренной толщины  $h$  и оптимальной толщины  $h_{\text{опт}}$ ;
- рассчитывают величину изменения зазора  $\Delta h_3$  между ракельным ножом наносного устройства и основой по полученной зависимости:  $\Delta h_3 = K_d \cdot \Delta h$ , где  $K_d$  — коэффициент деформации покрытия;
- изменяют зазор на величину  $\Delta h_3$ .

Оптимальное значение толщины  $h_{\text{опт}}$  для каждого вида, исполнения и цвета тентового материала определяют с помощью статистических исследований ранее произведенной продукции. Периодичность измерения толщины  $T_{\text{и}}$  определяется величиной транспортного запаздывания  $t_3$ , т. е.  $T_{\text{и}} \geq t_3$ . В свою очередь, величина транспортного запаздывания  $t_3$  зависит от скорости обработки  $V$  и длины  $L$  участка обрабатываемого материала от наносного устройства до точки измерения толщины и определяется отношением  $t_3 = L/V$ .

Для рассматриваемого в работе наносного устройства изменение зазора  $\Delta h_3$  осуществляется путем подъема или опускания ракельного ножа с помощью подъемного механизма. Установлено соответствие между изменением зазора и углом поворота маховика подъемного механизма.

Для подтверждения эффективности методики вновь были построены карты средних и размахов по данным о массе одного квадратного метра для 29 партий тентового материала, при производстве которых были учтены положения разработанной методики управления наносным устройством. Достигнута стабильность процесса и по положению среднего, и по

размаху, т. е. согласно ГОСТ Р 50779.44 процесс находится в состоянии А. Для оценивания данного состояния технологических процессов используются индексы  $C_p$  и  $C_{pk}$ .

Таким образом, достигнуто стабильное по разбросу и положению среднего состояние процесса. На основании рассчитанных значений  $C_p = 0,89$  и  $C_{pk} = 0,74$  ожидаемый уровень несоответствий по массе одного квадратного метра тентового материала составит не более 2,63 %.

Такой подход обеспечивает требуемое качество продукции, тем самым повышает конкурентоспособность выпускаемой продукции.

#### Библиографический список

1. Трофимов А. В., Баев А. В. Управление качеством производства ограждающих конструкций каркасно-тентовых ангаров // 4-я Международная заочная научно-практическая конференция «Прогрессивные технологии развития» 3–4 декабря 2007 г. — Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2007. С. 17–18.
2. Трофимов А. В., Баев А. В. Управление качеством процесса нанесения поливинилхлоридного покрытия ракельным способом в производстве тентовых материалов // Сборник материалов седьмой Всероссийской научно-практической конференции «Управление качеством», 12–13 марта 2008 г. / ГОУ ВПО «МАТИ» — РГТУ имени К. Э. Циолковского. — М.: МАТИ, 2008. С. 179–180.
3. Трофимов А. В., Баев А. В. Оценка стабильности и определение возможностей процесса нанесения поливинилхлоридного покрытия с помощью контрольных карт Шухарта // 4-я Международная заочная научно-практическая конференция «Составляющие научно-технического прогресса» 23–24 апреля 2008 г. — Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2008. С. 49–50.
4. Трофимов А. В., Баев А. В. Влияние фаски ракельного ножа на качество процесса нанесения поливинилхлоридного покрытия в производстве тентовых материалов // 4-я Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании», июнь 2008, г. Варна. — Варна: Изд-во Технического университета, 2008.
5. Трофимов А. В., Баев А. В. Положения методики управления качеством процесса нанесения поливинилхлоридного покрытия в производстве тентовых материалов // 1-я Международная заочная научно-практическая конференция «Современные проблемы науки» 27–28 марта 2008 г. — Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2008. С. 26–27.

С. М. Живилова

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»*

## **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОИЗВОДСТВА ГЛИФТАЛЕВЫХ ГРУНТОВОК**

В структуре российского лакокрасочного производства преобладают

эмали, лаки и грунтовки на основе конденсационных смол. Основные объемы производства приходятся на продукцию ремонтно-строительного и бытового назначения. Глифталевые грунтовки производятся на основе конденсационных смол и применяются для грунтования металлических и деревянных поверхностей под покрытие различными эмалями.

Среди большого ассортимента выпускаемой продукции базового лакокрасочного предприятия производство глифталевых грунтовок составляет около десяти процентов. Показатели объемов продаж грунтовок за последние три года свидетельствуют о том, что выпуск глифталевых грунтовок достаточно велик — в среднем 800 тонн в год. По результатам анализа продаж выявлено, что глифталевые грунтовки пользуются потребительским спросом. Поэтому для возможного улучшения качества и увеличения выпуска данного вида продукции необходимо управление качеством производства глифталевых грунтовок.

Для осуществления такого управления качеством необходимо изучение особенностей технологического процесса производства. Разработана сеть процессов производства глифталевых грунтовок с указанием контрольных точек (параметров качества для каждого подпроцесса). Для каждой контрольной точки определено место контроля (или отбора проб), контролируемый технологический параметр, его номинальное значение и единица измерения, приборы контроля (либо методика контроля), периодичность контроля и ответственный за его осуществление.

Качество сырья, используемого при производстве глифталевых грунтовок, определяется при входном контроле. Входной контроль сырья осуществляется отделом технического контроля согласно перечню, содержащему информацию о наименовании сырья, нормативно-технической документации на него (национальный или отраслевой стандарт, стандарт организации, технические условия, регламент или методика), показателях, обязательных для проверки, а также регламентируемых показателях (номинальные значения).

Контроль качества при производстве глифталевых грунтовок осуществляется путем измерения параметров качества, предусмотренных для каждой из стадий.

Качество готовой грунтовки характеризуется совокупностью следующих показателей:

- цвет пленки грунтовки;
- внешний вид;
- условная вязкость;
- степень разбавления грунтовки растворителем;

- массовая доля нелетучих веществ;
- степень перетира;
- время высыхания;
- твердость пленки;
- эластичность пленки при изгибе;
- прочность пленки при ударе;
- адгезия пленки;
- стойкость пленки к статическому воздействию 3 %-ного раствора NaCl;
- способность пленки шлифоваться;
- стойкость пленки к действию нитроэмали;
- стойкость пленки к статическому воздействию минерального масла;
- расслаивание.

Проведен анализ несоответствий по стадиям производственного процесса. Большинство несоответствий возникает на стадиях диспергирования в мельницах, составления и постановки грунтовки на тип в смесителе, фасовки в тару. При этом на стадии диспергирования в мельницах возникают несоответствия: вязкость — 29 %, степень перетира — 25 %, длительность диспергирования — 23 %, несоответствие фактической загрузки нормам — 19 %, прочие — 4 %. На стадии составления и постановки грунтовки на тип в смесителе возникают несоответствия: твердость пасты — 28 %, отклонение по вязкости — 23 %, массовая доля нелетучих веществ — 21 %, степень перетира — 12 %, цвет — 6 %, степень высыхания — 5 %, прочие — 5 %. Перед фасовкой в тару могут быть обнаружены несоответствия: вязкость — 39 %, сухой остаток — 28 %, внешний вид — 19 %, прочие — 14 %. В результате большинство отклонений готовой продукции выявляются именно в тех партиях, в ходе изготовления которых возникали несоответствия на стадиях технологического процесса.

При анализе готовой продукции выявляются следующие несоответствия:

- время высыхания (18 %);
- твердость пленки (16);
- адгезия пленки (13 %);
- цвет пленки грунтовки (12 %);
- внешний вид (11 %);
- условная вязкость (7 %);
- степень перетира (6 %);

- массовая доля нелетучих веществ (5 %);
- расслаивание (4 %);
- прочие (степень разбавления грунтовок растворителем, эластичность пленки при изгибе, прочность пленки при ударе, стойкость пленки к действию нитроэмали, способность пленки шлифоваться, стойкость пленки к статическому воздействию 3 %-ного раствора NaCl, стойкость пленки к статическому воздействию минерального масла) — 8 %.

В скобках приведено отношение числа повторений конкретного вида несоответствия к общему числу возможных несоответствий, выраженное в процентах.

В результате изучения документации (технологических карт производства, актов о браке, технологических регламентов, претензий потребителей по качеству грунтовок, ежемесячных и годовых отчетов по анализу готовой продукции и сырья) установлены причины возникновения несоответствий и объем несоответствующей продукции, полученной из-за конкретной причины (в процентах):

- 1) несоблюдение требований технологических регламентов — 38;
- 2) возможная недоработка рецептуры — 15;
- 3) нарушения при упаковке и маркировке готовой продукции — 13;
- 4) несвоевременная реализация продукции — 18;
- 5) неисправность технологического оборудования — 7;
- 6) бесконтрольность погрузки — 3;
- 7) по вине работника — 3;
- 8) прочие — 3.

Анализ причин несоответствий, возникающих при производстве глифталевых грунтовок, показал, что основной причиной возникновения большинства из них является несоблюдение технологической дисциплины. В свою очередь, несоблюдение технологической дисциплины обусловлено загруженностью технологического персонала, текучестью кадров.

Уровень реализации технологического процесса сказывается на таких важных показателях деятельности организации, как количество и качество выпускаемой продукции, травматизм, аварийность, а в итоге — и получаемая прибыль. Одним из важнейших условий обеспечения качества продукции в процессе производства является соблюдение технологической дисциплины при выполнении каждой операции. Соблюдение технологической дисциплины зависит от организации рабочих мест, квалификации исполнителей, вида и состояния используемого оборудования и др.

Среди основных нарушений технологической дисциплины следует выделить:

- нарушение загрузочной рецептуры (несоответствие фактической загрузки нормам);
- нарушение сроков протекания стадий технологического процесса;
- неправильное ведение технологической документации;
- несоблюдение технологической схемы производства.

Для уменьшения случаев возникновения несоответствий по причине несоблюдения требований технологического регламента предложена система контроля за соблюдением технологической дисциплины. Данная система предусматривает контроль соблюдения технологических требований (технологического регламента) на каждой стадии технологического процесса производства.

Во многих случаях несоблюдение технологической дисциплины связано с плохим состоянием оборудования, с его неправильной эксплуатацией и, как следствие, — неспособностью работать в режимах, требуемых регламентом, а также с низким уровнем организации производства. Система контроля соблюдения технологической дисциплины предполагает ряд мероприятий для каждой стадии технологического процесса. Эти мероприятия направлены не на усовершенствование технологии, а на усиление контроля за ее соблюдением, именно — на повышение уровня организации производства.

Наличие системы контроля соблюдения технологической дисциплины на предприятии предполагает выполнение следующих действий:

- четкая индикация всего оборудования, используемого в процессе производства продукции;
- обеспечение наличия соответствующих информационных носителей о протекании процесса (таблички, бирки с указанием стадии, времени ее протекания, какой процесс происходит в данный момент в каждой конкретной емкости и т. д.);
- оформление постадийно специально разработанных информационных карт подпроцессов, подробно описывающих протекание процесса;
- четкая индикация сырья, подготовленного к использованию в производстве;
- наличие специальных обозначений (идет загрузка, идет диспергирование, остановка, аварийная остановка производства и т. д.).

Основу разработанной системы составляют информационные карты, предусмотренные для каждой стадии технологического процесса. Карты разрабатывались согласно перечню контроля производства и управления технологическим процессом, предусмотренным технологическим регламентом производства глифталевых грунтовок. Реализация системы подразумевает последовательное проведение операций (стадий) технологического процесса с занесением соответствующих результатов в информационные карточки, предусмотренные для каждой стадии. В карточках отражены все контролируемые в процессе параметры, все нормированные показатели заранее прописаны. Информационная карта сформирована таким образом, чтобы свести к минимуму затраты времени на ее заполнение.

По завершении стадии информационная карта с датой и временем проведения стадии и подписью ответственного лица передается технологу производства. За своевременное предоставление технологу производства карты несет ответственность аппаратчик либо мастер смены. Предусмотрен специальный журнал для регистрации и единой нумерации данных карт в производственных подразделениях. Эти карты по окончании всего процесса передаются вместе с технологической картой в техническую службу предприятия для анализа и хранения. При проведении проверок соблюдения технологической дисциплины инженер-технолог анализирует эти карты вместе с технологическими картами производства продукции. Информационные карты подпроцессов способствуют более детальному анализу протекания технологического процесса производства продукции, помогают значительно быстрее выявить отклонения, возникающие в ходе его протекания, разобраться в причинах их возникновения.

Информационные карты оформляются на компьютере, за исключением значений показателей, полученных непосредственно в ходе технологического процесса, что позволяет снизить вероятность исправлений в карточке. Для каждой из стадий (подготовка сырья, приготовление жидких замесов в дисольвере, диспергирование пигментных паст в мельнице, составление и постановка грунтовки на тип в смесителе) определены параметры процесса. Эти параметры указываются в информационных картах обособленно, что позволяет быстро установить их отклонение от нормы (если таковое имеется). Для стадии фасовки в тару информационная карта не предусмотрена, поскольку при ее осуществлении возможность обнаружения несоответствия минимальна и данных, фиксируемых в общей технологической карте производства, достаточно для анализа.

Применение рассмотренной системы в случае обнаружения несоответствий способствует быстрому и безошибочному поиску причин их возник-

новения.

На базовом предприятии было организовано производство партии глифталевой грунтовки с использованием системы контроля соблюдения технологической дисциплины. Производство осуществлялось при непосредственном участии директора по производству, главного технолога, главного инженера, куратора производства и других заинтересованных служб и работников. При производстве данной партии несоответствий выявлено не было, что говорит о результативности предпринятых действий.

Таким образом, использование системы позволит повысить уровень контроля за соблюдением технологической дисциплины на производстве и как следствие — предотвратить появление несоответствий, вызванных нарушением технологии и тем самым снизить затраты предприятия.

Л. Ю. Тимофиевич

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»*

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОИЗВОДСТВА ШАТУННЫХ ВКЛАДЫШЕЙ Д 50**

В ходе анализа документации системы менеджмента качества на машиностроительном предприятии выявлена необходимость использования контрольных карт. Для этого разработан элемент для дополнения стандарта предприятия «Система менеджмента качества. Статистические методы. Основные положения». После дополнения стандарт был внедрен на предприятии. Для его освоения разработана схема обучения технологов цехов, которые будут применять на местах контрольные карты. На предприятии принято решение проводить занятия ежедневно в течение недели по тридцать минут. Технологам был объяснен смысл применения статистических методов. Показаны на практике приемы построения контрольных карт.

Статистическое регулирование осуществляется путем отбора из потока продукции деталей по ключевым параметрам на вертикально-протяжной и алмазно-расточной операциях. Отбор осуществляется контролером КПП (контрольно-пропускного пункта) в присутствии станочника и наладчика. Данные заносятся в контрольный листок и передаются технологу для расчета контрольных карт, их построения и дальнейшего вывода по ним об управляемости процесса. Готовые карты с выводами вывешиваются на



станке. Контрольные карты позволяют отделить вариации, которые обусловлены определенными причинами, обусловленных случайными причинами.

При регулировании технологических процессов методом средних значений и размахов ( $X-R$ ) статистическими характеристиками процесса являются среднее значение  $X$  и размах  $R$  замеров показателя качества в выборке. Среднее значение содержит информацию об уровне наладки оборудования, а размах — о точности технологического процесса.

Контрольная карта состоит из контрольной линии, пары контрольных пределов (по одному: над центральной линией и под ней) и значений характеристики качества в виде ломаной линии, нанесенных на карту для представления состояния процесса. Если все значения характеристики оказываются внутри контрольных пределов, не проявляя каких-либо тенденций, то процесс рассматривается как находящийся в контролируемом состоянии. Если же, напротив, они попадут за контрольные пределы или примут какую-нибудь необычную форму, то процесс считается вышедшим из-под контроля.

Для построения контрольной карты ( $(\bar{X}-R)$ -карты) необходимо оценить вариацию, обусловленную случайными причинами. Для этого собранные данные в процессе статистического анализа, сведенные в таблицу контрольного листка сбора данных, делим на подгруппы, представленные строками таблицы, внутри которых считаются неизменными:

- партия сырья и материалов;
- станок, на котором изготавливается деталь;
- рабочий;
- средство измерения.

При построении контрольных карт должно выполняться следующее условие: если изменчивость процесса от единицы к единице и среднее процесса остаются постоянными на данных уровнях (оцененные соответственно по  $\bar{R}$  и  $\bar{X}$ ), то размахи  $R$  и средние  $\bar{X}$  отдельных подгрупп будут меняться только случайным образом и редко выходить за контрольные границы. Не допускаются очевидные тренды или структуры данных, кроме возникающих случайно с некоторой долей вероятности.

$\bar{X}$ -карта показывает, где находится среднее процесса и какова его стабильность. Та же карта выявляет нежелательные вариации между подгруппами и вариации относительно их среднего.  $R$ -карта выявляет любую нежелательную вариацию внутри подгрупп и служит индикатором изменчивости исследуемого процесса. Это мера состоятельности и одно-

родности процесса. Если  $R$ -карта показывает, что вариации внутри подгрупп не изменяются, то это значит, что процесс остается в статистически управляемом состоянии. Такое происходит только в том случае, если все выборки обрабатывались одинаково. Если  $R$ -карта показывает, что процесс вышел из управляемого состояния или уровень на  $R$ -карте возрастает, то это может означать, что-либо отдельные подгруппы подверглись разной обработке, либо в процессе действует несколько различных систем причинно-следственных связей. На  $\bar{X}$ -карты также могут повлиять условия, при которых процесс вышел из состояния статистической управляемости по  $R$ -карте. Возможность интерпретировать размахи или средние подгрупп зависит от оценки изменчивости от единицы к единице, поэтому  $R$ -карту необходимо анализировать первой.

После построения  $R$ -карты сопоставляют нанесенные точки размахов с контрольными границами, выделяют точки вне границ, необычные структуры или тренды. Для каждого сигнала о наличии неслучайной причины в значениях размаха проводят анализ операций процесса, чтобы определить причину. Проводят корректирующие действия и действия по предотвращению повторения данной причины. Исключают все подгруппы, на которые повлияла неслучайная причина, затем пересчитывают и наносят на карту новые средний размах  $\bar{R}$  и контрольные границы. Необходимо получить подтверждение того, что все точки размахов при сравнении с новыми границами указывают на статистическую управляемость. Если требуется, повторяют последовательность действий «идентификация — коррекция — пересчет».

Если некоторые подгруппы исключены из  $R$ -карты из-за выявленных особых причин, их надо исключить и из  $\bar{X}$ -карты. Пересмотренные значения  $\bar{R}$  и  $\bar{\bar{X}}$  надо использовать для пересчета пробных контрольных границ для средних  $\bar{X} \pm A_2 \bar{R}$ .

Исключение подгрупп, представляющих причину выхода процесса из состояния статистической управляемости, — это не «исключение плохих данных». Скорее, здесь исключаются точки, на которые повлияли известные неслучайные причины, и мы получаем лучшую оценку основного уровня изменчивости из-за случайных причин. Это дает наиболее подходящую основу для контрольных границ, применение которых позволяет наиболее эффективным образом обнаруживать будущие проявления неслучайных причин вариаций.

Когда размахи находятся в статистически управляемом состоянии, разброс процесса (отклонения внутри подгрупп) считается стабильным. В этом случае можно проанализировать средние, чтобы увидеть, меняется

ли со временем среднее положение процесса.

Теперь строят  $\bar{X}$ -карту и сравнивают точки с контрольными границами. Выделяют точки вне границ, необычные структуры точек или тренды. Так же, как и для  $R$ -карты, необходимо анализировать любое из состояний статистической неуправляемости и проводить корректирующие и превентивные меры. Надо исключить точки, которые характеризуют это состояние и для которых были найдены неслучайные причины.

Повторно вычисляют и наносят на график новое среднее процесса ( $\bar{X}$ ) и контрольные границы. Проверяют, чтобы, по сравнению с новыми границами, ее точки демонстрировали статистически управляемое состояние, при необходимости возобновляя последовательные действия: «идентификация — коррекция — пересчет».

Если исходные данные для установления эталонных значений контрольных границ располагаются устойчиво внутри пробных пределов, расширяют границы, чтобы охватить будущие данные. Исполнители должны пользоваться этими границами для последующего управления процессом, реагировать на сигналы о выходе процесса из управляемого состояния на любой из  $\bar{X}$  и  $R$  карт и выполнять надлежащие действия.

Я. Шабельский<sup>1</sup>, Г. Тараненко<sup>2</sup>, В. Тараненко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Люблинский Технический Университет, ИТСИ (Польша),

<sup>2</sup> Севастопольский Национальный Технический Университет (Украина)

## **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ**

В случае, когда имеется полная априорная информация об объекте управления (ОУ), возможно построение математической модели (ММ) аналитическим путем. Такой метод построения ММ, выявления структуры и параметров модели называется аналитической идентификацией. Для сложных объектов после аналитического построения ММ, как правило, необходимы дополнительные экспериментальные исследования. Цель этих исследований — во-первых, проверка правильности основных теоретических положений, принятых при разработке ММ, во-вторых, выявление, при необходимости, некоторых параметров модели.

Возможность линеаризации уравнений движения отдельных элементов динамической системы (ДС) [1, 2, 6] следует также из широкоизвестного представления, что выполнение жестких требований относительно точности регулирования приводит к реализации систем управления, которые действуют при «малых» отклонениях переменных. В таком случае ДС процесса точения может рассматриваться как многомерный ОУ с подсистемами в виде упругой системы и процесса резания. Структура ОУ включает обратные связи через упругую систему, вызванные силовыми воздействиями, которые возникают при осуществлении процесса резания.

В работах [1, 2] построена система уравнений и обобщенная структурная схема ММ динамической системы точения валов. Разработанная система уравнений и структурная схема ММ учитывает геометрию срезаемого слоя (СС) и силы резания при точении, свойства упругой технологической системы, процесс формирования сечения СС. Процесс формирования сечения СС учитывает явление резания «по следу» [7], которое проявляется в том, что составляющие (толщина среза —  $a(t)$ , ширина среза —  $b(t)$ ) сечения срезаемого слоя материала зависят от положения режущей кромки инструмента не только в текущий момент времени  $t$ , но и в момент времени  $(t - \tau)$  предыдущего оборота.

В работах [4, 5, 11, 12, 13] представлена идентификация процессов точения и шлифования (продольного и врезного) нежестких упругодеформированных валов, получены ММ динамических систем в виде передаточных функций типовых динамических звеньев, причем, в зависимости от числа удерживаемых членов ряда Паде, при аппроксимации показательной функции  $e^{-st}$  структура и вид передаточной функции ОУ —  $G(s)$  изменяются в широких пределах.

К категории системных [14, 15] относятся те объекты и процессы, которые состоят из отдельных частей, элементов и обладают целостным характером функционирования. При этом любая техническая система определяется набором некоторых характеристик:

- 1) связями системы с окружающей средой (для рассматриваемого случая это связи с возмущениями и исходной погрешностью заготовки);
- 2) выполняемыми системой функциями, то есть обеспечением заданных технологическим процессом параметров точности обработки;
- 3) структурой системы;
- 4) совокупностью функциональных и структурных свойств системы, которые определяются характером передаточных функций.

Перечисленный ряд характеристик в полной мере соответствует технологическим системам обработки нежестких упругодеформированных деталей и их ММ, учитывающих свойства системы как объекта управления в установившихся и динамических режимах. При рассмотрении ММ динамических систем металлообработки упругодеформированных деталей как системных объектов, которые учитывают принципиально важные и в то же время различные особенности функционирования объекта управления, целесообразен информационный подход. Такой подход показывает, что обобщенная математическая модель ДС продольного течения является наиболее полной, обладает большой информативностью в иерархии структур и ММ ДС и расположена на I – высшем иерархическом уровне (рис. 1).

Обобщенная математическая модель  $G_T(s)$ , расположенная на первом иерархическом уровне, соответствует системе уравнений и структурной схеме [12].

На втором иерархическом уровне обобщенную ММ по степени точности аппроксимации функции  $e^{-s\tau}$  при разложении последней в ряд Паде можно разделить на две. Первая учитывает два первых члена разложения функции  $e^{-s\tau}$ , вторая – один член разложения [12, 13].

На третьем иерархическом уровне обобщенная ММ для ДС продольного течения упругодеформированных нежестких валов подразделяется на две. Для первой коэффициент  $K_{k_r} \neq 0$ ,  $k_r \neq 90^\circ$ , для второй  $K_{k_r} = 0$ ,  $k_r = 90^\circ$ , а значения передаточных функций  $G_T(s)$ ,  $G_{T3}(s)$  соответственно и коэффициенты  $A_1$ ,  $A'_1$  и  $B_1$ ,  $B'_1$ , в которые входит  $K_{k_r}$ , приведены в [12, 13]. На этом же уровне расположены ММ ДС процессов продольного  $G_{SC}(s)$  и наружного врезного  $G'_{SC}(s)$  шлифования, которые можно рассматривать как частные случаи ММ ДС токарной обработки, принимая во внимание, что для продольного шлифования  $K_{k_r} = 0$ ,  $K_{bz} = 0$  и  $K_{k_r} = 0$ ,  $m_x K_x = 0$ ,  $K_{xy} = 0$  – для врезного наружного круглого шлифования соответственно [12, 13].

На четвертом иерархическом уровне расположены ММ ДС токарной обработки  $G_T(s)$ ,  $G'_T(s)$ ,  $G_{T2}(s)$ ,  $G'_{T2}(s)$ ,  $G_{T3}(s)$ , отличающиеся значениями коэффициентов  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A'_1$  и  $A'_2$ , для ДС продольного  $G_{SC}(s)$  и врезного наружного  $G'_{SC}(s)$  шлифования [12, 13].

На пятом иерархическом уровне расположены ММ ДС, полученные без учета влияния на динамику процесса связи, то есть влиянием внутреннего контура обратной связи через коэффициент  $m_x K_x \ll 1$  и передаточную функцию  $1 - e^{-s\tau}$  на приращение толщины среза.

На шестом иерархическом уровне расположены частные ММ ДС без учета одного контура внутренней обратной связи  $m_x K_x \ll 1$  и без уче-



случаях, свойства модели ОУ приближаются к свойствам безынерционного звена с коэффициентом передачи  $K_0$  [11].

Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований временных характеристик объекта по каналу дополнительных силовых воздействий подтверждают сделанный выше вывод о том, что при управлении упругодеформированным состоянием ТС свойства динамической системы можно приближенно эквивалентировать пропорциональным звеном. Такое упрощение, естественно, справедливо лишь в том случае, когда рассматривается область «низких» и «средних» частот, в которой не проявляются динамические свойства процесса резания и упругой системы [11]. Постоянные времени упругой системы и процесса стружкообразования, определяющие границу указанной области «средних» частот, имеют порядок 0,003...0,005 с. Постоянные времени исполнительных элементов, используемых при построении САУ упругодеформированным состоянием деталей, как правило, на порядок превышают указанное значение. В результате область существенных частот для САУ определяется инерционностью исполнительного элемента и лежит левее области частот, где определяющими являются динамические характеристики рассматриваемого объекта.

Результаты экспериментального исследования динамических характеристик системы, в ходе которых анализировались переходные процессы в системе по управляющему и возмущающему воздействиям, достаточно хорошо согласуются с полученными при аналитических расчетах данными [4, 16]. Разработана САУ точностью обработки нежестких упругодеформированных валов. Конкретная техническая реализация обеспечивает схеме свойства пропорционально-интегрального регулятора и высокую точность стабилизации заданного значения растягивающего усилия, высокое быстродействие, а соответственно, и высокую точность формы, размеров и качества поверхности обрабатываемых нежестких валов [8]. Использование задней бабки токарного станка позволяет с высокой точностью регулировать и стабилизировать величину растягивающего усилия и повышать за счет этого точность обработки нежестких деталей. Конструкция задней бабки при этом существенно упрощается по сравнению с известными решениями [9]. Как следует из вышеизложенного, информационный подход также удобен потому, что позволяет разделить ММ динамических систем — объектов управления по качеству и количеству информации, заложенной в ММ, и дает возможность систематизировать усилия разработчиков при проектировании и технологической подготовке технологических процессов, разработке САПР ТП, а также САУ и АС для решения стоящих

перед ними задач.

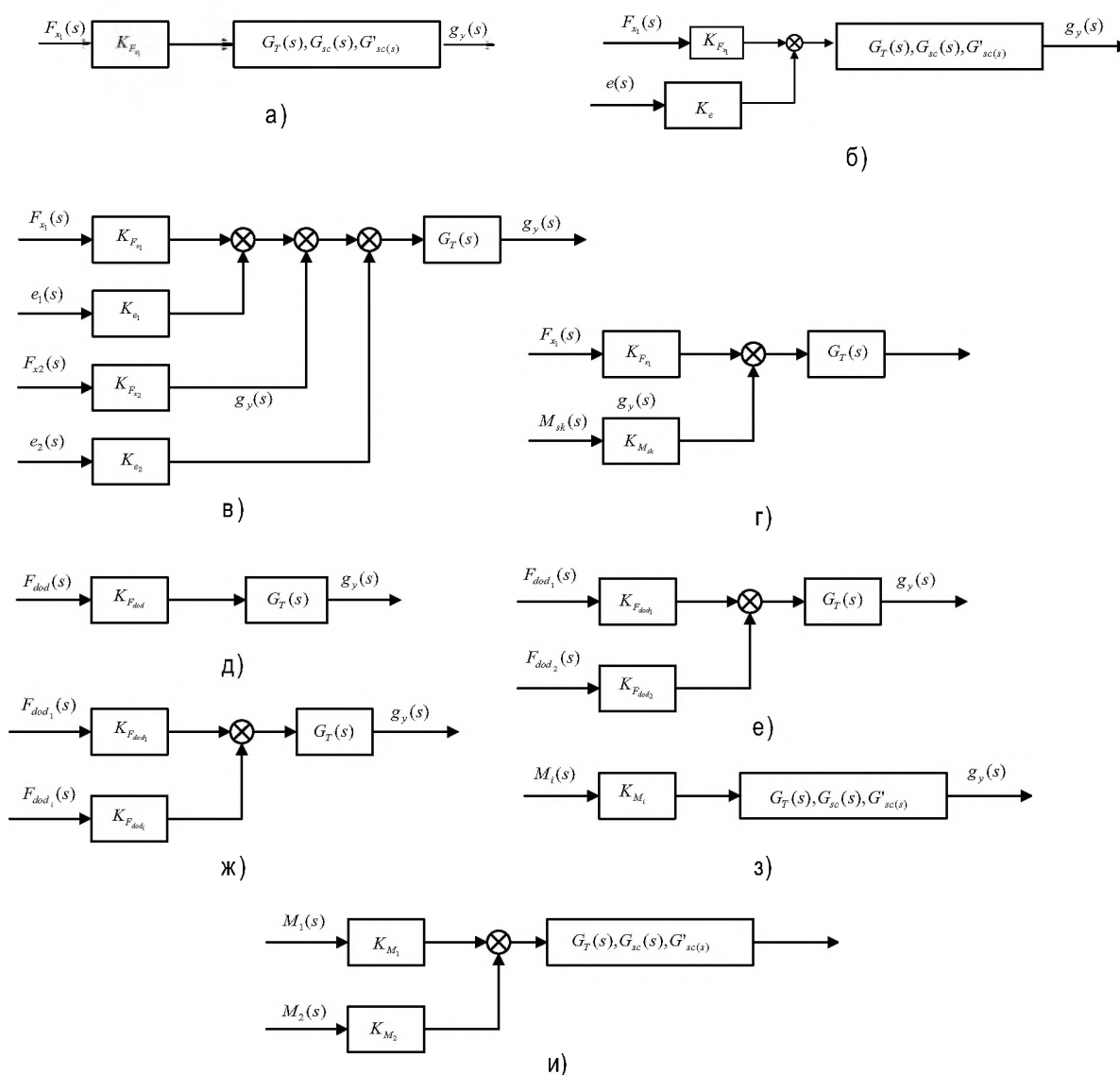


Рис. 2. Типовые структуры ДС обработки нежестких упругодеформированных валов

### Библиографический список

1. Abakumow A., Taranenko W., Zubrzycki J. Moduly programowe dla badania charakterystyk ukladu dynamicznego procesu skrawaniach. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej NR 230 MECHANIKA, z. 67 — Moduowe Technologie i Konstrukcje w Budowie Maszyn. — Rzeszow, 2006. S. 99–109.
2. Abakumov A., Taranenko V., Zubrzycki J. Modeling of characteristics of dynamic system of turning process for axialsymmetric shafts. V-th INTERNATIONAL CONGRESS “MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGIES, 06” (MT-06), September 20–23. 2006, Varna, Bulgaria. PROCEEDINGS. Section III. S.76–78.
3. Abakumov A., Taranenko V., Zubrzycki J. Wolos D. Controlling the dynamical system of machine tools by elastic-deformable shafts machining. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ: Международный сборник научных трудов. — Донецк: ДонНТУ, 2006. Вып. 32. С. 272–278.



4. Абакумов А. М., Тараненко В. А. Динамические свойства упругой системы при управлении упругодеформированным состоянием деталей малой жесткости // Динамика станочных систем и гибких автоматизированных производств: Тезисы докл. 3-й Всесоюзной науч.-техн. конф. — Тольятти, 1988. С. 334–335.
5. Абакумов А. М., Тараненко В. А. Математическая модель процесса точения деталей малой жесткости // Идентификация и автоматизация технологических процессов в машиностроении: Сб. науч. тр. — Куйбышев, 1988. С. 67–69.
6. Бессекерский В. Г. Теория систем автоматического регулирования. — М.: Наука, 1972.
7. Кудинов В. А. Динамика станков. — М.: Машиностроение, 1967.
8. Патент РФ RU № 2130360 С1 Способ механической обработки нежестких осесимметричных деталей и устройство для его реализации В23В 23/00, В23Q 15/00. Абакумов А. М., Тараненко В. А., Тараненко Г. В. Бюл. № 14, 1999.
9. Патент РФ RU № 2162770 С2 Задняя бабка токарного станка. МКИ В23В 23/00 / Абакумов А. М., Тараненко В. А., Тараненко Г. В. Бюлл. № 4, 2001.
10. Taranenko W., Swic A. Technologia kształtowania części maszyn o małej sztywności. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2005.
11. Taranenko V. A., Taranenko G. V. Modelling of dynamic characteristics turning processing for want of management by a elastic deformed condition. Acta Mechanica Slovaca. Kosice 3/2001, Rocnik 5. P. 19–24.
12. Taranenko W., Szabelski J., Taranenko G. Podstawy identyfikacji układu dynamicznego obrobki wałow o małej sztywności. Pomiar. Automatyka. Robotyka. Miesięcznik naukowo — techniczny, nr 2/2008, Warszawa, 2008. S. 204–223.
13. Taranenko G., Taranenko V., Szabelski J., Swic A. Systemic analysis of models of dynamic systems of shaft machining in elastic-deformable condition. Applied Computer Science. Business Process Optimization. Vol. 3. No 2. 2007. Technical University of Zilina, Slovenska Republika. S. 115–138.
14. Тараненко В. А., Чуб О. Р. Системный подход к синтезу ГАЛ механообработки: Автоматизация процессов и управление // Вестник СевГТУ. Севастополь. 1997. Вып. 7. С. 18–24.
15. Цветков В. Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация технологических процессов. — Минск: Наука и техника, 1979.
16. Szabelski J., Taranenko V. The experimental researches on the process of turning low stiffness shafts. «Прогрессивные направления развития машиноприборостроительных отраслей и транспорта» Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 14–18 мая 2007, Севастополь. — Севастополь, 2007. С. 160–162.

## **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА И РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА НЕШТУЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ПИЩЕВОЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В соответствии с методологией системного подхода структура интегрированной системы автоматизированного статистического контроля (ИС АСК) качества нештучной продукции может быть представлена иерархической моделью, в которой структурные элементы системы выделяются и группируются по принципу подчиненности (иерархии), и внутренней моделью, в которой отражается функциональная взаимосвязь между структурными элементами системы [1, 8].

Иерархическая модель структуры ИС АСК (рис. 1) содержит несколько функциональных уровней.

На первом уровне модели выделены соответственно системы I уровня: система процедур (СП), техническая система (ТС) и информационно-управляющая система (ИУС).

Система процедур (действий) АСК включает в себя совокупность способов и методик контроля, схем и алгоритмов. Все они определяются планом контроля, который задаёт информационные, технические, экономические и теоретические (статистические, численные) параметры ИС АСК.

Техническая система АСК представляет собой совокупность технических средств, реализующих систему процедур (действий) АСК в автоматическом и/или полуавтоматическом режимах.

Информационно-управляющая система АСК представляет собой совокупность предписываемых управляющих воздействий и средств технического обеспечения, осуществляющих автоматизированное управление работой ИС АСК.

На втором уровне модели в структуре технической системы АСК выделены соответствующие системы второго уровня: система манипуляций потоком (СМП), система отбора и подготовки проб (СОПП) и система анализа проб (САП).

На третьем уровне модели в структуре СОПП выделены основные функциональные устройства: отбора проб; накопления проб; перемешивания проб; деления (сокращения) проб; транспортно-загрузочные.

Для каждой совокупности устройств предусмотрен четвертый иерархический уровень, содержащий элементы в составе устройств.

Поток контролируемой продукции посредством системы манипуляций потоком переводится в необходимое состояние (дискретизируется и/или накапливается), что оговаривается способами и методиками плана системы процедур. Система отбора и подготовки проб осуществляет получение некоторого количества материала для контроля качества в виде репрезентативных испытываемых порций. Процесс контроля физико-технических параметров продукции осуществляется в рамках системы анализа проб, где используются запланированные системой процедур методики и алгоритмы, а также технические устройства.

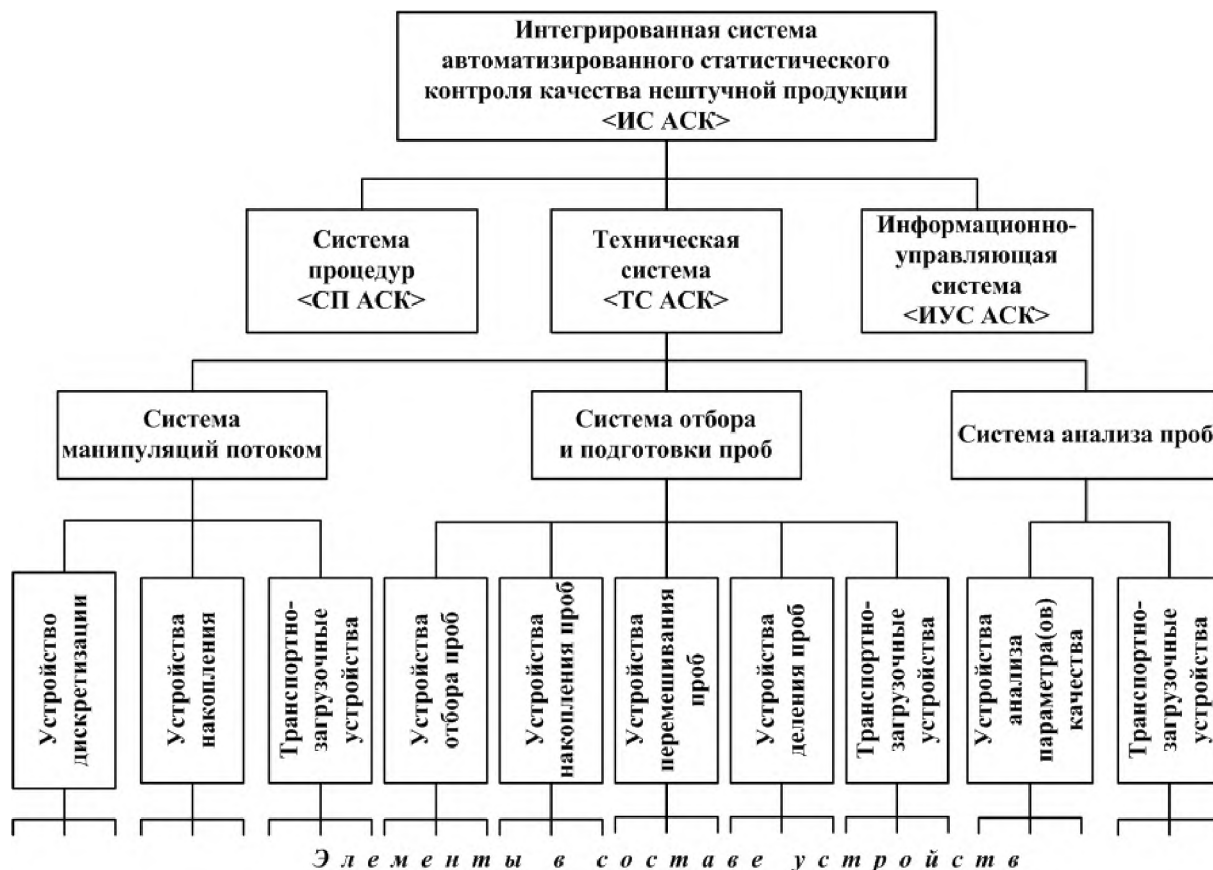


Рис. 1. Иерархическая модель структуры системы автоматизированного статистического контроля качества продукции

Информация о качестве продукции (соответствующем его уровне), получаемая в результате контроля от технической системы, накапливается как в ИУС, так и в СП АСК, при условии наличия обратных связей с системой манипуляций потоком и системой процедур.

Особенность статистического отбора и подготовки проб продукции («пробоотбора») в автоматизированном производстве заключается в получении относительно малого количества материала из непрерывного потока исходного материала таким образом, чтобы это малое количество смогло обеспечить достоверность получаемых в результате последующего анали-

за параметров. При количественном анализе это означает, что процентный состав анализируемой пробы идентичен процентному составу контролируемого материала. Недостаточное внимание может привести к заведомо ложным результатам анализа. Поэтому важно выяснить, какие общие закономерности отбора и подготовки проб обеспечивает их репрезентативность.

Качество процедуры пробоотбора зависит от многих параметров, определяемых свойствами объекта и методом проводимого анализа. Свойства объекта можно описать характеристиками его физико-химико-микробиологической структуры и характером однородности. Аналитическую процедуру пробоотбора можно описать характеристиками минимального и максимального размеров пробы, её физико-химико-микробиологической структуры, однородности пробы и её стабильности во времени.

В результате проведенного анализа особенностей процесса отбора и подготовки проб для технической системы автоматизированного статистического контроля качества нештучной продукции определены основные требования к конструкциям функциональных устройств СОПП:

1. Обеспечение репрезентативности получаемых проб.
2. Техническая поддержка современных планов и процедур статистического приёмочного контроля качества продукции.
3. Высокая производительность процесса отбора и подготовки проб, которая может обеспечиваться выбором рациональных схем агрегатирования функциональных устройств в СОПП.
4. Общетехнические требования: надёжность, простота конструкции и эксплуатации устройств, малая материалоёмкость, низкие энергозатраты и стоимость, эргономичность, дизайн и т.п.
5. Универсальность или специализированность конструкций.

Выделены основные функциональные и конструктивные механизмы, обеспечивающие выполнение требований к устройствам пробоотбора.

1. Захватная способность — непосредственное замыкание (отсечение) от основной массы контролируемого объекта некоторой порции (порций) должно обеспечить представленность в конечной пробе всех составляющих «слоёв» материала. Это обеспечивается охватом всего продукта стационарными и/или перемещающимися пробоотборниками. В их роли могут выступать такие конструктивные элементы, как отсекающий канал, ковш, захват, ёмкость, щель, шнек и т. д. Иным вариантом выступает способ концентрации отбираемого

го материала у пробоотводных или пробозаборных элементов конструкции посредством использования «торпед», конфузоров, сужающихся щелей, гидросопротивлений и т.п.

2. Варьируемость величины объёма пробы.
3. Обеспечение связи между интенсивностью потока нештучной продукции через пробоотборное оборудование с параметрами его функционирования.
4. Разделение, совмещение и перенаправление потоков нештучного материала.
5. Упрощение эксплуатационных свойств и общетехнических характеристик оборудования — общая простота конструкций, отсутствие сложных подвижных элементов, простое поворотное замыкание материала и т. п.

Такие же механизмы характерны для устройств перемешивания и деления, с той лишь разницей, что они предусмотрены на следующих этапах подготовки проб.

Для всего многообразия устройств отбора и подготовки проб впервые построена классификация, представленная на рис. 2. Она представляет собой отраслевую классификацию. При её составлении, как и при составлении большинства классификаций фактического материала, использовался индуктивный подход, т. е. после изучения имеющихся приборов выделялись основные классификационные признаки.

1. По типу контролируемого объекта устройства поделены на используемые для отбора проб жидкостей, твёрдых сыпучих материалов и многокомпонентных объектов.
2. Признак агрегатирования учитывает число возможных операций, осуществляемых устройством.
3. По базированию, в зависимости от подвижности, пробоотборник либо стационарный, когда движим поток материала, либо — вносной, когда движимо само устройство.
4. По уровню автоматизации в управлении устройстве СОПП бывают ручными, полуавтоматическими и автоматическими.
5. По непрерывности потока контролируемого материала — для штучной (измеряемой штуками) и для нештучной (непрерывной по массе, объёму, длине) продукции.
6. Способ отбора пробы отражает механизм захвата устройством части контролируемого материала и может быть нагружным или погружаемым. Здесь возможны как прямо, так и обратно пропорциональная



Рис. 2. Общая классификация устройств СОПП ИС АСК качества нештучной продукции пищевой и перерабатывающей промышленности

зависимость с классификационным признаком «по базированию».

7. По функциональным параметрам выделяются устройства с различной или комбинированной производительностью и числом приводов функционирования.

На основе проведённого анализа был разработан ряд устройств СОПП, авторство которых защищено патентами РФ №№ 2224990, 2263890, 54430, 55132, 55135, 56616 [2–7].

Дополнительный анализ устройств САП сформировал впервые соответствующую классификацию, представленную на рис. 3 [9].

Были выделены следующие основные классификационные признаки:

1. По методу функционирования: принцип действия устройств САП основан на механических, физических или физико-химических методах. Также выделены универсальные приборы.
2. По количеству контролируемых параметров.
3. По типу контролируемых параметров: определяющие качественные и/или количественные параметры.
4. По методу базирования устройства подразделяются на стационарные и переносные.

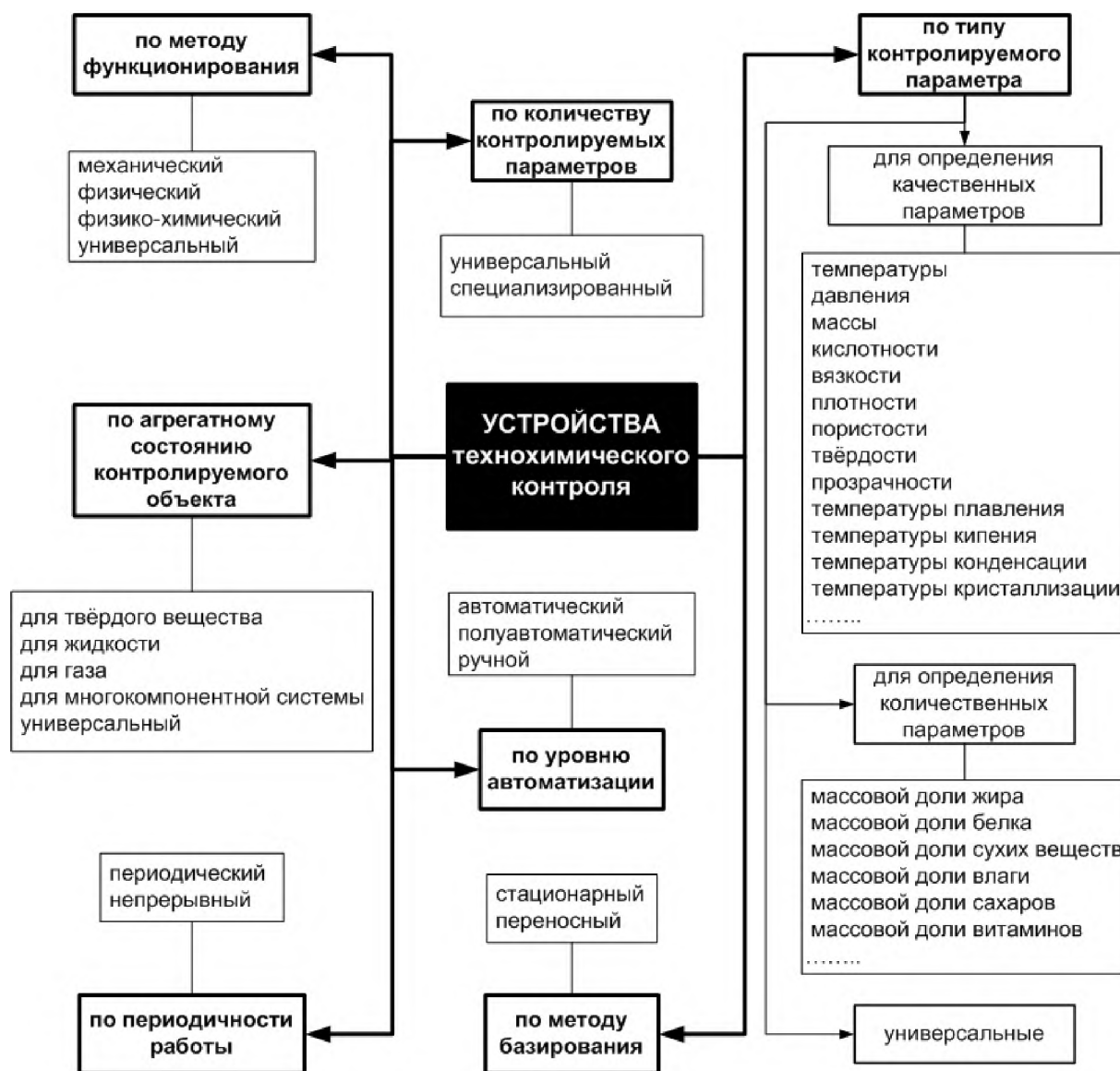


Рис. 3. Общая классификация устройств САП ИС АСК качества продукции пищевой и перерабатывающей промышленности

5. По уровню автоматизации (степени использования труда человека): ручные, полуавтоматические и автоматические.
6. По периодичности работы: периодические и непрерывные.
7. По агрегатному состоянию контролируемый объект может представлять собой твёрдое вещество, жидкость, газ, а также многокомпонентную систему. Дополнительно выделяются универсальные по отношению к этому классификационному признаку устройства.

Каждое из разработанных или имеющихся устройств СОПП или САП может быть соответственно классифицировано.

Таким образом, была построена интегрированная система автоматизированного статистического контроля качества нештучной продукции пищевой и перерабатывающей промышленности; выделены, проанализированы и систематизированы особенности контроля параметров качества; впервые построены соответствующие классификации. Это позволило, помимо формирования общих научно-методологических знаний (широко представленных автором на различных конференциях и конкурсах), разработать ряд технических решений, внедряемых в производство, защищённых охранными документами [2–7].

#### Библиографический список

1. Горелов А. С. Системы отбора и подготовки проб для автоматизированного статистического контроля качества нештучной продукции / А. С. Горелов, В. В. Прейс, В. Б. Сосков; под ред. В. В. Прейса. — Тула: Изд-во ТулГУ, 2006.
2. Пат. 2224990 Российская Федерация, МПК 7 G 01 N 1/10. Устройство для отбора проб жидких сред из трубопровода / Сосков В. Б., [и др.]; заявитель и патентообладатель Тул. гос. ун-т. — № 2002113842; заявл. 27.05.02; опубл. 27.02.04, Бюл. № 6.
3. Пат. 2263890 Российская Федерация, МПК 7 G 01 N 1/20. Устройство для отбора проб сыпучих материалов / Сосков В. Б., Горелов А. С., Прейс В. В.; заявитель и патентообладатель Тул. гос. ун-т. — № 2004114051; заявл. 06.05.04; опубл. 10.11.05, Бюл. № 31.
4. Пат. 54430 Российская Федерация, МПК 7 G 01 N 1/10, 1/20. Устройство управления качеством нештучного продукта / Сосков В. Б., Горелов А. С., Прейс В. В.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Тульский государственный университет». — № 2005139883; заявл. 20.12.05; опублик. 27.06.06, Бюл. № 18.
5. Пат. 55132 Российская Федерация, МПК 7 G 01 N 1/10. Пробоотборник жидкости из трубопровода / Горелов А. С., Прейс В. В., Сосков В. Б.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Тульский государственный университет». — № 2006106949; заявл. 06.03.06; опублик. 27.07.06, Бюл. № 21.
6. Пат. 55135 Российская Федерация, МПК 7 G 01 N 1/20. Устройство сокращения сыпучих проб / Горелов А. С., Прейс В. В., Сосков В. Б.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Тульский государственный университет». — № 2006106952; заявл. 06.03.06; опублик. 27.07.06, Бюл. № 21.



7. Пат. 56616 Российская Федерация, МПК 7 G 01 N 1/10. Устройство отбора проб из открытого потока жидкости / Сосков В. Б., Горелов А. С., Прейс В. В.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Тульский государственный университет». — № 2006112977; заявл. 19.04.06; опублик. 10.09.06, Бюл. № 25.
8. Прейс В. В. Проектирование машин и аппаратов пищевых и перерабатывающих производств. — Тула: Изд-во ТулГУ, 2005.
9. Технохимический контроль и анализ параметров качества продукции и сырья пищевой и перерабатывающей промышленности. Лабораторный практикум / Авт.–сост. В. Б. Сосков. Ч. I. — Тула: Изд-во ТулГУ, 2008.

М. Н. Баршутина, М. М. Мордасов

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»*

## **БАРБОТАЖНЫЙ ОБЪЕМОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЛИТОВ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Во многих отраслях промышленности при проведении важнейших технологических операций широко применяется электрохимический метод производства [1, 2]. В основу электрохимического метода положено явление электролиза, представляющего собой процесс выделения вещества из раствора электролита в результате окислительно-восстановительных реакций, протекающих на электродах.

Электролиз широко используют для получения металлических покрытий (хромирование, никелирование, меднение), отслаиваемых покрытий (гальванопластика), а также для выделения чистых металлов из растворов их солей, щелочей и кислот (получение меди, алюминия и т. д.).

Качественными характеристиками процесса электролиза являются: равномерность получаемого покрытия, прочность сцепления покрытия с основой, пористость, коррозионная стойкость, шероховатость, удельное электрическое сопротивление и т. д.

Решающее влияние на качественные характеристики процесса электролиза оказывает соблюдение всех параметров процесса на заданном уровне по всей длине гальванической линии, представляющей собой набор ванн, в которых осуществляются процессы: обезжиривание, травление, активирование, нанесение покрытия, нейтрализация, хромирование и т. д.

Контроль за ходом этих процессов заключается в поддержании на заданном уровне концентраций основных компонентов электролита; веществ, способствующих образованию комплексных ионов ( $\text{NaCN}$ ,  $\text{KCN}$  и т. д.); поверхностно активных веществ (ПАВ); катализаторов; блескообразующих добавок.

Для каждого отдельного электролитического процесса получения чистых металлов или металлических покрытий разработаны десятки разнообразных электролитов с заранее заданными физико-химическими свойствами, которые характеризуют количественный и качественный состав раствора. Правильный подбор состава электролита для каждого отдельного случая является основным условием эффективности осуществляемого процесса.

При этом в процессе электролиза вследствие расходования компонентов и их уноса с обработанными деталями меняется концентрация основных компонентов электролита. Это приводит к снижению скорости процесса и ухудшению качества получаемых покрытий, поэтому учет изменения концентрации компонентов электролита, а также своевременная корректировка его состава являются важными задачами управления гальваническим процессом.

Значительные погрешности немногих имеющихся приборов для измерения концентрации в условиях сильных электрических полей и высокой агрессивности элементов обусловили необходимость поиска текущих значений концентрации по математическим моделям электрохимического процесса с использованием косвенных данных, например плотности и поверхностного натяжения электролита [3, 4]. При этом значение плотности  $\rho_{\text{ж}}$  характеризует содержание основных компонентов электролита, а поверхностное натяжение  $\sigma_{\text{ж}}$  позволяет судить о концентрации ПАВ, основная функция которых — повышение качества гальванических покрытий за счет пассивизации роста кристаллических зародышей металла и изменения структуры осадков на электроде, что позволяет получить плотное мелкокристаллическое катодное покрытие. Кроме того ПАВ увеличивают смачиваемость электрода водой и облегчают отрыв газовых пузырьков от его поверхности, что значительно уменьшает вероятность возникновения питтинга (изъязвление гальванических покрытий точечными пятнами, обусловленное задержкой газовых пузырьков на покрываемой поверхности).

Существует большое количество методов измерения плотности и поверхностного натяжения электролитов, среди которых наибольшее значение благодаря своей низкой стоимости и надежности приобретают пнев-

матические методы.

Наибольшее распространение среди пневматических методов контроля плотности и поверхностного натяжения получили барботажные методы, отличающиеся удобством и простотой реализации [5, 6].

Существенным недостатком барботажных методов является то, что на результат измерения плотности и поверхностного натяжения сильно влияет глубина погружения измерительного элемента в контролируемую жидкость. Так, например, для высокой точности измерения плотности барботажным методом (порядка 0,1 %) необходимо, чтобы глубина погружения газоподводящей трубки превышала 1 м, а это ограничивает применимость метода в малых объемах жидкости. В то же время при измерении поверхностного натяжения барботажным методом (метод максимального давления в пузырьке) увеличение глубины погружения хотя бы на 0,01 м приводит к увеличению погрешности измерений до 10 %.

Значительным недостатком существующих барботажных методов также является невозможность проведения совокупного контроля плотности и поверхностного натяжения жидкости, что требует измерения каждого параметра в отдельности.

Наличие указанных недостатков ограничивает область применения барботажных методов контроля плотности и поверхностного натяжения жидкости и делает важной и актуальной задачу разработки методов, которые позволят проводить совокупные измерения физико-химических свойств электролитов и повысить точность ранее существующих методов благодаря устранению влияния глубины погружения измерительного элемента на результат измерения.

Для решения поставленной задачи были проведены теоретические и экспериментальные исследования процессов, происходящих в газожидкостной системе при барботировании газа через слой жидкости, на основании которых разработан барботажный объемметрический метод контроля плотности и поверхностного натяжения жидкости [7].

Разработанный метод контроля физико-химических свойств жидких веществ заключается в пропускании газа через слой жидкости в виде отдельных пузырьков, при этом мерой контролируемых параметров служат давление в газоподводящей трубке и геометрические размеры пузырька выходе трубки.

На поверхность пузырька, который образуется при подаче газа в газоподводящую трубку на ее конце, действуют следующие силы [8]:

$$\text{— выталкивающая сила — } F_a = \frac{4\pi R^3}{3} g (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{г}}); \quad (1)$$

$$\text{— сила трения — } F_{\eta} = 6\pi\eta_{\text{ж}}vR; \quad (2)$$

$$- \text{ сила поверхностного натяжения } - F_{\sigma} = \pi d_0 \sigma_{\text{ж}}; \quad (3)$$

$$- \text{ сила инерции } - F_{\text{и}} = (d/dt)(Mv). \quad (4)$$

Здесь  $\rho_{\text{г}}$  — плотность газа;  $\rho_{\text{ж}}$  — плотность жидкости;  $\eta_{\text{ж}}$  — динамическая вязкость жидкости;  $\sigma_{\text{ж}}$  — поверхностное натяжение жидкости;  $d_0$  — диаметр сопла;  $R$  — радиус пузырька;  $v$  — скорость центра пузырька радиусом  $R$ ;  $M$  — ускоренная масса пузырька радиусом  $R$ ;  $t$  — время.

Рост пузырька продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто состояние равновесия, при котором силы, препятствующие отрыву пузырька, и выталкивающая сила равны. Радиус пузырька  $R_1$ , при котором происходит его отрыв от трубки, называют отрывным.

При малой скорости движения пузырька и низкой вязкости жидкости силами трения и инерции можно пренебречь [9]. Тогда условие равновесия запишется в виде

$$\frac{4\pi R_1^3}{3} g(\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{г}}) = \pi \sigma_{\text{ж}} d_0, \quad (5)$$

откуда при  $\rho_{\text{ж}} \gg \rho_{\text{г}}$  отрывной радиус пузырька равен

$$R_1 = \sqrt[3]{\frac{3d_0\sigma_{\text{ж}}}{4g\rho_{\text{ж}}}}. \quad (6)$$

В процессе образования пузырька давление внутри него определяется уравнением (7):

$$P = \rho_{\text{ж}} g H + \frac{2\sigma_{\text{ж}}}{R} + P_0, \quad (7)$$

где  $P_0$  — избыточное давление над поверхностью жидкости;  $H$  — высота столба жидкости.

При этом давление в газоподводящей трубке достигает своего максимального значения  $P_m$  в тот момент, когда радиус пузырька  $R$  равен радиусу выходного отверстия трубки  $R_0$ . Таким образом, уравнение (7) для  $P_m$  примет вид

$$P_m = \rho_{\text{ж}} g H + \frac{2\sigma_{\text{ж}}}{R_0} + P_0. \quad (8)$$

В то же время при подаче газа в газоподводящую трубку число пузырьков  $n$ , поступивших в жидкость, определяется отношением количества газа  $\theta_0$ , поданного от источника питания, к количеству газа  $\theta_{\text{п}}$ , содержащемуся в одном пузырьке. Учитывая, что  $\theta_0 = \frac{\bar{P}_0 \cdot V_0}{RT_0}$  и  $\theta_{\text{п}} = \frac{\bar{P}_1 \cdot V_{\text{п}}}{RT_1}$ , где  $\bar{P}_0$ ,  $\bar{P}_1$  — абсолютное давление в источнике питания и пузырьке газа, соответственно;  $V_0$  — объем поданного газа;  $V_{\text{п}}$  — отрывной объем пузырька;  $R$  — газовая постоянная;  $T_0$  — температура поданного газа;  $T_1$  — температура контроли-

руемой жидкости, количество образующихся пузырьков  $n$  будет равно

$$n = \frac{\theta_0}{\theta_{\Pi}} = \frac{\bar{P}_0 \cdot V_0 \cdot T_1}{T_0 \cdot \bar{P}_1 \cdot V_{\Pi}}. \quad (9)$$

При условии, что  $T_0 = T_1$ ,  $\bar{P}_1 = \bar{P}_0$  и  $V_{\Pi} = \frac{4\pi R_1^3}{3}$ , уравнение (9) примет вид

$$n = \frac{3V_0}{4\pi R_1^3}. \quad (10)$$

Подставляя (6) в (10), получим

$$n = \frac{V_0 g \rho_{\text{ж}}}{\pi d_0 \sigma_{\text{ж}}}. \quad (11)$$

Из совместного решения уравнений (8) и (11) относительно двух неизвестных  $\rho_{\text{ж}}$ ,  $\sigma_{\text{ж}}$  найдем выражение для определения плотности и поверхностного натяжения по измеренным значениям  $(P_{\text{и}} - P_0)$  и  $n$ :

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{0,25d_0(P_{\text{и}} - P_0)}{\frac{V_0 g}{\pi d_0} \cdot \frac{1}{n} + 0,25d_0 g H}; \quad (12)$$

$$\sigma_{\text{ж}} = (P_{\text{и}} - P_0) \cdot \left( \frac{d_0}{4} - \frac{0,25g H d_0^2}{\frac{4V_0 g}{\pi d_0} \cdot \frac{1}{n} + d_0 g H} \right). \quad (13)$$

Если  $d_0$ ,  $V_0$ ,  $H$  являются постоянными в ходе измерения величинами, уравнения (12) и (13) можно записать в виде

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{K_1(P_{\text{и}} - P_0)}{1/n + K_2}; \quad (14)$$

$$\sigma_{\text{ж}} = (P_{\text{и}} - P_0) \cdot \left( K_3 - \frac{K_4}{1/n + K_2} \right), \quad (15)$$

где  $K_1 = \frac{\pi d_0^2}{4V_0 g}$ ;  $K_2 = \frac{H \pi d_0^2}{4V_0}$ ;  $K_3 = \frac{d_0}{4}$ ;  $K_4 = \frac{\pi d_0^3 H}{16V_0}$ .

Таким образом, одновременное измерение давления  $(P_{\text{и}} - P_0)$  и числа пузырьков  $n$ , поступивших в контролируемую среду, позволяет на основании уравнений (14), (15) осуществлять совокупные измерения плотности и поверхностного натяжения в малых объемах жидкости при  $0,002 \text{ м} < H < 1 \text{ м}$ .

Методика измерения плотности и поверхностного натяжения разработанным методом включает в себя следующие этапы:

— газ с заданным объемом  $V_0$  через газоподводящую трубку подают в контролируемую жидкость;

— измеряют максимальную разность давлений  $(P_{\text{и}} - P_0)$  в пузырьке;

— определяют число пузырьков  $n$ , поступивших в жидкость;

— на основании полученных значений  $(P_{\text{и}} - P_0)$  и  $n$  по формулам (14)–(15) определяют плотность  $\rho_{\text{ж}}$  и поверхностное натяжение  $\sigma_{\text{ж}}$  жидкости.

Для реализации метода совокупного контроля плотности  $\rho_{\text{ж}}$  и поверхностного натяжения  $\sigma_{\text{ж}}$  было разработано устройство, схема которого приведена на рис. 1.

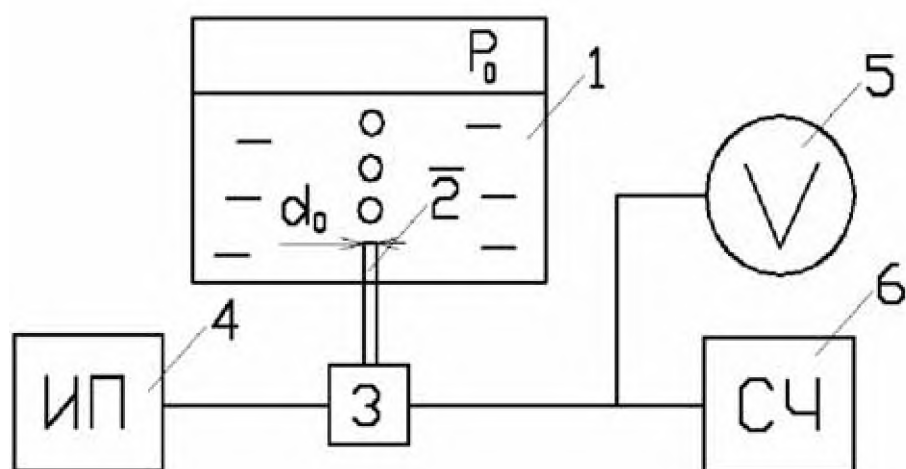


Рис. 1. Экспериментальная установка для реализации барботажного объемометрического метода контроля плотности и поверхностного натяжения

Устройство состоит из емкости  $1$  с контролируемой жидкостью, в нижней части которой размещена газоподводящая трубка  $2$  диаметром  $d_0$ . На вход трубки  $2$  от источника питания  $4$  подается заданное объемное количество газа  $V_0$ , который в виде отдельных пузырьков поступает в жидкость. Емкостной преобразователь давления  $3$  формирует электрический сигнал, пропорциональный разности давлений  $(P_{\text{н}} - P_0)$  в газоподводящей трубке  $2$ . Выход емкостного преобразователя  $3$  подключен к входу счетчика импульсов  $6$  и милливольтметра  $5$ , отградуированного в единицах давления. Счетчик импульсов  $6$  фиксирует число поступивших на его вход колебаний напряжения, соответствующее числу пузырьков  $n$ , прошедших через слой жидкости. Милливольтметр  $5$  измеряет амплитуду колебаний, пропорциональную разности давлений  $(P_{\text{н}} - P_0)$  в газоподводящей трубке.

Оригинальный метод и реализующее его устройство для контроля плотности и поверхностного натяжения признаны изобретением и защищены патентом Российской Федерации [10].

Разработанный метод и устройство для его реализации прошли испытания в гальваническом цехе ОАО «Тамбовский завод «Октябрь» и доказали свою высокую эффективность для контроля плотности и поверхностного натяжения растворов электролитов. При этом максимальная погрешность измерений плотности не превысила 1,9 %, а поверхностного натяжения — 1,5 %.

## Библиографический список

1. Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник. В 2-х т. Под ред. М. А. Шлугера. — М: Машиностроение, 1985. Т. 1.
2. Гальванотехника благородных и редких металлов / П. М. Вячеславов, Г. К. Буркат и др. — Л.: Машиностроение, 1970.
3. Милованов И. В. Оптимизация процессов и состава оборудования для нанесения электрохимических покрытий: дис. к. т. н. / И. В. Милованов. — Тамбов, 1983.
4. Кудрявцев Н. М. Электрохимические покрытия металлами — М.: Химия, 1979.
5. Кулаков М. В. Технологические измерения и приборы для химических производств: учебник для вузов. — М.: Машиностроение, 1983.
6. Лаптев В. И. Барботажно-пьезометрические методы контроля физико-химических свойств жидкостей. — М.: Энергоиздат, 1984.
7. Баршутина М. Н. Пневматический метод совокупного контроля плотности и поверхностного натяжения жидкости // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. № 9. С. 50–52.
8. Kumar V., Kuloor N. V. The Formation of Bubbles and Drops, in: Advances in Chemical Engineering, Bd. 8, S. 255 — 368, Academic Press, New York 1970.
9. Кутателадзе С. С. Гидродинамика газожидкостных систем. — М: Энергия, 1976.
10. Положительное решение по заявке № 2006137502 на патент РФ с приоритетом от 23.10.2006. Способ определения физико-химических свойств жидкостей / М. Н. Баршутина, Д. М. Мордасов, М. М. Мордасов.

А. Г. Гудзь, Ю. Г. Сосулин

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ ЗА ПРЕГРАДОЙ**

В последнее время проявляется большой интерес к использованию радиолокационных методов в задачах, когда наблюдаемым объектом является человек. Одна из таких задач связана с созданием радиолокационных систем (РЛС), которые используются для обнаружения и диагностики человека, находящегося за каким-либо препятствием (стеной).

Наблюдение через стену включает обнаружение людей, определение их количества, местонахождения, занятости и др. Многообразие конечной цели наблюдения порождает различные технические методы решения проблемы. Данная работа направлена на разработку РЛС, осуществляющей

обнаружение неподвижных людей и движущихся объектов; идентификацию движущегося объекта (получение информации о том, является ли он человеком или нет); определение местоположения целей, обнаруженных за преградой.

Учитывая разнообразие решаемых задач, в качестве зондирующих предлагается использовать сигналы двух типов — импульсный и непрерывный.

Применение сверхширокополосного видеоимпульсного сигнала наносекундной или субнаносекундной длительности обеспечит разрешение по дальности порядка единиц — десятков сантиметров.

Факт нахождения людей в помещении можно установить по наличию в спектре отраженного от них сигнала составляющих, соответствующих частотам колебания грудной клетки (обусловленных дыханием) и сердечной мышцы. На практике показано, что амплитуда сигнала, полученного в результате сердцебиения человека, примерно в 25 раз меньше амплитуды сигнала дыхания. Это обусловлено гораздо большей площадью грудной клетки по сравнению с площадью сердца. Поэтому обнаружение неподвижных людей будет производиться по сигналам дыхания [1, 2, 3].

Импульсный сигнал хорошо подходит для выявления неподвижных людей, движущихся объектов и определения их координат. Однако он не дает возможности определить, является ли движущийся объект живым человеком, а не чем-либо другим, например тележкой, роботом и т. д.

Поясним это утверждение.

Выявление в составе принятого отраженного сигнала гармоник, соответствующих частоте дыхания человека, целесообразно производить посредством его спектрального анализа при помощи алгоритма ДПФ (БПФ).

Для выявления в спектре сигнала, поступившего на вход приемника, гармоник квазипериодического сигнала дыхания необходимо наблюдать за человеком в течение некоторого времени, чтобы он сделал несколько дыхательных движений.

Частота дыхания человека изменяется в достаточно узком диапазоне. Один дыхательный цикл у человека в состоянии покоя длится 3–5 с в зависимости от индивидуума, т. е. частота дыхания составляет 0,2–0,33 Гц. При ходьбе и физической работе частота дыхания увеличивается и может достигать 0,8 Гц [4]. Спектральное разрешение должно обеспечить возможность установить: от неподвижного или от идущего человека получен анализируемый сигнал дыхания.

Наиболее приемлемым для анализа сигнала дыхания представляется спектральное разрешение не хуже 0,1 Гц.



Как известно (см. например [5]), спектральное разрешение приближенно равно величине, обратной интервалу времени наблюдения сигнала, поэтому время наблюдения за человеком, т. е. время накопления отраженного от него сигнала, должно составлять не менее 10 с. За это время движущийся объект может покинуть элемент разрешения по дальности, в котором был обнаружен, т.к. скорость его движения в помещении может достигать 3 м/с. Дальнейшее накопление импульсного сигнала, которое должно производиться в каждом канале дальности, в таком случае не представляется возможным.

Поэтому для идентификации движущегося объекта предлагается использовать непрерывный сигнал частотой порядка 1–3 ГГц. При таком сигнале отсутствует разрешение по дальности, поэтому появляется возможность непрерывного наблюдения за движущимся человеком. То есть становится возможным накопление сигнала в течение 10 с и более и последующее выделение сигнала дыхания.

Факт движения за преградой устанавливается посредством процедуры череспериодной компенсации (ЧПК). Поясним ее суть.

На первом этапе процедуры выявить движение невозможно. Принятый каждой приемной антенной отраженный сигнал оцифровывается и записывается в память предусмотренного для этого ОЗУ.

На втором этапе (через интервал времени, равный периоду межобзорной компенсации) отраженный сигнал также оцифровывается и записывается в память. Кроме того, из него вычитается сигнал, полученный на первом этапе процедуры. Необходимо отметить, что вычитание производится в каждом канале дальности. Результат вычитания представляет собой радиолокационное изображение исследуемого пространства, где удалена информация о неподвижных объектах, а движение характеризуется остаточными сигналами. Эти сигналы можно обнаружить автоматически путем пороговой обработки.

Если какие-либо цели обнаружены, необходимо определить их местоположение. Для этого можно использовать суммарно-дальномерный метод. Метод позволяет определять две координаты цели на плоскости только по суммарным дальностям от цели до передающих и приемных позиций. Положение цели определяется как точка пересечения двух эллипсов, соответствующих двум измеренным значениям суммарных дальностей.

При использовании данного метода возможно появление ложных целей.

Поясним данное утверждение на примере, когда имеются две цели.

На рис. 1 только *A* и *B* — реальное местоположение целей. При ис-

пользовании эллиптического метода для двух приемных позиций «Прм 1» и «Прм 2» точки пересечения эллипсов  $A'$  и  $B'$  были бы также приняты за реальные объекты. Решение состоит в том, чтобы добавить еще одну приемную позицию (Прм 3). Хотя это и дает новые ложные цели  $A''$  и  $B''$ , все ложные цели  $A'$ ,  $B'$ ,  $A''$  и  $B''$  представляют собой точки пересечения двух эллипсов, в то время как реальные цели  $A$  и  $B$  — трех [6]. Это отличие можно использовать для подавления ложных целей.

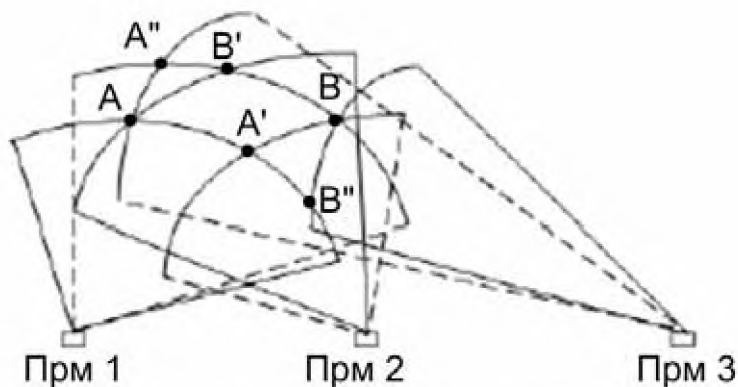


Рис. 1. Появление ложных целей

Руководствуясь данными соображениями, для решения задачи определения положения нескольких целей в системе следует предусмотреть некоторую избыточность. Например, ввести в ее состав одну или несколько дополнительных приемных позиций.

Следует, однако, отметить, что из-за погрешностей измерения дальностей линии положения целей (эллипсы) будут определены не точно, что приведет к «размытию» целей на радиолокационном изображении и усложнению проблемы устранения неоднозначности определения местоположения.

В рассматриваемой РЛС целесообразно использовать антенную систему, в состав которой входит одна передающая и несколько приемных антенн.

В качестве примера рассмотрим задачу определения местоположения целей с помощью антенной системы, в состав которой входит одна передающая и четыре приемные антенны, расположенные на одной линии. РЛС имеет четыре приемные позиции, что в соответствии с описанным методом подавления ложных целей должно дать возможность определять однозначно местоположение трех целей на плоскости.

Суммарное расстояние для  $l$ -й цели и  $m$ -й приемной антенны:

$$R_{\Sigma}^{l,m} = r_{0,m} + r_{l,m},$$

где  $r_{0,m}$  — расстояние от передающей позиции до  $l$ -й цели;  $r_{l,m}$  — расстоя-

ние от  $l$ -й цели до  $m$ -й приемной позиции.

Зная суммарное расстояние до  $l$ -й цели, для каждой  $m$ -й приемной антенны можно построить  $l$  эллипсов; общее число эллипсов составляет  $l \cdot m$ .

В рассматриваемой задаче эллипс есть не что иное, как линия положения цели, его фокусы — приемная и передающая позиции, а сумма фокальных радиусов — суммарная дальность.

В данном случае каноническое уравнение эллипса, полученного для  $l$ -й цели и  $m$ -й приемной антенны, имеет вид

$$\frac{(x - m\frac{d}{2})^2}{\left(\frac{R_{\Sigma}^{l,m}}{2}\right)^2} + \frac{y^2}{\left(\frac{R_{\Sigma}^{l,m}}{2}\right)^2 - \left(m\frac{d}{2}\right)^2} = 1,$$

где  $d$  — расстояние между антеннами.

Для каждой из  $l$  целей должно быть построено  $m$  линий положения. В нашем случае для каждой из трех возможных целей строится четыре эллипса, точка пересечения которых, полученная в декартовой системе координат с началом отсчета, соответствующим передающей позиции, будет показывать положение цели.

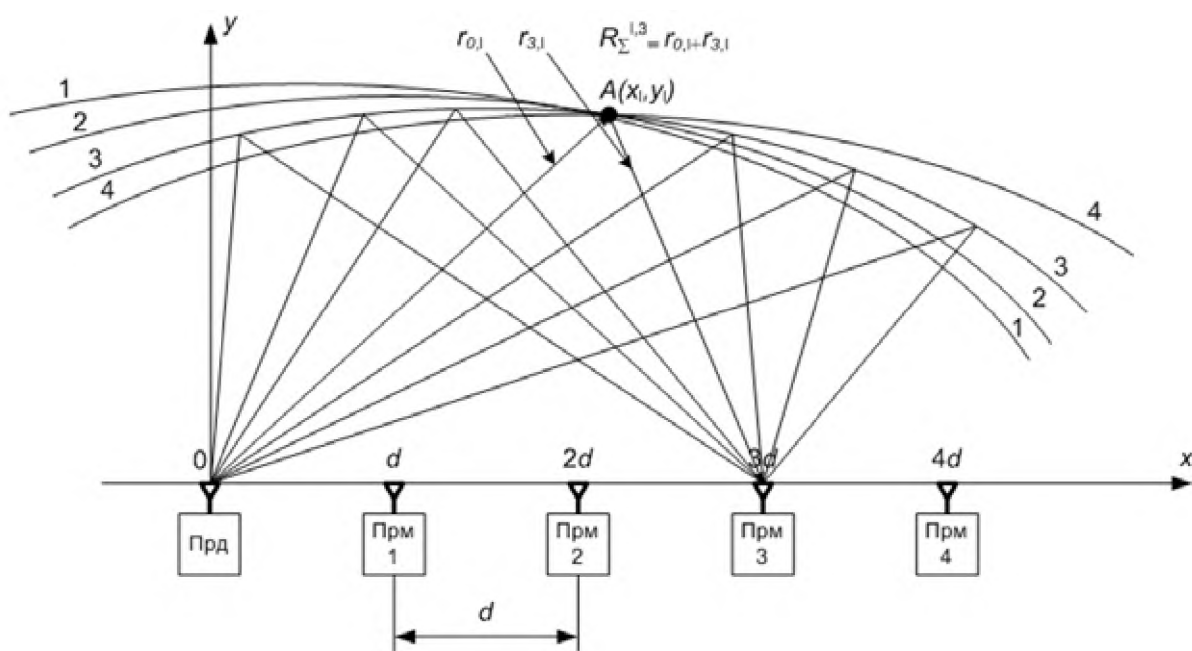


Рис. 2. Антенная система и линии положения

Точка пересечения эллипсов определяется путем решения системы из  $m$  уравнений, каждое из которых представляет собой уравнение эллипса. Решением, удовлетворяющим условию задачи, будут две точки пересечения всех четырех эллипсов. При этом решение, для которого  $y < 0$ , отбрасывается, т. к. данная область соответствует задней полусфере антенн. Получим единственную точку  $A(x_l, y_l)$ , характеризующую местоположе-

ние  $l$ -й цели (рис. 2).

Структурная схема предлагаемой РЛС представлена на рис. 3. Двойные линии соответствуют цифровому сигналу, а одинарные — аналоговому.

РЛС является комбинацией двух устройств: формирования, приема и обработки импульсного (блоки 1–11) и непрерывного (блоки 12–21) сигналов.

Приемная часть первого устройства должна иметь несколько идентичных каналов, т.к. для анализа сигналов, полученных с каждой приемной антенны, требуется производить их параллельную обработку. Поэтому в схеме РЛС предусмотрен многоканальный приемник, число каналов которого соответствует числу приемных антенн. Каждый канал приема и обработки сигнала содержит одинаковые блоки 4–11.

Поясним назначение некоторых блоков структурной схемы.

**УМ** (блоки 2, 4, 14, 16) — усилитель мощности.

**АЦП** (блок 5) — аналого-цифровой преобразователь с высокой (сотни МГц – единицы ГГц) частотой дискретизации. Использование такого АЦП дает возможность избежать промежуточных преобразований сигнала, т. е. уйти от необходимости использования сложного приемного устройства. При необходимости понижения частоты дискретизации может производиться стробоскопическое преобразование сигнала с помощью стробоскопического приемника, который в таком случае должен быть предусмотрен в устройстве.

**ФНЧ** (блоки 7 и 19) — цифровой фильтр нижних частот. Служит для ограничения полосы отраженного сигнала до значения от 0 до 1 Гц, что должно облегчить его дальнейший анализ.

**Блок пороговой обработки** (блок 11) предназначен для выявления неподвижных людей путем пороговой обработки спектра накопленной последовательности цифровых отсчетов и обнаружения движущегося объекта путем пороговой обработки отсчетов разностного сигнала, получаемого с выхода блока ЧПК. Блок пороговой обработки (блок 21) служит для выявления сигнала дыхания в составе непрерывного зондирующего сигнала. Значение порогов задается исходя из допустимого уровня вероятности ложной тревоги.

**ГВЧ** (блок 12) — генератор высокой частоты.

**УмЧ** (блок 13) — умножитель частоты.

Амплитудный или фазовый детектор (блок 17) предназначен для выделения колебания, модулирующего соответственно амплитуду или фазу принятого сигнала, по частоте изменения которых можно судить о наличии за преградой дышащего человека. При этом, если используется фазо-

вый детектор, опорным колебанием для него служит сигнал умножителя частоты. При необходимости перед детектированием может быть произведено понижение частоты сигнала с помощью преобразователя частоты, который в таком случае должен быть предусмотрен в устройстве после усилителя мощности (блок 16).

Блок определения местоположения (блок 22) принимает данные от всех каналов обработки сигнала, на их основе вычисляет координаты обнаруженных целей с помощью суммарно-дальномерного метода. Также блок принимает от блока пороговой обработки 21 данные о природе движущегося объекта и отождествляет их с его координатами.

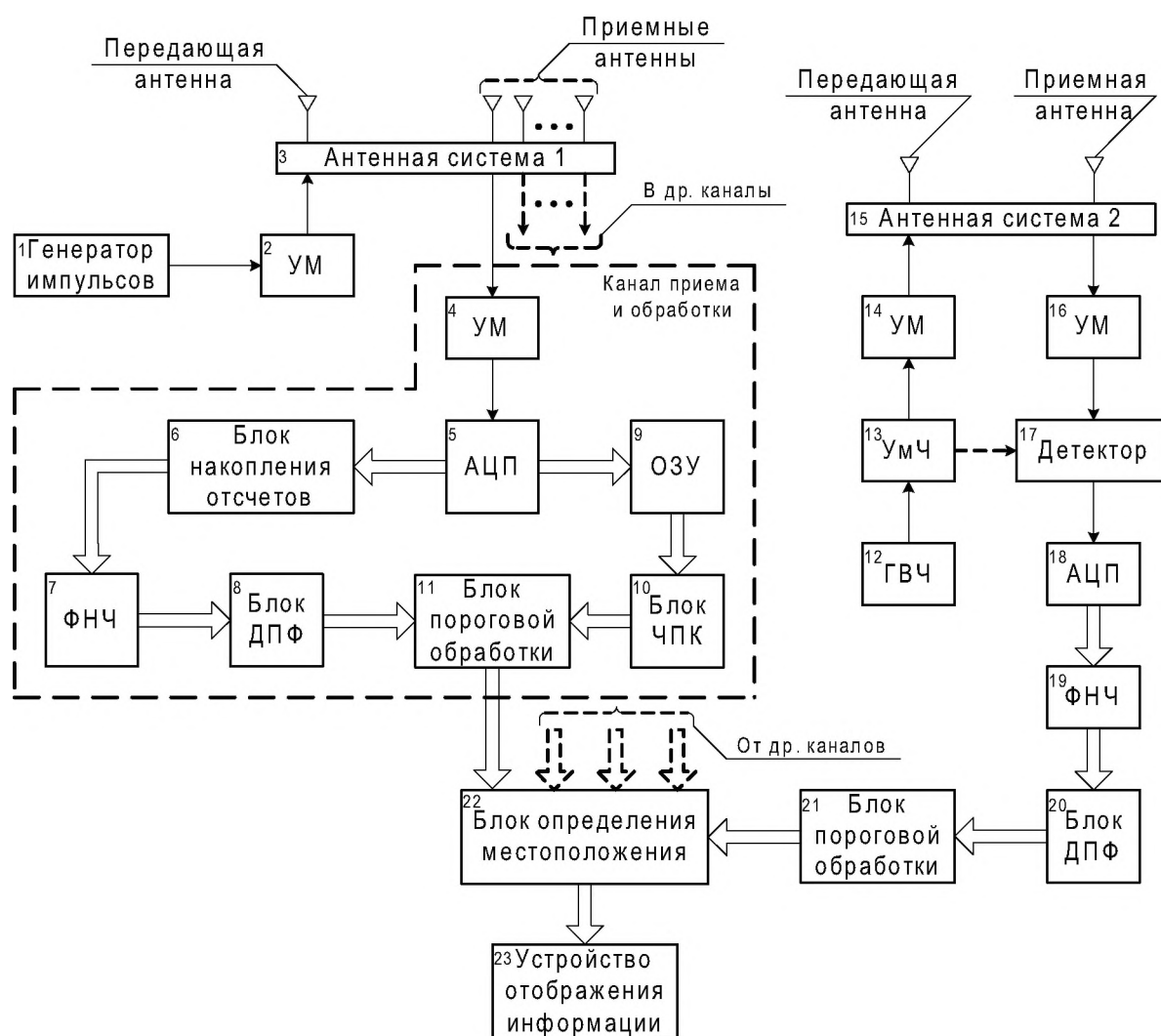


Рис. 3. Структурная схема РЛС

#### Библиографический список

1. Бугаев А. С., Васильев И. А., Ивашов С. И., Чапурский В. В. Радиолокационные методы выделения сигналов дыхания и сердцебиения // Радиотехника и электроника, 2006. № 10.

2. Бугаев А. С., Васильев И. А., Ивашов С. И., Разевиг В. В., Шейко А. П. Обнаружение и дистанционная диагностика людей за препятствиями с помощью радиолокационных средств // Радиотехника. 2003. № 7.
3. Сосулин Ю. Г., Трусов В. Н., Черемушкин П. В. Обнаружение человека за стеной многоканальным радиолокатором // Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А. С. Попова. Сер. «Цифровая обработка сигналов и ее применение» (DSPA 2007).
4. Физиология человека / Под ред. Г. И. Косицкого. — М.: Медицина, 1985.
5. Марпл-мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. — М.: Мир, 1990.
6. Wang Zhiguo, Li Xi, Fei Yuanchun. Moving Target Position with Through-Wall Radar. // Department of Electronic Engineering, Beijing Institute of Technology.

С. А. Гагарин

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ С ТРЁХФАЗНЫМ ВЕНТИЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСИММЕТРИЧНО-ДИАГОНАЛЬНОГО МЕТОДА КОММУТАЦИИ**

Снизить энергопотребление и увеличить время автономной работы цифрового следящего привода (ЦСП) можно, сократив дополнительные потери мощности, связанные с использованием импульсного управления вентильным двигателем (ВД), входящим в состав ЦСП. Поэтому разработка метода коммутации ключевыми элементами (КЭ), характеризуемого минимальными дополнительными потерями мощности, отсутствием сквозных токов, линейностью механических и регулировочных характеристик и обеспечивающего работу привода во всех четырёх квадрантах, является актуальной задачей.

В данной работе приводятся управляющие булевы функции (УБФ) для комбинированного несимметрично-диагонального метода коммутации и рассматривается его влияние на статические и динамические характеристики, а также на дополнительные потери мощности в мехатронном модуле на базе трёхфазного ВД. Получение статических и динамических характеристик, а также дополнительных потерь мощности в трёхфазном ВД осуществлялось с помощью программного комплекса *ICRC*, который впервые был представлен в [2]. За основу для разработки компьютерной модели

мехатронного модуля была взята модель, представленная в [3], в которую были внесены изменения, связанные с необходимостью работы в составе программного комплекса. Оценка достоверности полученных при компьютерном моделировании результатов производилась посредством проведения натурных экспериментальных исследований лабораторного макета мехатронного модуля.

С целью автоматизации формирования кода управления была разработана программа *Code generator*, позволяющая задавать и передавать код управления в двоичном виде через параллельный LPT порт персонального компьютера.

**Логические переменные и управляющие булевы функции.** Сущность несимметрично-диагонального метода коммутации состоит в том, что подключение фаз ВД к источнику питания осуществляется за счёт открытия одного верхнего и одного нижнего КЭ, расположенных в разных стойках импульсного усилителя мощности (ИУМ), а отключение — с помощью одного из этих КЭ. Такая последовательность переключения КЭ обеспечивает отсутствие сквозных токов при нереверсивном вращении.

Минимально-необходимое число логических переменных, необходимых для реализации данного метода, равно пяти:  $DR$  — требуемое направление вращения;  $H_1, H_2, H_3$  — текущее положение ротора;  $SP$  — широтно-импульсный сигнал (ШИС), скважность которого ( $\gamma$ ) определяет требуемую скорость вращения. Математическое описание данных логических переменных приведено в [3]. Математические выражения УБФ для несимметрично-диагонального метода имеют следующий вид:

$$\begin{cases} U_1 = DRH_2\bar{H}_3 \vee \overline{DRH_2H_3} \vee H_1H_2H_3 \vee \overline{H_1H_2H_3}, \\ U_2 = \overline{DRH_2H_3}SP \vee DR\bar{H}_2H_3SP, \\ U_3 = DR\bar{H}_1H_3 \vee \overline{DRH_1\bar{H}_3} \vee H_1H_2H_3 \vee \overline{H_1H_2H_3}, \\ U_4 = \overline{DRH_1H_3}SP \vee DRH_1\bar{H}_3SP, \\ U_5 = DRH_1\bar{H}_2 \vee \overline{DRH_1H_2} \vee H_1H_2H_3 \vee \overline{H_1H_2H_3}, \\ U_6 = \overline{DRH_1\bar{H}_2}SP \vee DR\bar{H}_1H_2SP. \end{cases}$$

**Программирование цифровой системы управления.** Лабораторный макет мехатронного модуля состоит из трёхфазного синхронного двигателя (в качестве которого использован двигатель ДБМ40-0.025-4-3); датчика положения ротора (ДПР) на основе трёх цифровых датчиков Холла; платы цифровой системы управления (ЦСУ) и платы ИУМ. Формирование УБФ на основе кода управления, поступающего из персонального компьютера, и информации от цифрового ДПР осуществляется в ЦСУ, логика которой реализована в программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС).

В данной работе в качестве системы проектирования была выбрана

программа *MAX+plus II* фирмы *ALTERA*, учитывающая архитектурные особенности ПЛИС данной фирмы; входное описание проекта было осуществлено с помощью языка *AHDL*. Идеология описания проекта, реализующего логику ЦСУ, соответствует схеме, изображённой на рис. 1. Входными для ЦСУ являются сигналы ДПР и код управления, поступающий из ПК в виде семиразрядного двоичного кода (*DATA*), а выходными — сигналы УБФ ( $U_6, U_5, U_4, U_3, U_2, U_1$ ).

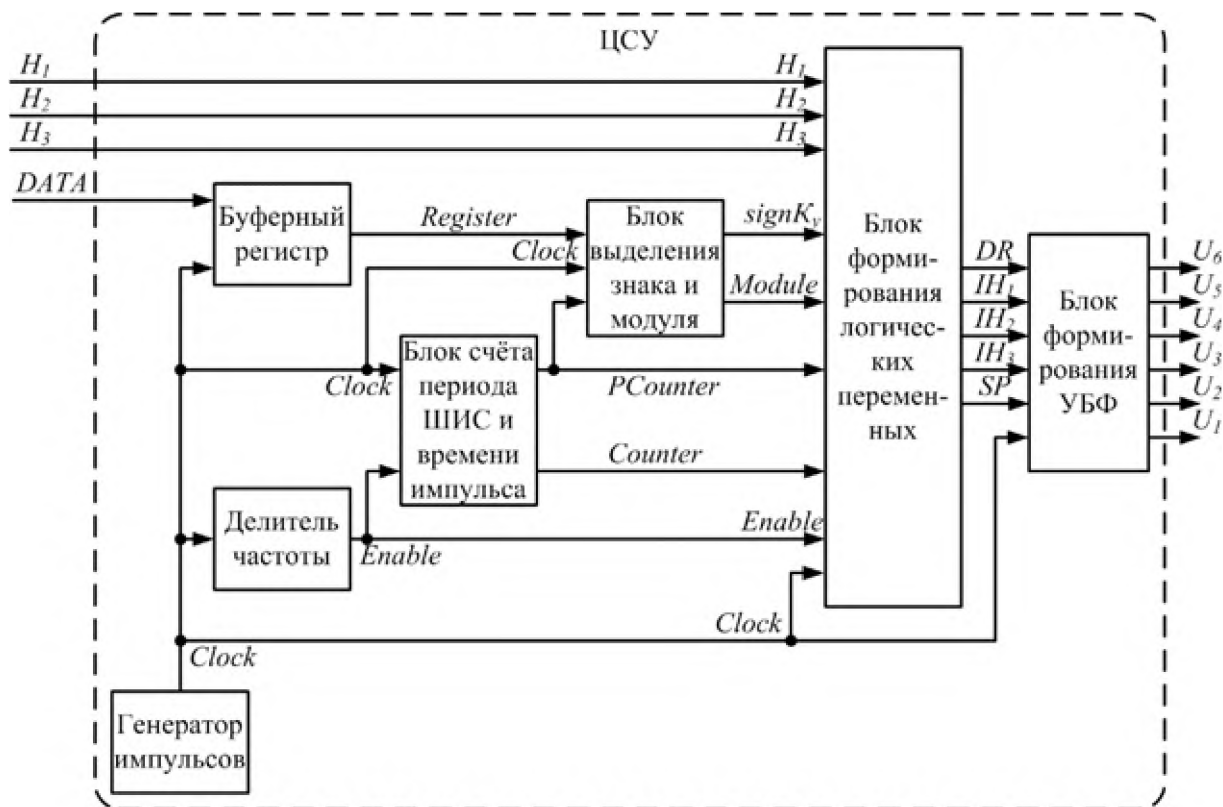


Рис. 1. Структура ЦСУ

Работа ЦСУ при несимметрично-диагональном методе изображена на рис. 2.

Данный проект использует 85 % от всех ресурсов микросхемы, занимая 55 логических ячеек и 20 логических расширителей. Временной анализ, проведённый с помощью программного модуля *Timing Analyzer*, показал, что для сохранения работоспособности ЦСУ частота тактового сигнала не должна превышать 43,47 МГц.

В результате программирования была получена ЦСУ, содержащая алгоритм вычисления УБФ согласно несимметрично-диагональному методу коммутации КЭ ИУМ.

**Результаты экспериментальных исследований лабораторного макета мехатронного модуля.** На рис. 3 показана логическая переменная *DR* (канал 1) и сигналы ДПР (каналы 2, 3 и 4) в момент реверса ВД.



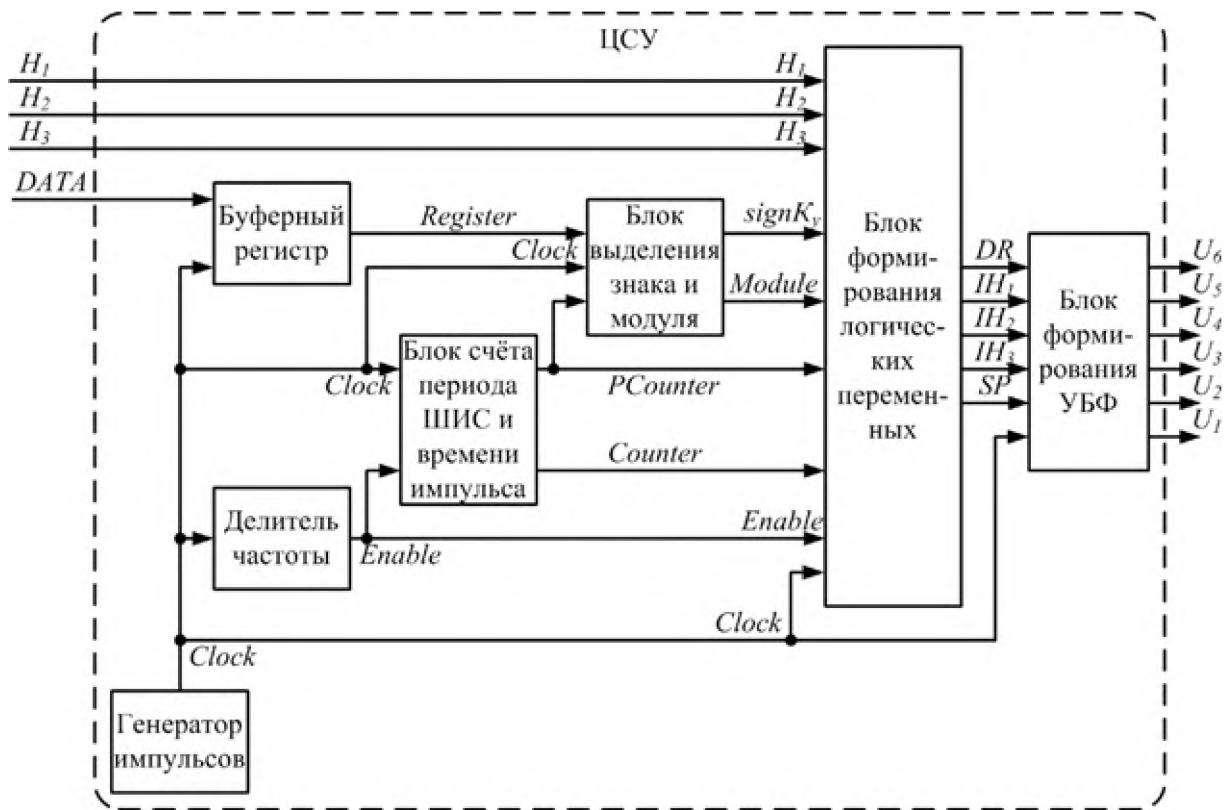


Рис. 2. Результаты моделирования работы ЦСУ

Изменение направления вращения ротора происходит в момент смены последовательности сигналов ДПР с  $H_1H_2H_3$ : 100, 110, 010, 011, 001, 101 на  $H_1H_2H_3$ : 100, 101, 001, 011, 010, 110.

Логическая переменная  $DR$ , сигналы ДПР и ШИС определяют значения УБФ в любой момент времени. На рис. 4 показаны сигналы ДПР (каналы 2, 3 и 4) и УБФ в одной стойке (каналы А и В) при  $DR = 0$  и  $\gamma = 0,5$ .

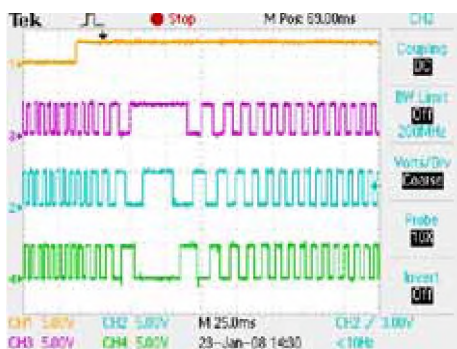


Рис. 3. Сигналы ДПР в момент реверса

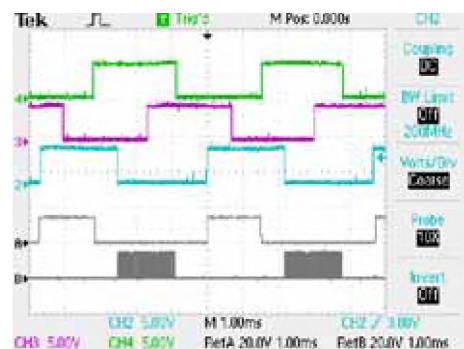
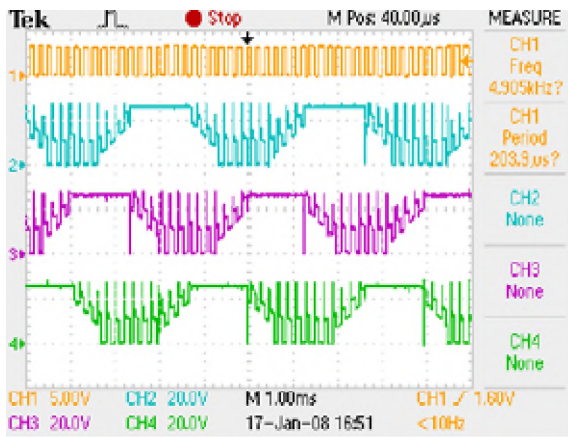
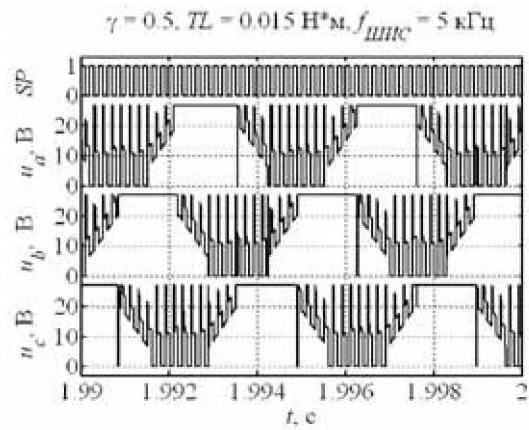


Рис. 4. Сигналы ДПР и УБФ при  $\gamma = 0,5$

Фазные напряжения относительно «земли», полученные в результате эксперимента (рис. 5, а), качественно совпадают с напряжениями, полученными с помощью компьютерной модели (рис. 5, б).



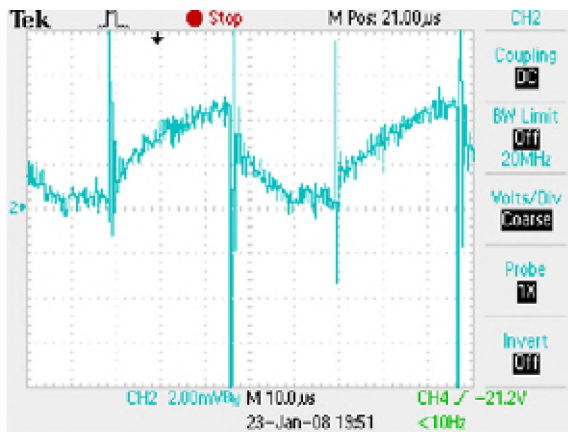
a)



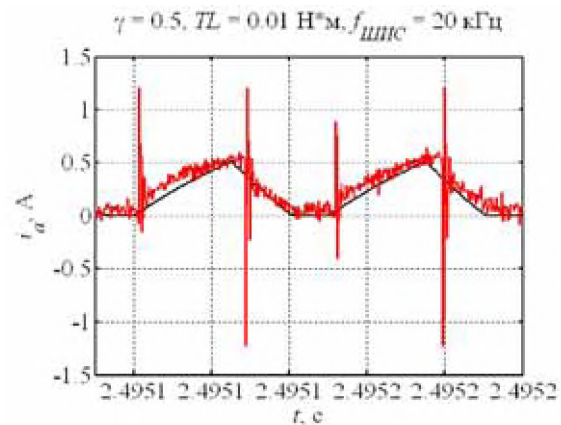
б)

Рис. 5. Широтно-импульсный сигнал и фазные напряжения относительно «земли» ( $\gamma = 0,5$ ): *a* – экспериментальные данные; *б* – результаты компьютерного моделирования

Фазный ток, полученный в результате эксперимента (рис. 6, *a*), качественно и количественно совпадает с фазным током, полученным с помощью компьютерной модели (рис. 6, *б*). В обоих случаях фазный ток имеет прерывистый характер, что обуславливает нахождение ВД на периоде ШИС в двух режимах работы: в двигательном режиме работы и в режиме прерывистых токов.



a)



б)

Рис. 6. Фазный ток ( $\gamma = 0,5$ ): *a* – экспериментальные данные; *б* – сравнение экспериментальных и полученных при компьютерном моделировании данных

Из приведённых рисунков следует, что различие между результатами компьютерного моделирования и экспериментальными характеристиками при  $\gamma = 0,5$  лежит в пределах 10 %.

Качественное и количественное совпадение характеристик, полученных при компьютерном моделировании и в результате эксперимента, свидетельствует о достоверности моделирования физических процессов, происходящих в мехатронном модуле, и пригодности компьютерной модели для получения статических и динамических характеристик, а также дополнительных потерь мощности.

**Статические и динамические характеристики.** На рис. 7 изображены переходные процессы по скорости вращения ротора ВД ( $\Omega$ ) при различной скважности, постоянной частоте ШИС ( $f_{\text{ШИС}} = 7$  кГц) и нулевом статическом моменте нагрузки  $TL = 0$  Н·м. В связи с наличием зоны прерывистых токов при несимметрично-диагональном методе коммутации время переходных процессов зависит от скважности ШИС, увеличение которой приводит к уменьшению времени переходных процессов. Средняя скорость холостого хода не зависит от скважности ШИС и равна скорости холостого хода при  $\gamma = 1$ .

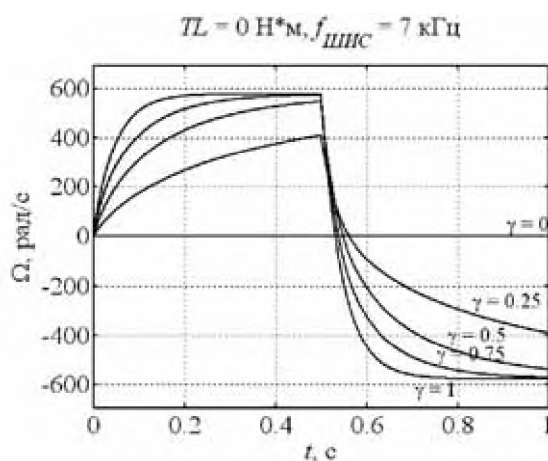


Рис. 7. Разгонные характеристики

Механические и регулировочные характеристики ВД в случае несимметрично-диагонального метода изображены на рис. 8 и рис. 9. Вследствие наличия зоны прерывистых токов механические и регулировочные характеристики нелинейные. При  $\gamma < 1$  и помогающей нагрузке  $TL < 0$  Н·м) ВД через точку холостого хода ( $\Omega_{\text{х.х}}$ ) переходит в генераторный режим, который соответствует генераторному режиму при  $\gamma = 1$ .

Ширина зоны прерывистых токов, обозначенная на рис. 8 пунктирной линией, зависит от частоты ШИС, с увеличением которой ширина зоны уменьшается. Нулевая ширина зоны прерывистых токов соответствует частоте ШИС, равной бесконечности.

**Оценка дополнительных потерь мощности.** Особенностью несимметрично-диагонального метода коммутации является то, что

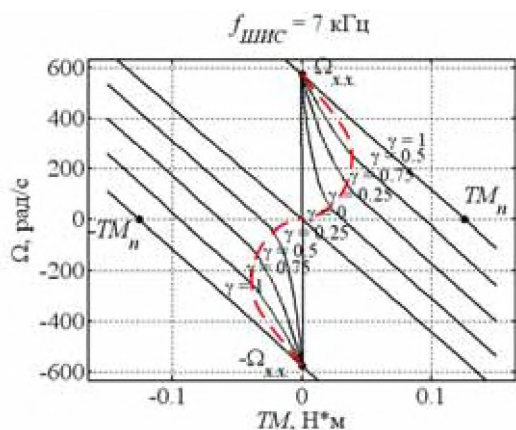


Рис. 8. Механические характеристики

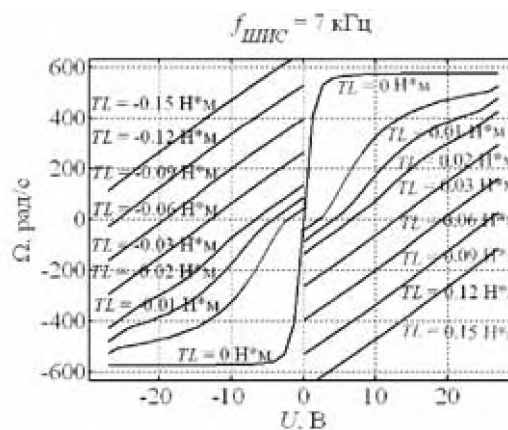


Рис. 9. Регулировочные характеристики

при использовании данного метода дополнительные потери мощности нелинейно зависят от статического момента нагрузки, поэтому возникает необходимость перехода от исследования дополнительных потерь мощности на плоскости к их представлению в виде поверхности в трёхмерном пространстве. С целью сравнения дополнительных потерь мощности при несимметрично-диагональном методе коммутации с дополнительными потерями при ранее известных методах на рис. 10 в одних координатных осях изображены поверхности дополнительных потерь мощности при несимметрично-диагональном (тёмная поверхность) и несимметричном методах коммутации (светлая поверхность).

Максимум дополнительных потерь при несимметрично-диагональном методе коммутации имеет место при  $\gamma = 0,5$  и  $TL = 0,024$  Н·м и составляет 3,2 Вт, что при  $f_{ШИС} = 7$  кГц на 14 % больше максимальных дополнительных потерь мощности при несимметричном методе.

Существование зон, в которых дополнительные потери мощности при несимметрично-диагональном методе коммутации ( $\Delta P_{ADU}$ ) больше и меньше дополнительных потерь при несимметричном методе ( $\Delta P_{AU}$ ), обусловлено наличием зоны прерывистых токов, которая при несимметрично-диагональном методе коммутации приводит к зависимости амплитуды пульсаций токов в обмотках якоря от статического момента нагрузки и отсутствию генераторного режима работы ВД на периоде ШИС.

Вне области прерывистых токов характеристики ВД при несимметрично-диагональном и несимметричном методе коммутации идентичны.

**Выводы.** Получены выражения УБФ для несимметрично-диагонального метода, взятые за основу при описании блока форми-



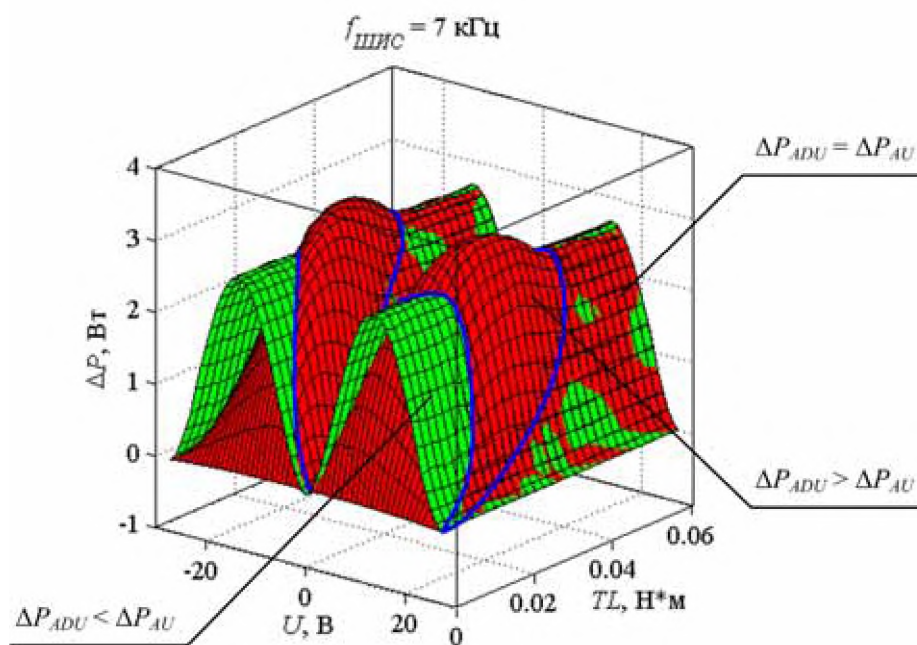


Рис. 10. Поверхности дополнительных потерь мощности при несимметричном и несимметрично-диагональном методах

рования УБФ модели ЦСУ.

Использование разработанного ранее программного комплекса *ICRC* наряду с пространственным представлением дополнительных потерь мощности позволило проанализировать влияние на их величину зоны прерывистых токов, вследствие которых несимметрично-диагональный метод имеет нелинейные механические и регулировочные характеристики, а также повышенные дополнительные потери мощности, на 14 % превосходящие соответствующие максимальные потери при несимметричном методе.

На языке описания цифровой аппаратуры *AHDL* реализован проект ЦСУ с полученными УБФ и выполнено программирование ПЛИС.

Разработана программа *Code generator*, автоматизирующая формирование кода управления при экспериментальных исследованиях.

Получены экспериментальные данные: цифровые сигналы (логические переменные и УБФ), а также эпюры фазных токов и фазных напряжений относительно «земли». Экспериментальные данные совпали с точностью до 10 % с результатами компьютерного моделирования и подтвердили теоретические положения.

В связи с вышеперечисленными недостатками, несмотря на отсутствие сквозных токов при нереверсивном вращении, несимметрично-диагональный метод не рекомендуется применять в ЦСП.

## Библиографический список

1. Гагарин С. А. Исследование режимов работы двигателя постоянного тока при импульсном управлении с использованием Simulink / Компьютерное моделирование 2006: Труды Международной научно-технической конференции. — СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2006.
2. Гагарин С. А., Кривилёв А. В. Программный комплекс для определения дополнительных потерь мощности в вентильном двигателе / Известия ТулГУ. Сер. Вычислительная техника. Информационные технологии. Системы управления. Вып. 3. Системы управления. Т. 1. — Тула: Изд-во ТулГУ, 2006.
3. Кривилёв А. В. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. — М. 2002.
4. Проблемы совершенствования робототехнических и интеллектуальных систем летательных аппаратов. Сборник докладов V Всероссийской научно-технической конференции. — М.: Изд-во МАИ, 1999.

Д. Г. Коломин, М. С. Чепчуров

*Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова*

### **БЕСКОНТАКТНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ**

В области контроля шероховатости сформировалась тенденция к использованию бесконтактных методов [1]. Эти методы основаны на применении способов идентификации профиля обработанной поверхности. Среди существующих разработок следует отметить работы российского ученых Владимирского государственного университета, Харьковского Национального университета радиоэлектроники. За рубежом проблемами контроля шероховатости занимаются ученые: W. T. Walford «Noncontacting Measurement of Surface Roughness», McCool J. I. «Assessment of the Effect of Stylus Tip Radius and Flight on Surface Topography Measurements» и многие другие. Скоростная оптическая система измерения шероховатости предложена немецкой компанией *EMG* и *Mitutoyo*. Среди выпускаемого оборудования можно выделить прибор фирмы *ZYGO*, позволяющий идентифицировать и анализировать микропрофиль исследуемой поверхности. Но, к сожалению, предложенные методы не позволяют реализовать автоматическое устройство контроля шероховатости для применения в промышленности.

Для оценки шероховатости согласно ГОСТ 2789-73 требуется измерять размеры элементов величины микропрофиля оцениваемой поверхности: высоту впадин, высоту вершин, базовую длину микропрофиля поверхности. Учитывая порядок размеров перечисленных геометрических элементов, следует учесть трудности при выполнении этих измерений. Именно очень малые размеры элементов микрогеометрии создают трудности в выполнении бесконтактных измерений. Для разработки метода идентификации следует определиться с идентифицируемым параметром.

В одной из работ А. А. Потапова [2] содержится замечание о том, что “поверхности, обработанные традиционными методами подчиняются законам Евклидовой геометрии”. Это же в полной мере можно отнести к профилю поверхности, получаемому токарной обработкой (рис. 1).

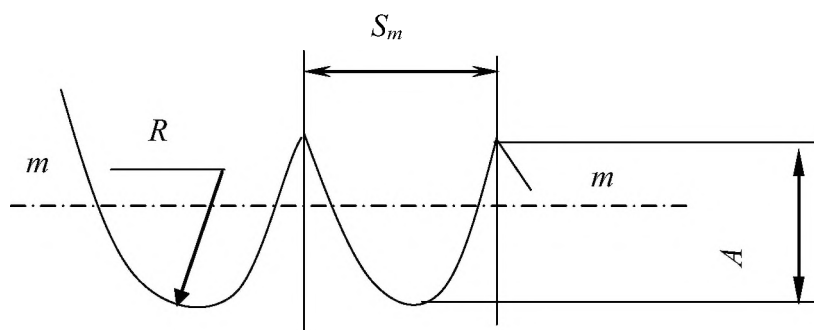


Рис. 1. Микропрофиль поверхности при токарной обработке

В формировании микропрофиля поверхности участвует, главным образом, радиус при вершине резца, скопированный на профиль в виде  $R$ . Из рис. 1 видно, что при известных значениях геометрии режущего инструмента можно вычислить элементы микропрофиля. Но геометрия режущей части инструмента подвержена износу, и поэтому присутствует только теоретическая возможность вычисления элементов микропрофиля. В то же время, согласно ГОСТу, возможна идентификация микронеровностей по величине шага, хотя предпочтительным является определение величины шероховатости по величине вершин и впадин на базовой длине. Но, если рассмотреть вопрос вычисления высоты или глубины впадин, то потребуется производить привязку идентификации профиля поверхности с нескольких точек, при этом требуется какой-либо эталон меры или наличие оптического прибора с соответствующей шкалой. Измерение микропрофиля с нескольких точек весьма затруднительно, достоверность вычисленных значений параметров микропрофиля ставится под сомнение, так как ввиду очень небольших размеров элементов микропрофиля проявляется погрешность в выполнении измерений. Если проанализировать фотоснимки увеличенной поверхности после токарной обработки, то мож-

но обнаружить, что на них явно прослеживается чередование темных и светлых полос, при этом содержится плавный переход от темных полос к светлым, показывающий переход от вершин к впадинам. Таким образом, явно прослеживается расположение микропрофиля поверхности, полученного токарной обработкой. При этом, учитывая плавность перехода, можно сделать заключение о наличии определенного шага в расположении темных и светлых полос, что вполне адекватно определяет параметр шероховатости, определённый ГОСТ 2789-73. Это — шаг микронеровностей. Если полученное изображение обработанной поверхности конвертировать в монохромное, то можно получить картину, представленную на рис. 2.

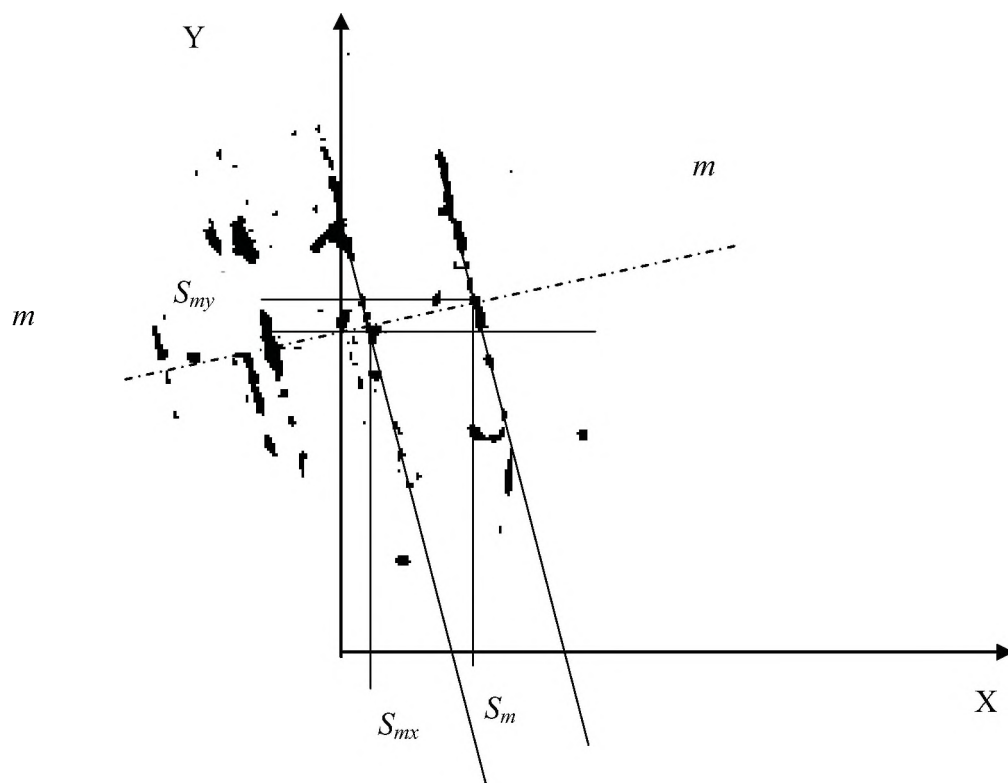


Рис. 2. Обработанное графическое изображение микронеровностей

На обработанном изображении явно можно идентифицировать шаг микронеровностей, хотя бы на одном из его участков. Замер расстояния между выбранными линиями позволяет определить величину этого шага в мкм. При проведении первых экспериментов по определению величины шага автор поступал следующим образом: получал распечатку изображения в масштабе 1:1, на нормали к выделенным микронеровностям определял величину шага в мм, а затем производил пересчёт его значения в мкм с учётом увеличения микроскопа. Достоверность измерений была проверена путём помещения рядом с образцом линейки с соответствующими насечками и последующим пересчётом расстояния между этими насечками в реальное значение. Подобная проверка показала достоверность выполня-



емых результатов измерений. Предложенная методика выполняет все требования стандарта по определению шероховатостей. Но чаще всего, особенно при выполнении автоматических измерений, отсутствует возможность построения нормали к гребням или впадинам микропрофиля. Однако, зная проекции шага микропрофиля на соответствующие координатные оси можно определить его величину:  $S_{mx} = S_m \cos \alpha$ ;  $S_{my} = S_m \sin \alpha$ . Это важное условие при разработке алгоритма идентификации шага микропрофиля поверхности.

При определении шага микропрофиля поверхности могут возникать различные трудности, связанные с наличием помех на изображении, вызванных различными факторами. Так, например, обработка разноконтрастных изображений одного и того же участка поверхность приводит к различным результатам (рис. 3). На рис. 3, *а* исходное изображение имеет высокую контрастность и светлые полосы четко чередуются со светлыми: на некоторых участках светлые полосы сливаются в одну. При нормальной контрастности (рис. 3, *б*) на изображении темные и светлые полосы чередуются равномерно, что позволяет достоверно идентифицировать шаг микропрофиля поверхности. При недостаточной контрастности наблюдается пропадание светлых полос (рис. 3, *в*), что затрудняет определение шага микронеровностей. При неравномерной освещенности наблюдается “засветка” изображения в виде сплошного белого пятна, т. е. на этом участке невозможно определить шаг микронеровностей. На этом же изображении наблюдается участок с равномерным чередованием темных и светлых полос, что позволяет произвести замер шага. В любом случае, при описанных помехах на изображении возможно выполнить замер величины шага, что позволяет сделать вывод о присутствии на изображении участков микропрофиля, позволяющих выполнить замер шага микронеровностей. Следует учесть, что на рис. 3 приведено изображение шлифованной поверхности, у которых шаг микронеровностей незначителен — 1,5 – 1 мкм. При токарной обработке шаг микронеровностей значительно выше, что значительно облегчает возможность определения шага микронеровностей и уменьшает погрешность.

Таким образом, идентификация микронеровностей по величине шага позволяет оценить шероховатость поверхности в соответствии с требованиями ГОСТа. Но для решения поставленной задачи требуется автоматическая идентификация шероховатости. Для реализации программной обработки данных необходимо определить алгоритм, выполняющий обработку данных.

Обработка изображения требует представить его в виде графического

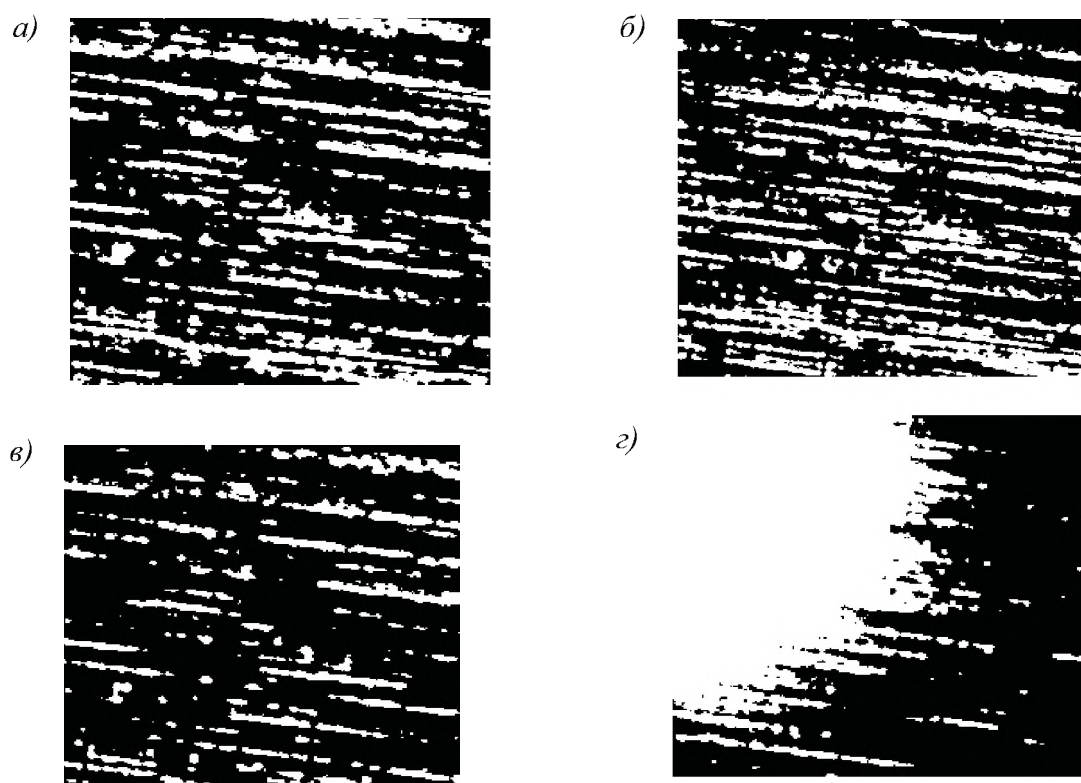


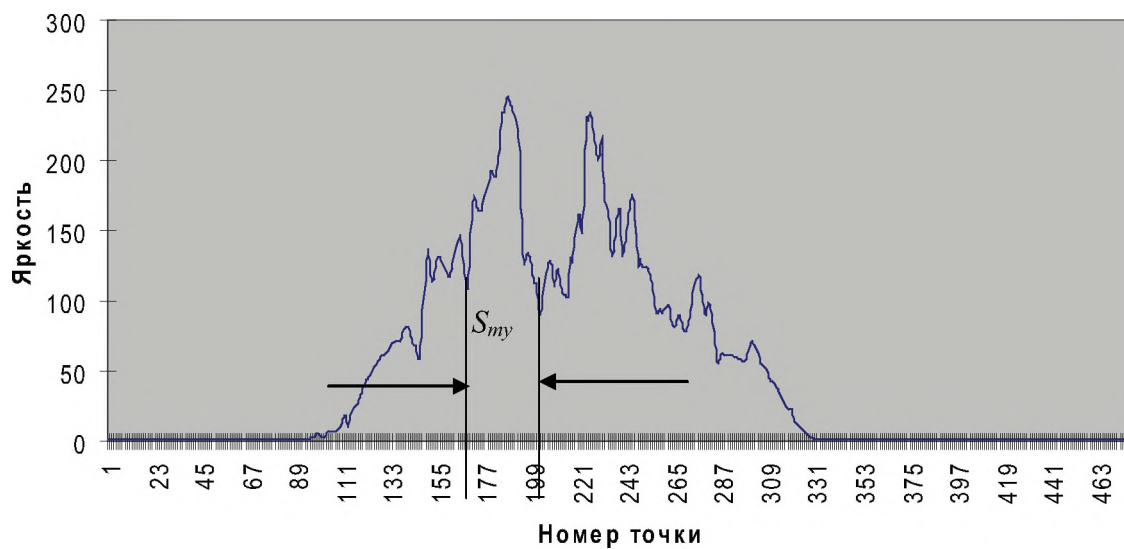
Рис. 3. Изображения поверхности: *а* — высокой контрастности; *б* — нормальной контрастности; *в* — низкой контрастности; *г* — с неравномерной освещённостью

файла определённого формата. Наиболее простым форматом, не требующим значительных преобразований, а главное, не вносящим искажения в исходное изображение, является формат bmp.

Для анализа изображения требуется последовательная построчная развертка графического изображения с учетом яркости каждой точки, при этом шаг развёртки также должен быть равным величине одной точки. Именно размер точки (пиксела) позволяет успешно определить конкретную величину шага микронеровностей. Например, изображение имеет разрешение 400 точек на дюйм, следовательно, размер одной точки будет составлять 0,0635 мм, а элемент изображения имеющий длину 20 точек, имеет реальную длину — 1,27 мм. При увеличении микроскопа  $\times 200$  реальный размер элемента составляет 0,00636 мм, что вполне приемлемо и более чем достаточно для определения шага микронеровностей поверхности.

На рис. 4 представлены графики изменения яркости по вертикали горизонтали. Поскольку наблюдается поворот изображения на угол  $\alpha$ , то расчёты должны производиться с учетом этого поворота. Для рис. 4, *а* можно определить величину шага, зная угол  $\alpha$ , но как раз этот угол и неизвестен. Следовательно, для его определения нужно знать величину шага по

а) Яркость точек по вертикали для столбца 249



б) Яркость точек по горизонтали для строки 189

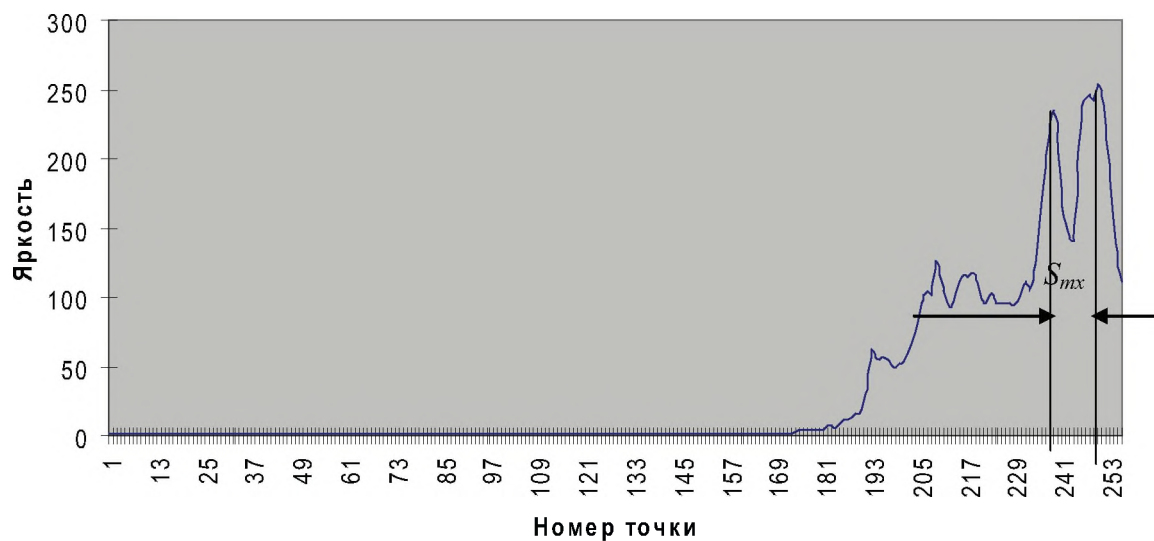


Рис. 4. Графики яркости: а — для столбца; б — для строки

горизонтали, тогда

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{S_{my}}{S_{mx}}.$$

На графиках явно прослеживаются пики, расстояние между которыми идентифицируют шаг микронеровностей по горизонтали и вертикали. Но для автоматического определения величины этого шага требуются соответствующие преобразования графиков, позволяющие однозначно определить этот шаг. Автор выполнял это преобразование с помощью Wavelet-функций, что позволило получить сигнал в виде последовательности прямоугольных импульсов, длительность которых определяет шаг.

Реализация прибора в виде комплекса аппаратных и программных средств, состоящего из видеопреобразователя, анализатора видеосигнала, wavelet-преобразователя, измерителя шага, при соблюдении определённых требований позволяет идентифицировать шероховатость обработанной поверхности.

#### Библиографический список

1. Handbuch der industriellen Meßtechnik herausgegeben von Professor em. Dr. Paul Profos ETH Zürich und Professor Dr.-Ing. Dr. h. c. Tilo Pfeifer RWTH Aachen 6., durchgesehene und korrigierte Auflage Mit 1015 Bildern und 135 Tabellen R.Oldenbourg Verlag München Wien, 1994.
2. Потапов А. А., Булавкин В. В., Герман В. А. и др. Исследование микрорельефа обработанных поверхностей с помощью методов фрактальных сигнатур // Журнал технической физики. 2005. Том 75. Вып. 5. С. 28-45.

# **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – ВАЖНЕЙШИЙ АСПЕКТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА**

М. В. Кириллов, М. В. Котельников

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА ВБЛИЗИ ЗАРЯЖЕННЫХ ТЕЛ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ В ПЛАЗМЕ**

Космический летательный аппарат (КЛА) впервые был запущен в СССР 50 лет назад. В настоящее время ряд стран имеют возможность запускать КЛА самого разнообразного назначения. Спутник движется в разреженной ионосферной плазме. Максимальная концентрация заряженных частиц достигается на высоте  $\approx 300$  км и составляет  $\approx 1,6 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-3}$ ; температура электронов на этой высоте  $\approx 2000$  К, ионов  $\approx 1400$  К. В этих условия средний пробег составляет  $\approx 50$  м, а дебаевский радиус экранирования  $r_D \approx 0,1 \dots 0,7$  см [1]. Скорость спутника зависит от высоты и равна первой космической скорости. Космическое тело, помещенное в плазму, приобретает отрицательный потенциал, около него формируется слой объемного заряда и далее – квазинейтральная возмущенная зона. Вследствие наличия направленной скорости параметры возмущенной зоны зависят не только от радиальной, но и от угловой координаты. Принято говорить о лобовой, боковой и теневой части возмущенной зоны, причем последняя вследствие влияния направленной скорости имеет форму удлинённого «хвоста», тянущегося за спутником. Значение параметров возмущенной зоны необходимо при проведении физических экспериментов на КЛА; при учете взаимодействия спутников с другими телами; при расчете процессов переноса из окружающей среды на спутник заряда, массы, импульса и энергии, а также в других задачах. Поскольку проведение натурных экспериментов, хотя и возможно, но обходится достаточно дорого, имеет смысл получить необходимую информацию о параметрах возмущенной зоны методами математического моделирования. При формулировании математической модели задачи были учтены следующие соображения.

1. Спутник, движущийся в ионосфере, можно рассматривать как электрический зонд, помещенный в поток разреженной плазмы и предназначенный для измерения ее параметров. Поэтому моделирование возмущенной зоны вблизи спутника целесообразно совместить с моделированием возмущенной зоны вблизи зонда. Варьируя потенциал зонда и вычисляя зондовый ток, можно получить вольтамперную характеристику, необходимую для расчета параметров плазмы.

2. Моделирование движения сферического спутника (или спутника сложной формы) требует решения шестимерной задачи в фазовом пространстве, что невозможно на ЭВМ средней мощности. Поэтому было выбрано тело цилиндрической формы, причем вектор направленной скорости располагается перпендикулярно оси цилиндра, а возможное внешнее магнитное поле — вдоль оси. Такое тело можно рассматривать как часть реального спутника или как элемент его конструкции. В такой постановке сохраняются все особенности возмущенной зоны, в то же время задача становится четырехмерной в фазовом пространстве, и для ее решения достаточно ресурсов ЭВМ на базе процессоров Intel Pentium–4. Кроме того, такое тело можно рассматривать как цилиндрический зонд, расположенный поперек потока.

Задача обтекания достаточно длинного цилиндра радиуса  $r_0$  и потенциала  $\varphi_0$  решается в декартовой системе координат  $(x, y, z, V_x, V_y, V_z)$ . Функции распределения частиц и потенциала самосогласованного электрического поля инвариантны относительно сдвига по оси  $z$ , расположенной вдоль оси цилиндра

$$\frac{\partial f_a}{\partial z} = \frac{\partial \varphi}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Поэтому зависимость от переменных  $z$  и  $V_z$  и математическая модель

принимает вид (2):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial f_a}{\partial t} + \sqrt{\delta_a} \left\{ v_x \frac{\partial f_a}{\partial x} + v_y \frac{\partial f_a}{\partial y} + \frac{z_a}{2\varepsilon_a} (E_x + v_y B_z) \frac{\partial f_a}{\partial v_x} + \frac{z_a}{2\varepsilon_a} (E_y - v_x B_z) \frac{\partial f_a}{\partial v_y} \right\} = 0; \\ \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = n_e E_x = -\frac{\partial \varphi}{\partial x} E_y = -\frac{\partial \varphi}{\partial y}; \\ n_a = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f_a(t, x, y, v_x, v_y) dv_x dv_y; \\ j_a(t, \theta) = \sqrt{\delta_a} z_a \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^0 f_a(t, x, y, v_x, v_y) |_{r=r_0} v_r dv_r dv_\theta; \\ J_a(t) = r_0 \int_{-\pi}^{\pi} j_a(t, \theta) d\theta; \\ f_a|_{t=0} = \pi^{-1} \exp \left\{ -|\bar{v} - \bar{v}_\infty|^2 \right\}; \\ \varepsilon_a = T_a/T_i, \mu_a = m_a/m_i, \delta_a = \varepsilon_a/\mu_a; \\ \varphi(t)|_{r=r_0} = \varphi_0(t), \varphi(t)|_{r=r_\infty} = 0; \\ n_{i\infty} = n_{e\infty} = 1, a = i, e. \end{array} \right. \quad (2)$$

Здесь  $f_a$  — функция распределения заряженных частиц;  $\varphi$  — потенциал самосогласованного электрического поля;  $\bar{v}_\infty$  — скорость спутника; индексами  $i, e$  обозначены ионы и электроны. Остальные обозначения — общепринятые.

Математическая модель (2) приведена в безразмерном виде и использует систему масштабов (3):

$$\begin{aligned} M_L = r_D = \left( \frac{k\varepsilon_0 T_i}{e^2 n_{i\infty}} \right)^{\frac{1}{2}}; \quad M_v^a = \left( \frac{2kT_a}{m_a} \right)^{\frac{1}{2}}; \quad M_n = n_{i\infty}; \quad M_\varphi = \frac{kT_i}{e}; \\ M_E = \frac{M_\varphi}{M_L}; \quad M_t = \frac{M_L}{M_v^i}; \quad M_f^a = \frac{M_n}{(M_v^a)^3}; \\ M_j = e M_n M_v^i; \quad M_J = M_L M_j; \quad M_B = \frac{M_E}{M_v^a}. \end{aligned} \quad (3)$$

Безразмерная нестационарная задача (система Власова—Пуассона) решалась методом установления. В начальный момент времени на тело подается импульс потенциала с бесконечно крутым фронтом нарастания, отсчитываемый от заданного начального потенциала. Уравнения Власова решались методом крупных частиц [2] либо методом характеристик [3]. Уравнение Пуассона решалось с использованием разностной схемы (4):

$$\begin{aligned} \varphi(x_j, y_i) = \frac{1}{4} \left( \varphi(x_{j-1}, y_i) + \varphi(x_{j+1}, y_i) + \right. \\ \left. + \varphi(x_j, y_{i-1}) + \varphi(x_j, y_{i+1}) - f(x_j, y_i) h^2 \right). \end{aligned} \quad (4)$$

Условием завершения вычисления потенциала было выполнение строгой нормы (5):

$$\text{MAX} (|\varphi(x_j, y_i)|_{t=n} - \varphi(x_j, y_i)|_{t=n-1}|) \leq \varepsilon. \quad (5)$$

В процессе решения проводилась оптимизация вычислительного алгоритма, основные принципы которого изложены в [1]. Программа в соответствии с предложенным алгоритмом написана на языке C++ в среде MS Visual Studio. Расчет одного варианта занимает несколько часов на ЭВМ на базе процессоров Intel Pentium-4.

Были представлены результаты математического моделирования для цилиндра радиусом  $r_p = 5r_D$  ( $r_D$  — радиус Дебая), что можно рассматривать, например, как антенну спутника радиусом  $\approx 1$  см. Потенциал цилиндра 0,7 В. При нулевой скорости потока полученные результаты полностью совпадают с результатами, полученными Лафрамбуазом [4].

В ходе проведенных расчетов была уточнена теория Ленгмюра—Смитта в области скоростей меньших 5, что иллюстрируется рис. 1. Из рисунка следует, что теория Ленгмюра—Смитта хорошо работает при скоростях потока  $\geq 4$ .

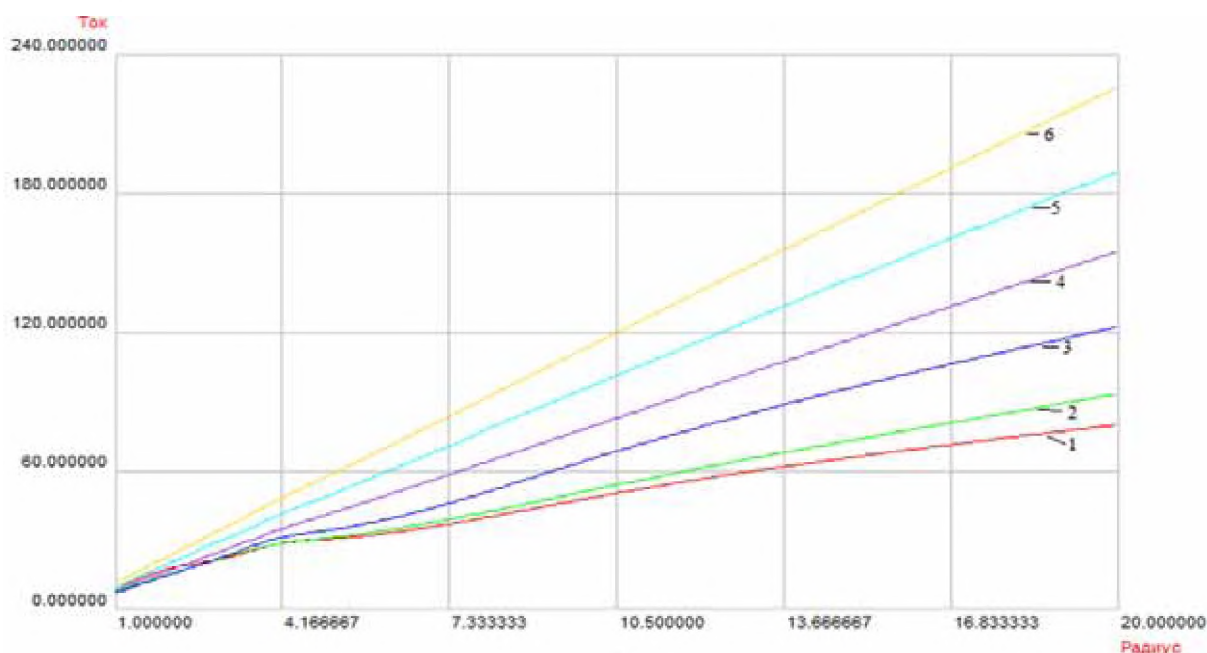


Рис. 1. Зависимость ионного тока от радиуса цилиндра: 1 — скорость 0; 2 — скорость 1; 3 — скорость 2; 4 — скорость 3; 5 — скорость 4; 6 — скорость 5

Были получены функции распределения ионов вблизи заряженного цилиндра при небольших скоростях потока рис. 2 (скорость потока  $\approx 1$ ).

По мере удаления от цилиндра происходит сжатие функции распределения (рис. 3).

Сжатие функции распределения происходит до тех пор, пока она не



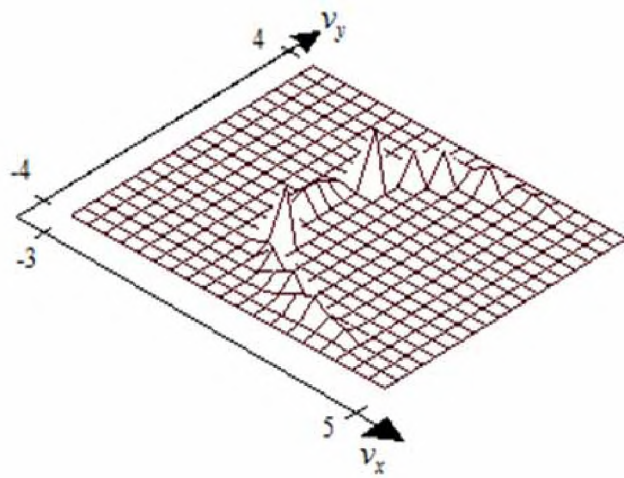


Рис. 2. Функция распределения ионов в теневой части вблизи заряженного цилиндра

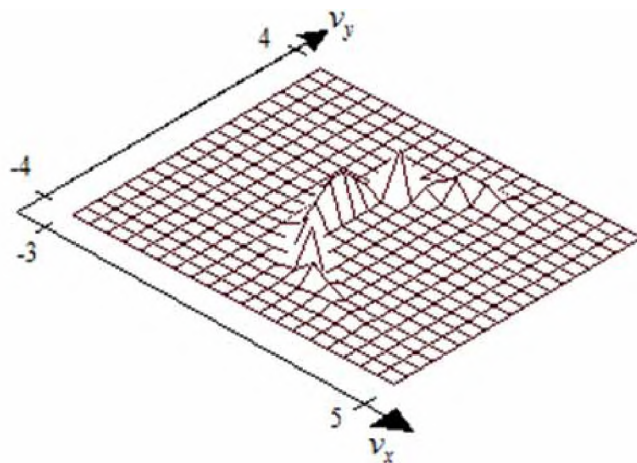


Рис. 3. Изменение функции распределения в теневой части при удалении цилиндра

принимает сначала близкий к функции распределения Максвелла вид (рис. 4), а при дальнейшем удалении полностью выходит на распределение Максвелла.

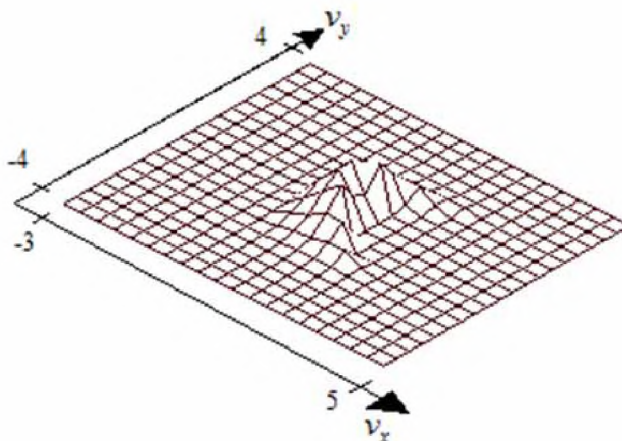


Рис. 4. Распределение постепенно выходит на распределение Максвелла

#### Библиографический список

1. Котельников В. А. и др. Математическое моделирование электродинамики летательного аппарата в разреженной плазме. — М.: Изд-во НАПН, 1998.
2. Давыдов Ю. М. Крупных частиц метод. Математическая энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия. Т. 3. 1988. С. 125–129.
3. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. — М.: Наука, 1977.
4. Чан П., Тэлбор Л., Турон К. Электрические зонды в неподвижной и движущейся плазме (теория и применение). — М.: Мир, 1978.

К. А. Иванов, А. А. Пунтус, А. И. Федюшкин

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ЛАМИНАРНЫЙ ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ ПРИ ОБТЕКАНИИ ПЛОСКОЙ ПЛАСТИНЫ**

Данная работа посвящена обзору учебной литературы по задаче Блазиуса (обтекание плоской пластинки). Основной целью является исследование вибраций на ламинарный пограничный слой при обтекании пластины. В первой части работы обтекание пластины рассматривается без вибраций. Приводится постановка и решение задачи Блазиуса. Выводятся

уравнения ламинарного пограничного слоя. Вычисляются основные характеристики потока вблизи пластины: толщина пограничного слоя, сопротивление трения и т. п. В поставленной задаче на обтекание пластинки используется система нелинейных уравнений Прандтля для пограничного слоя, и далее определение решения данной краевой задачи сводится к задаче Коши для обыкновенного дифференциального уравнения. В итоге приводится полное решение задачи Блазиуса на основе полных уравнений Навье—Стокса.

Уравнения Навье—Стокса представляют собой математическую модель, в рамках которой рассматривается задача об обтекании плоской пластины. В теории ламинарного пограничного слоя полные уравнения Навье—Стокса упрощаются до уравнений Прандтля. Эти упрощённые уравнения позволяют при упрощённой постановке задачи об обтекании пластины, данной впервые Блазиусом, найти автомодельное решение поставленной задачи. Это автомодельное решение и рассматривается в первой части работы. Если уравнения Навье—Стокса не упрощать до уравнений Прандтля, то аналитически решить задачу Блазиуса достаточно сложно. Одна такая попытка интегрирования полных уравнений Навье—Стокса в задаче обтекания плоской пластины найдена в собрании сочинений Н. Е. Кочина. Полные уравнения Навье—Стокса можно решать прежде всего численно методами конечных элементов и контрольного объёма. Результаты таких вычислений приводятся в первой части работы и свидетельствуют о неприменимости теории уравнений пограничного слоя вблизи передней кромки обтекаемой пластины. Следующая планируемая часть работы, посвящённая влиянию вибраций на пограничный слой, основана на уравнениях Навье—Стокса в приближении Обербека—Буссинеска. В предельном случае вибраций высокой частоты эти уравнения усредняются. Усреднённые уравнения представляют собой систему уравнений в частных производных с включением функции — соленоидальной части векторного поля  $T \cdot \vec{n}$ , где  $T$  — температура, а  $\vec{n}$  определяет направление вибраций. Сведение этой системы уравнений в частных производных к краевой задаче для системы обыкновенных дифференциальных уравнений рассматривается во второй части работы. Попытка решить данные краевые задачи в системе символьной математики Maple не привели к желаемому результату. Вычислительная составляющая второй части планируется состоящей из одного расчёта во Fluent, при котором виден отрыв пограничного слоя на пластине при воздействии на неё поперечных вибраций.

В данной же статье рассмотрим простейший случай стационарного обтекания плоской пластины достаточно большой длины  $\ell$ . Если направить

пластину вдоль потока так, чтобы ось  $x$  совпадала с направлением потока, ось  $y$  — с направлением перпендикуляра к пластине, а ось  $z$  — с направлением ширины пластины, то в нашем случае  $v_z = 0$ ;  $\partial/\partial z = 0$  и  $\partial/\partial t = 0$ , то есть рассматривается плоскопараллельный поток жидкости. Исследуем гидродинамику потока при обтекании плоской пластины в условиях ламинарного и турбулентного движения. Если измерять продольную скорость движения жидкости  $v_x$  в направлении оси  $y$  при обтекании плоской пластины, то получим кривую распределения продольной скорости  $v_x(y)$  или профиль скорости  $v_x(y)$ , показанный на рис. 1.

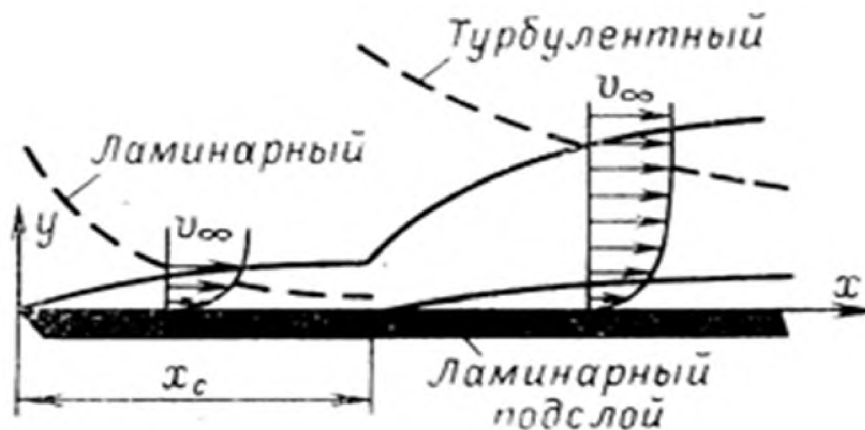


Рис. 1. Упрощённая модель перехода в пограничном слое из ламинарного в турбулентное течение на плоской пластинке

В направлении  $y$  скорость движения увеличивается, а затем, начиная с некоторого расстояния  $\delta$  от поверхности, почти не изменяется. Следовательно, основной перепад скорости движения от значения, равного нулю, до величины  $v_\infty \equiv v_c$ , соответствующей скорости вдали от стенки (основной поток жидкости), происходит в слое толщиной  $\delta$ , который называется пограничным слоем. Причиной постепенного уменьшения скорости с  $v_\infty$  до 0 является вязкость жидкости, т. е. способность жидкости оказывать сопротивление относительному перемещению её частиц благодаря молекулярному хаотическому движению. Следовательно, весь поток жидкости можно разделить на две области: пограничный слой, где проявляется действие сил вязкости, и основной поток, где вязкостью можно пренебречь, а движущуюся жидкость рассматривать как идеальную. Известно, что по характеру движения жидкости различают ламинарное и турбулентное движение. Теплообмен в турбулентном потоке происходит более интенсивно, чем в ламинарном, благодаря активному хаотическому движению частиц (макрообъёмов) жидкости. Турбулентный режим может иметь место и в области пограничного слоя. Развитие пограничного слоя вдоль поверхности тела в направлении движения также показано на рис. 1. Толщина

пограничного слоя непрерывно увеличивается вдоль поверхности пластины, начиная от нуля у переднего края. На некотором расстоянии  $x_k$  от переднего края режим движения в пограничном слое меняется, переходя от ламинарного к турбулентному. При увеличении скорости  $v_\infty$  значение критического расстояния  $x_k$  уменьшается, но произведение  $v_\infty x_k$  при этом остаётся постоянным. Если произвести опыты с жидкостями различной вязкости, то можно установить, что переход от ламинарного движения к турбулентному происходит при определённом значении  $v_\infty x_k / \nu$ , т. е. характеризуется критическим значением числа Рейнольдса:  $Re_{x_k} = \frac{v_\infty x_k}{\nu}$ . Для практических условий можно считать, что при  $Re_{x_k} < 5 \cdot 10^5$  движение в пограничном слое происходит при ламинарном режиме.

Рассмотрим уравнения ламинарного пограничного слоя. Для несжимаемой жидкости ( $\rho = \text{const}$ ;  $\partial \rho / \partial t = 0$ ;  $\text{div } \vec{v} = 0$ ) при отсутствии поля внешних сил ( $F_k = 0$ ) в случае обтекания пластины плоскопараллельным в плоскости  $xy$  потоком жидкости уравнения Навье—Стокса можно записать так:

в направлении  $x$

$$\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left( \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \right), \quad (1)$$

1
1·1
 $\delta \cdot \frac{1}{\delta}$ 
1
 $\frac{1}{\delta^2}$

в направлении  $y$

$$\frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left( \frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} \right). \quad (2)$$

$\delta$ 
1· $\delta$ 
 $\delta \cdot 1$ 
 $\delta$ 
 $\frac{1}{\delta}$

Уравнение непрерывности

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0. \quad (3)$$

1
1

Под слагаемыми этих уравнений указаны их оценки по величине  $\delta$  (толщине пограничного слоя). Справедливость этих оценок обсуждается ниже. Граничные условия здесь — прилипание жидкости к стенке:

$$v_x = v_y = 0 \text{ при } y = 0. \quad (4)$$

Совпадение скорости  $v_x$  вдали от пограничного слоя со скоростью основного потока:

$$v_x = v_\infty \text{ при } y \rightarrow \infty. \quad (5)$$

Можно показать, что в тонком пограничном слое наибольшее изменение  $v_x$  происходит в направлении  $y$  и лишь незначительное — в направлении  $x$ . В направлении потока величина  $x$  изменяется от нуля до  $\ell$ , где  $\ell$  — характерный размер тела, в нашем случае — длина пластины. В направлении  $y$  параметры потока изменяются в пределах пограничного слоя. Толщина пограничного слоя  $\delta$  значительно меньше длины пластины ( $\delta \ll \ell$ ). Величина  $\delta$  или, точнее, отношение  $\delta/\ell$  принимается в качестве основной малой величины. Воспользуемся преобразованием  $x = \ell\xi$ ,  $y = \delta\eta$  и предположим, что в пограничном слое переменные  $\xi, \eta$  и  $x$  изменяются в конечных пределах, а интервал изменения переменной  $y$  имеет порядок  $\delta$ . Далее примем, что величины  $v_\infty(t)$  (скорость набегающего потока),  $v_x(x, y, t)$ , их производные по времени и производные  $\partial v_x/\partial x, \partial^2 v_x/\partial x^2$  внутри пограничного слоя и на его границе с основным потоком конечны.

Из равенств

$$\frac{\partial v_x}{\partial y} = \frac{1}{\delta} \frac{\partial v_x}{\partial \eta}, \quad \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} = \frac{1}{\delta^2} \frac{\partial^2 v_x}{\partial \eta^2}, \quad (6)$$

так как  $v_x$  и  $\eta$  изменяются в конечных пределах, следует, что  $\frac{\partial v_x}{\partial y}$  имеет порядок  $\frac{1}{\delta}$ , а  $\frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}$  — порядок  $\frac{1}{\delta^2}$ . Далее, из уравнения неразрывности (3) имеем:  $\frac{\partial v_y}{\partial y} = -\frac{\partial v_x}{\partial x}$ ;  $v_y = -\int_0^y \frac{\partial v_x}{\partial x} dy$  — порядок  $\delta$ ;  $\frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2}$  — порядок  $\frac{1}{\delta}$ ;  $\frac{\partial v_y}{\partial x}$  и  $\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2}$  — порядок  $\delta$ .

На основании этих оценок под каждым слагаемым уравнений (1), (2), (3) и указан порядок его величины. Уравнение (1) показывает, что при конечных  $\ell$  и  $v_\infty$  должно быть конечным отношение  $\nu/\delta^2$  и в безразмерном виде должно быть  $\frac{\delta^2}{\ell^2} \approx \frac{\nu}{v_\infty \ell}$  или  $\delta \approx \ell \sqrt{\frac{\nu}{v_\infty \ell}} \equiv \frac{\ell}{\sqrt{Re}}$ . Эти оценки и послужили основой для упрощения уравнений Навье—Стокса в пограничном слое. После сохранения в (1), (2), (3) только конечных членов из двух уравнений Навье—Стокса (1) и (2) остаётся одно, и указанную систему уравнений (1), (2), (3) можно записать так:

$$\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}; \quad (7)$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = 0 \text{ или } p = p(x, t); \quad (8)$$

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0. \quad (9)$$

Система уравнений (7), (8), (9) называется системой уравнений Прандтля для пограничного слоя. Уравнения (7), (8), (9) остаются нелинейными.

Поперёк пограничного слоя давление сохраняется постоянным и определяется значением на границе слоя в основном потоке, рассчитываемым по теории идеальной жидкости, следовательно, в уравнении (7) член  $\partial p/\partial x$  можно считать известным.

Рассмотрим теперь задачу Блазиуса. Граничными условиями к уравнениям (7), (8), (9) являются:

$$\text{при } y = 0 \quad v_x = v_y = 0; \quad (10)$$

$$\text{при } y = \infty \quad v_x = v_\infty(x, t). \quad (11)$$

Решение задачи (6)–(9) представляет большие аналитические трудности даже для стационарного течения. В этом случае простейшим примером применения уравнений пограничного слоя является стационарное течение вдоль очень тонкой плоской пластины бесконечной длины ( $\ell \rightarrow \infty$ ), то есть как раз наша задача в упрощённой постановке. В рассматриваемом случае скорость потенциального течения постоянна ( $v_\infty = \text{const}$ ), следовательно, из уравнения Бернулли вытекает  $\partial p/\partial x = 0$ . Приведём ход решения Блазиуса. Введём величину  $\psi$ , называемую функцией тока жидкости, удовлетворяющую соотношениям  $v_x = \frac{\partial \psi}{\partial y}$ ;  $v_y = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$ . Введение функции тока позволяет тождественно удовлетворить уравнению неразрывности (9). Уравнения Прандтля (7), (8), (9) запишутся тогда в виде одного уравнения (производная по времени отсутствует, так как рассматривается стационарный процесс):

$$\frac{\partial \psi}{\partial y} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial y} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = \nu \frac{\partial^3 \psi}{\partial y^3}. \quad (12)$$

Для этого уравнения параболического типа граничные условия примем в упрощённой Блазиусом форме:

$$\psi = 0, \quad \frac{\partial \psi}{\partial y} = 0 \quad \text{при } y = 0, x > 0;$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial y} \rightarrow v_\infty \quad \text{при } y \rightarrow \infty;$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial y} = v_\infty \quad \text{при } x = 0, y > 0. \quad (13)$$

Перейдём в уравнении (12) и граничных условиях (13) к безразмерным переменным, положив  $x = Lx'$ ,  $y = \frac{L}{\sqrt{Re}}y' = \sqrt{\frac{\nu L}{U_\infty}}y'$ ,  $\psi = \frac{U_\infty L}{\sqrt{Re}}\psi' = \sqrt{\nu U_\infty L}\psi'$  (штрих соответствует безразмерным переменным,  $Re = U_\infty L/\nu$ , где  $U_\infty \equiv v_c = v_\infty$  и  $L \equiv \ell$ ).

Уравнение (12) и граничные условия (13) при этом запишутся в виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \psi'}{\partial y'} \frac{\partial^2 \psi'}{\partial x' \partial y'} - \frac{\partial \psi'}{\partial x'} \frac{\partial^2 \psi'}{\partial y'^2} &= \frac{\partial^3 \psi'}{\partial y'^3}; \\ \psi' = 0, \quad \frac{\partial \psi'}{\partial y'} = 0 &\text{ при } y' = 0, x' > 0; \\ \frac{\partial \psi'}{\partial y'} \rightarrow 1 &\text{ при } x' > 0, y' \rightarrow \infty; \\ \frac{\partial \psi'}{\partial y'} = 1 &\text{ при } x' = 0, y' > 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Искомый интеграл этого уравнения, удовлетворяющий граничным условиям, будет  $\psi' = \psi'(x', y')$ , а в размерных переменных  $\psi(x, y) = \sqrt{\nu U_\infty L} \psi' \left( \frac{x}{L}, y \sqrt{\frac{U_\infty}{\nu L}} \right)$ .

Решение задачи  $\psi(x, y)$  в любой фиксированной точке  $(x, y)$  не зависит от  $L$ . Следовательно, зависимость  $\psi'$  от своих аргументов  $x', y'$  должна быть такой, чтобы обеспечивалось это свойство. Добиться такого результата можно, положив  $\psi'(x', y') = \sqrt{x'} \varphi \left( \frac{y'}{\sqrt{x'}} \right)$ . Действительно, в этом случае решение определяется в виде, не содержащем  $L$ :  $\psi = \sqrt{\nu U_\infty x} \varphi \left( y \sqrt{\frac{U_\infty}{\nu x}} \right)$

или, если ввести в качестве аргумента  $\eta = y \sqrt{\frac{U_\infty}{\nu x}}$ , в следующем виде:  $\psi = \sqrt{\nu U_\infty x} \varphi(\eta)$ . Вычисляя входящие в уравнение (12) производные (штрих далее обозначает производные по  $\eta$ ) и замечая, что  $\frac{\partial \eta}{\partial x} = -\frac{1}{2} y \sqrt{\frac{U_\infty}{\nu x^3}}$ ,  $\frac{\partial \eta}{\partial y} = \sqrt{\frac{U_\infty}{\nu x}}$ , найдём

$$\frac{\partial \psi}{\partial y} = U_\infty \varphi'(\eta), \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = U_\infty \varphi''(\eta) \sqrt{\frac{U_\infty}{\nu x}}, \quad \frac{\partial^3 \psi}{\partial y^3} = \varphi'''(\eta) \frac{U_\infty^2}{\nu x}; \quad (15)$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial x} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\nu U_\infty}{x}} [\varphi(\eta) - \eta \varphi'(\eta)], \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial y} = -\frac{1}{2} \frac{U_\infty}{x} \eta \varphi''(\eta). \quad (16)$$

Подставляя полученные выражения производных в уравнение (12), после простых преобразований получим обыкновенное дифференциальное уравнение:

$$2\varphi'''(\eta) + \varphi''(\eta) \varphi(\eta) = 0. \quad (17)$$

Решение  $\varphi(\eta)$  на концах интервала  $0 < \eta < \infty$  удовлетворяет следующим граничным условиям, вытекающим из (13) или (14):

$$\varphi(0) = \varphi'(0) = 0 \text{ и } \varphi(\infty) = 1. \quad (18)$$

Начальное условие при  $x = 0, y > 0$  выполняется, однако уравнение (17) в элементарных функциях не интегрируется. Блазиус проинтегрировал его методом сращения рядов при малых и больших значениях  $\eta$ .



Определение решения  $\varphi(\eta)$  краевой задачи сводится к задаче Коши с помощью использования общего свойства решений уравнения (17). Пусть  $\varphi_0(\eta)$  — некоторое решение уравнения (17); непосредственной проверкой легко убедиться, что функция

$$\varphi(\eta) = \alpha^{1/3} \varphi_0(\alpha^{1/3} \eta) \quad (19)$$

также является решением уравнения (17) при любом постоянном  $\alpha$ .

Определим теперь функцию  $\varphi_0(\eta)$  как решение следующей задачи Коши для уравнения (17):

$$\varphi_0(0) = \varphi_0'(0) = 0, \quad \varphi_0''(0) = 1. \quad (20)$$

С помощью уравнения (17) и данных Коши (20) функцию  $\varphi_0(\eta)$  нетрудно рассчитать известными численными методами для любых  $\eta > 0$ . По данным расчёта можно определить предел:

$$\lim_{\eta \rightarrow \infty} \varphi_0'(\eta) = k \neq 1, \quad \text{причём } k^{3/2} = \frac{1}{0,332}. \quad (21)$$

Постоянная  $\alpha$  в (19) определяется так, чтобы удовлетворялось условие (18) при  $\eta \rightarrow \infty$ :  $\varphi'(\eta) = \alpha^{2/3} \varphi_0'(\xi)$ ,  $\xi = \alpha^{1/3} \eta$ , и  $\varphi''(\eta) = \alpha \varphi_0''(\xi)$ ,  $\varphi''(0) = \alpha$ . Отсюда следует, что  $\lim_{\eta \rightarrow \infty} \varphi'(\eta) = \alpha^{2/3} \lim_{\xi \rightarrow \infty} \varphi_0'(\xi) = \alpha^{2/3} k$ . Для получения искомого решения  $\varphi(\eta)$  с помощью формулы (19) достаточно положить  $\alpha^{2/3} k = 1$  и, следовательно, на основании (21) имеем  $\alpha = \frac{1}{k^{3/2}} = 0,332$ ,  $\varphi(\eta) = \alpha^{1/3} \varphi_0(\alpha^{1/3} \eta)$  и  $v_x = U_\infty \varphi'(\eta)$ ,  $v_y = \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{x/l}} \sqrt{\frac{\nu U_\infty}{l}} [\eta \varphi'(\eta) - \varphi(\eta)]$ .

Итак, полное решение поставленной задачи имеет вид  $\psi = \sqrt{\nu U_\infty x} \varphi(\eta)$ .

А. А. Комаров, А. С. Сидоренко

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ КОЛЕБАНИЙ КРЫЛА С ПОДВЕСКОЙ

Определение характеристик динамического состояния изделий авиационной техники, транспортируемых на внешних подвесках, необходимо при решении многих технических проблем. В частности, это требуется при оценке надежности и безопасности эксплуатации как самих изделий, так и комплекса носитель — изделие.

Исследование динамического состояния конструкции носителя с изделием (грузом) на режимах посадки имеет практическое значение, так как уровни колебаний самолетов при взлете и посадке могут быть существенно выше, чем уровни колебаний в полете.

Ранее многими авторами проводились расчётные исследования динамики крыла. Рассматривались всевозможные его схематизации в виде, балки [1], пластины [2] и т. д. Однако исследований динамического состояния грузов проводилось значительно меньше. Наиболее основательные исследования по этой тематике проводились в ГосНИИ авиационных систем [3]. В большинстве работ задача решалась в рамках «усеченной схемы»: рассматривалось движение изделия на изолированной подвеске, к которой приложены внешние динамические воздействия в узлах присоединения к носителю. При решении задачи в такой постановке предполагалось, что имеется достоверная информация о динамических нагрузках в узлах подвески для различных самолетов и подвесных систем. Кроме того, считалось, что динамические нагрузки при посадке возбуждают колебания конструкции преимущественно по первым тонам.

В настоящей статье представлены результаты формирования математической модели, предназначенной для исследования динамического состояния крыла неманевренного самолёта и подвешенных под крылом грузов на режиме жёсткой посадки, т. е. при повышенной вертикальной скорости приземления и наличии крена. Модель описывает движение грузов (авиационных изделий) совместно с конструкцией крыла с учетом не только изгибных колебаний крыла в вертикальной плоскости, но и при его совместных изгибно-крутильных колебаниях. Рассматривается начальный участок движения после касания полосы. Считается, что на этом участке подъемная сила уравнивается гравитационной силой.

В настоящее время наиболее рациональным путем решения задач о колебаниях сложных конструкций является использование метода конечных элементов (МКЭ), который реализован в виде компьютерных интерактивных систем. Для решения задачи о динамическом состоянии изделия, закрепленного под крылом носителя, использована система MSC.PATRAN/NASTRAN.

Для агрегатов и частей летательного аппарата (ЛА), имеющих достаточно большое удлинение, обычно используется балочная схематизация. Наиболее распространенной расчетной схемой стреловидного крыла большого удлинения является симметричная система балок с переменными по размаху жесткостными и массовыми характеристиками. Оси жесткости плоскостей расположены под углом стреловидности  $\chi$  к продольной оси

фюзеляжа (рис. 1). В силу симметрии конструкции ЛА рассматривается одна плоскость крыла, которая считается жестко закрепленной в корневом сечении.

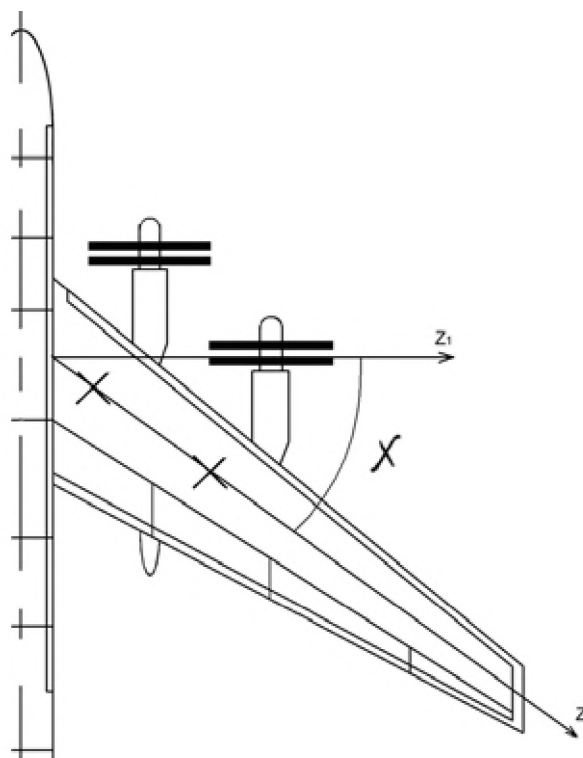


Рис. 1. Схема конструкции крыла

На консоли размещены два двигателя, две установки с авиационными изделиями на внешней подвеске и гондола шасси. Кроме того, в крыле находятся топливные баки, оборудование и механизмы управления. Колебания крыла вызываются действием посадочных ударов. Здесь в качестве нагрузки задан кратковременный процесс ускорения корневой части крыла. Заданы геометрия и распределение массы и жёсткости крыла, агрегатов и изделий, а также характеристики динамической нагрузки.

Предполагается, что влияние изгибных колебаний в плоскости наибольшей изгибной жёсткости  $xOz$  является относительно малым, а поэтому рассматривается изгиб только в вертикальной плоскости  $yOz$ .

Конструкция консоли крыла, показанная на рис. 1, состоит из семи отсеков. Для проведения моделирования она разбивается на 13 участков. Считается, что в пределах каждого участка жесткостные свойства линейно изменяются по длине. Далее определяются геометрические и массовые характеристики участков с учетом наличия в них оборудования и топлива и устанавливаются характерные сечения (границы отсеков и сечения, в которых закреплены двигатели и грузы). В модели учитывается стреловидность крыла. Угол стреловидности  $\chi$  по средней аэродинамической

хорде составляет  $35^\circ$ .

Для моделирования силовой конструкции используются балочный элемент Beam. Элемент Beam используется в трехмерных моделях для расчетов на растяжение–сжатие, изгиб, кручение и сдвиг, он допускает наличие несимметричного поперечного сечения при несовпадении центра сдвига с центром тяжести, а также изменение параметров сечения по длине элемента. Конструкция моделируется конусообразными балочными элементами (с переменными характеристиками по длине). Агрегаты, топливо и оборудование представляются как сосредоточенные в узлах массы и моделируются элементами Mass (сосредоточенная масса). Гондолы с двигателями и шасси и элементы подвески моделируются с помощью комбинации балочных элементов и элементов Mass.

Исходными данными для моделирования являются таблицы центровки самолета, эпюры изгибной и крутильной жесткостей и эпюры площадей поперечных сечений для продольного набора крыла. Заданы также значения масс и координат расположения массивных объектов.

Конечно-элементная модель (КЭМ) конструкции крыла с четырьмя изделиями на подвеске и нумерация узлов показаны на рис. 2.

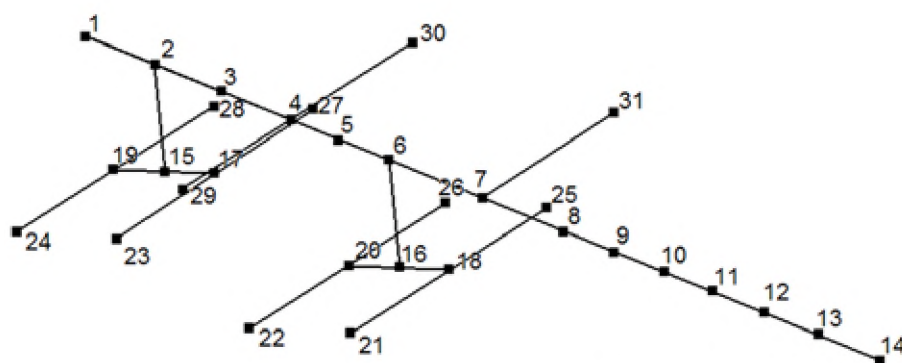


Рис. 2. Нумерация узлов КЭМ крыла

Первым этапом расчета являются определение собственных форм и частот колебаний конструкции крыла (см. рис. 1), а также перемещений от собственного веса (от гравитационной нагрузки). Низшая частота, которой соответствует изгибная форма колебаний крыла, составляет 1,312 Гц. Максимальный прогиб от собственного веса (на конце консоли) составляет 0,389 м.

Примеры форм колебаний конструкции, соответствующих 1-й и 5-й собственным частотам, показаны на рис. 3 и 4. Видно, что колебания консоли носят сложный характер и сочетают изгибные и крутильные формы.

При численном анализе проверялась сходимость значений собственных частот и статических перемещений при дроблении разбивки конструкции

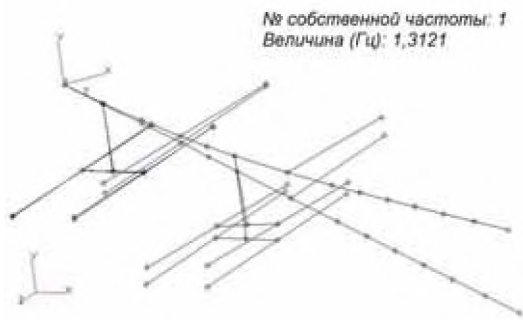


Рис. 3. Первая собственная форма

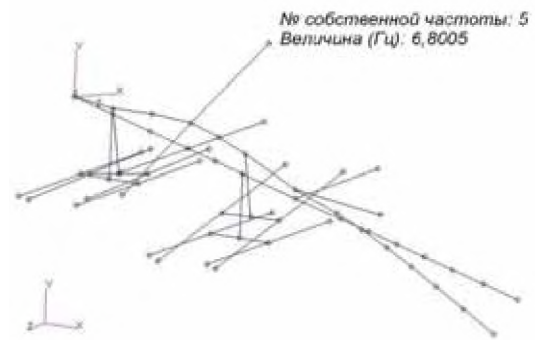


Рис. 4. Пятая собственная форма

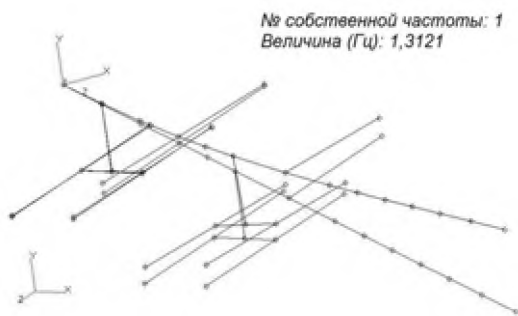


Рис. 5. Первая форма — исходная разбивка

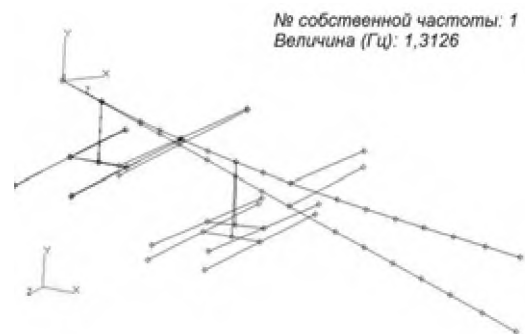


Рис. 6. Первая форма – с дополнительными КЭ

на КЭ (увеличении количества КЭ). Результаты вычислений для двух вариантов разбивки (собственные частоты и формы) показаны на рис. 5–10.

Динамический расчет конструкции крыла выполняется с применением алгоритмов модального анализа для переходных процессов (Transient response; Type  $\rightarrow$  Modal). В этом типе анализа используется разложение вектора узловых перемещений в ряд по формам собственных колебаний и последующее решение системы. В этом случае задается количество учитываемых собственных форм. Далее задаются параметры пошагового динамического анализа: шаг интегрирования, количество шагов.

В качестве источника колебаний принимается кинематическое возмущение в виде переменного ускорения корневой части крыла. Значения ускорения в зависимости от времени задаются в виде таблицы, которая получена в результате математического моделирования динамики конструкции при посадке для полной модели самолёта [3].

Характер распределения перемещений  $w_y$  и ускорений  $a_y$  по размаху крыла представлен на рис. 11 и 12 соответственно. Узлы 3, 7, 10 соответствуют сечениям с координатами 5,12 м; 14,9 и 21,74 м по длине консоли (см. рис. 2).

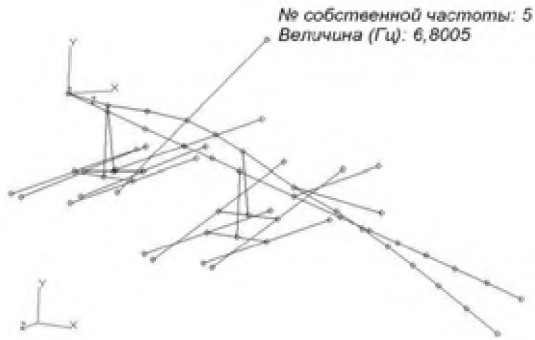


Рис. 7. Пятая форма — исходная разбивка

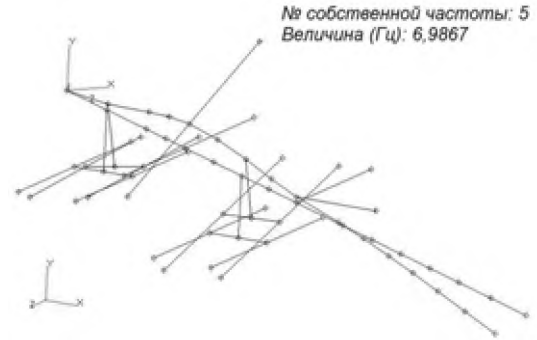


Рис. 8. Пятая форма — с дополнительными КЭ

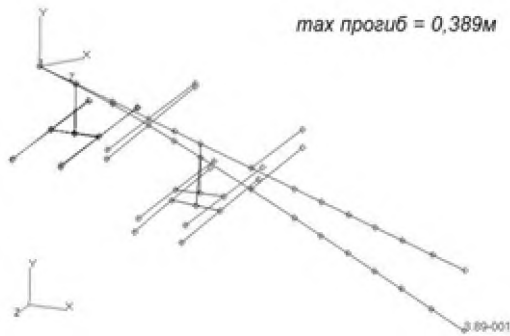


Рис. 9. Прогиб от собственного веса — исходная разбивка

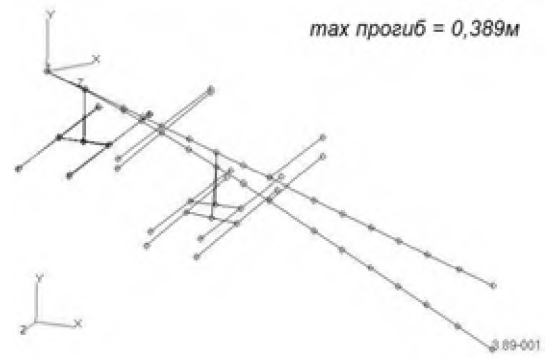


Рис. 10. Прогиб от собственного веса — с дополнительными КЭ

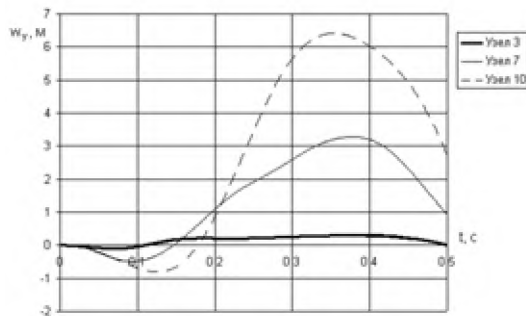


Рис. 11. Распределение перемещений  $w_y$  по различным сечениям крыла

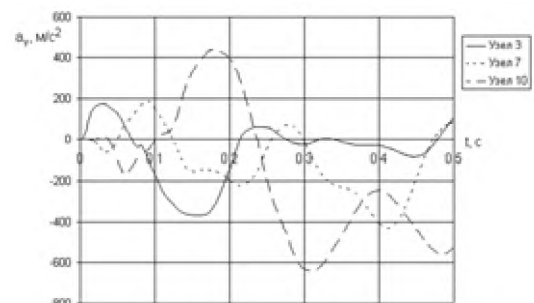


Рис. 12. Распределение ускорений  $a_y$  по различным сечениям крыла

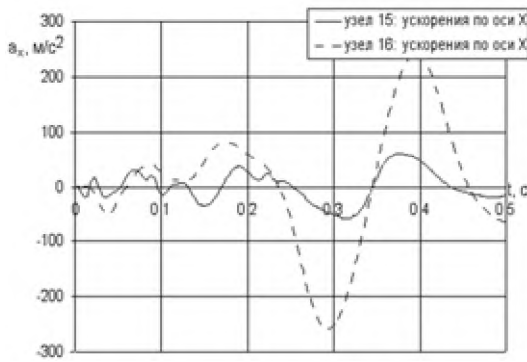


Рис. 13. Распределение перемещений  $w_y$  по узлам подвески грузов

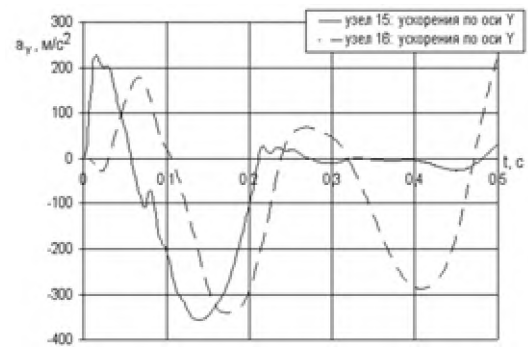


Рис. 14. Распределение ускорений  $a_y$  по узлам подвески грузов

Зависимости от времени ускорений  $a_x$  (в направлении оси  $0x$ ) и  $a_y$  (в направлении оси  $0y$ ) в сечениях, где расположены точки подвески грузов представлены на рис. 13 и 14 соответственно. Этим сечениям соответствуют узлы КЭМ 15 и 16.

Зависимости от времени результирующих ускорений  $a$  в точках подвески грузов представлены на рис. 15.

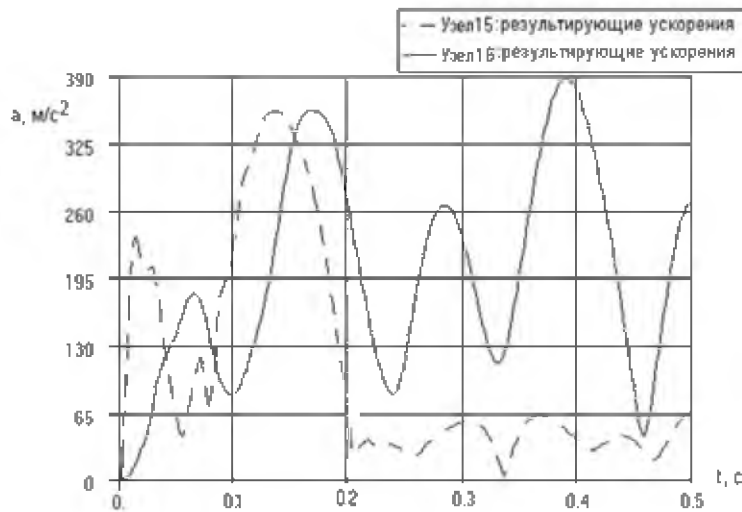


Рис. 15. Распределение результирующих ускорений  $a$  по узлам подвески грузов

Видно, что максимальные уровни суммарных ускорений в узлах разных подвесок различаются несущественно. На характер динамического состояния ближней подвески существенно влияет нагружение в корне, тогда как в состоянии дальней подвески большую роль играет податливость конструкции.

Приведенные результаты расчетов показывают, что разработанная математическая модель позволяет описывать совместные пространственные колебания крыла и закрепленных на нем изделий при действии посадочных нагрузок, задаваемых вблизи центра масс ЛА. При этом рассматрива-

ются изгибно-крутильные колебания как самого крыла, так и изделий на подвеске и учитывается инерция поворота сечений крыла при изгибе.

Адекватность модели и работоспособность программ подтверждены физической корректностью результатов динамических расчетов, сходимостью значений собственных частот и статических перемещений при дроблении разбивки, соответствием этих значений реальным величинам.

#### Библиографический список

1. Гудков А. И., Лешаков П. С. Внешние нагрузки и прочность летательных аппаратов. — М.: Машиностроение, 1968.
2. Вибрации в технике: Справочник в 6 т. Т. 1 Колебания линейных систем / Под ред. В. В. Болотина. — М.: Машиностроение 1978; Т. 3 Колебания машин, конструкций и их элементов / Под ред. Ф. М. Диментберга и К. С. Колесникова. — М.: Машиностроение, 1980.
3. Сидоренко А.С. Динамическое состояние изделий, размещенных на крыльевой подвеске, при посадке. Труды ГосНИИ авиационных систем». Сер. «Вопросы авионики». — М., 2008. № 1. С. 43–60.

М. В. Чугунова, А. В. Шаронов

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, ОСНОВАННОГО НА ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИИ**

В процессе функционирования линейных динамических объектов необходимо оперативно выявлять моменты сбоя или изменения значений параметров, приводящих к изменению свойств объектов. Такая задача может быть решена созданием систем автоматического контроля и диагностики (АСК).

В зависимости от назначения АСК и особенностей их построения не все из перечисленных задач контроля должны ставиться и решаться в одинаковом объеме.

Для решения задачи контроля и диагностики линейных динамических объектов предлагается проблемно-ориентированное математическое обеспечение, которое полностью основано на вейвлет-преобразовании. Эта модель позволяет осуществлять:



- 1) вейвлет-фильтрацию входного (если это возможно) и выходного сигналов;
- 2) выявление сбоев с помощью вейвлет-анализа выхода линейной динамического объекта;
- 3) определение изменившихся параметров с помощью вейвлет-анализа выхода линейного динамического объекта.

Создание такой модели — это попытка использования нового подхода, основанного на вейвлет-преобразовании для построения АСК.

*Вейвлет-преобразование.* На основании понятия о векторном пространстве общепринятым подходом к анализу сигналов  $f(t)$  стало их представление в виде взвешенной суммы простых составляющих — базисных функций  $\psi_n(t)$ , помноженных на коэффициенты  $C(a, b)$ :

$$f(t) = \sum_n C(a, b)\psi_n(t). \quad (1)$$

Так как базисные функции  $\psi_n(t)$  предполагаются заданными как функции вполне определённого вида, то только коэффициенты  $C(a, b)$  содержат информацию о конкретном сигнале.

Довольно грубо можно представить вейвлеты как некоторые волновые функции, способные осуществить преобразование Фурье не по всей временной оси, а локально по месту своего расположения. Для этого, кроме изменения «средней частоты», маленькие волны должны перемещаться к тому месту сигнала или функции, в котором должно осуществляться «локальное преобразование Фурье», и масштабироваться.

Временной образ определяется некоторой функцией времени  $\psi(t)$ , а частотный образ определяется её Фурье-образом, который задаёт огибающую спектра вейвлета. Фурье-образ определяется выражением

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \hat{\psi}(t)e^{-i\omega t} dt. \quad (2)$$

С помощью вейвлетов сигнал представляется совокупностью волновых пакетов — вейвлетов, образованных на основе некоторой исходной (базовой, образующей) функции  $\psi_0(t)$ . Эта совокупность, разная в разных частях временного интервала определения сигнала и корректируемая множителями, имеющими вид порой сложных временных функций, и представляет сигнал с той или иной степенью детализации. Такой подход называют вейвлет-анализом функции.

*Постановка задачи.* Необходимо создать систему диагностики линейных динамических объектов, которая должна:

- 1) выявлять отказы объекта в режиме реального времени;
- 2) определять изменение параметров объекта (входное воздействие или внутренние параметры).

*Решение задачи контроля и диагностики линейных динамических объектов.* Пользователь созданного программно-алгоритмического обеспечения (ПАО) задаёт входной сигнал и его шумовую компоненту вручную. В случае необходимости анализа непрерывного сигнала производится его дискретизация по теореме Котельникова.

Далее осуществляется вейвлет-фильтрация сигнала. В данном случае вейвлет-фильтр — это фильтр высоких частот. К сигналу применяется вейвлет-преобразование. Из полученной матрицы коэффициентов удаляется часть из них, и производится восстановление сигнала по оставшимся коэффициентам. Фильтрованный сигнал подаётся на вход объекта и его модели. К разности их выходных сигналов применяется вейвлет-преобразование. ПАО анализирует полученный сигнал на наличие отклонений от нормы. Если таковые имеются, то производится расчёт функций чувствительности модели «исправного» объекта и математической модели объекта. К разности этих сигналов применяется вейвлет-преобразование. В созданном ПАО используется вейвлет Добеши-4. По результатам вычислений определяется изменившийся параметр(-ы), а также определяется величина изменения параметра(-ов). На конечном этапе по результатам вычислений пользователь принимает решение о наличии сбоя в объекте и изменившемся параметре(-ах).

*Тестирование ПАО АСК.* Рассмотрим следующий тест: последовательно изменяются параметры  $T$ ,  $k$  и  $\xi$  колебательного звена объекта.

В тесте объект задан моделью колебательного звена

$$T^2 y'' + 2\xi T y' + y = kx. \quad (3)$$

Выход колебательного звена вычисляется по рекуррентной формуле

$$\begin{cases} y_{1i} = y_{2i-1} \Delta t + y_{1i-1}, \\ y_{2i} = -\frac{1}{(T_{i-1})^2} y_{1i-1} \Delta t + \left(1 - \frac{2\xi_{i-1}}{T_{i-1}} \Delta t\right) y_{2i-1} + \frac{k_{i-1}}{(T_{i-1})^2} \Delta t x_{i-1}, \end{cases} \quad (4)$$

где  $y_2$  — выход звена;  $y_1$  — производная выхода звена.

Функции чувствительности по  $k$ ,  $T$  и  $\xi$  также вычисляются по рекуррентным формулам.

В программе закон распределения шума, действующего на входной сигнал, может быть любым, т.к. на вейвлет-фильтр не накладываётся никаких ограничений по закону распределения шума. Пользователь может регулировать его параметры. Фильтрация входного сигнала осуществляется

с помощью подпрограммы фильтрации. К сигналу применяется вейвлет-преобразование. В полученной матрице коэффициентов обнуляются некоторые из них согласно заданному уровню вейвлет-декомпозиции. Далее применяется обратное вейвлет-преобразование сигнала. В итоге получается фильтрованный сигнал.

Во всех тестах сравнение выхода объекта и выхода модели, а также сравнение функций чувствительности осуществляется по правилу

$$\rho(y_i^1, y_i^2) = y_i^1 - y_i^2. \quad (5)$$

Полный набор тестов для колебательного звена приводить не будем. Продемонстрируем работу программы на одном примере. Вход представляет собой зашумлённый импульс. Последовательно будем изменять параметры колебательного звена. В момент времени  $t = 10$  с  $T$  изменяется от  $T = 1$  до  $T = 2$ ; в момент времени  $t = 20$  с изменяется  $k$  от  $k = 1$  до  $k = 20$ ; в момент времени  $t = 40$  с изменяется  $\xi$  от  $\xi = 1$  до  $\xi = 0,9$ .

Выход объекта и модели представлены на рис. 1.

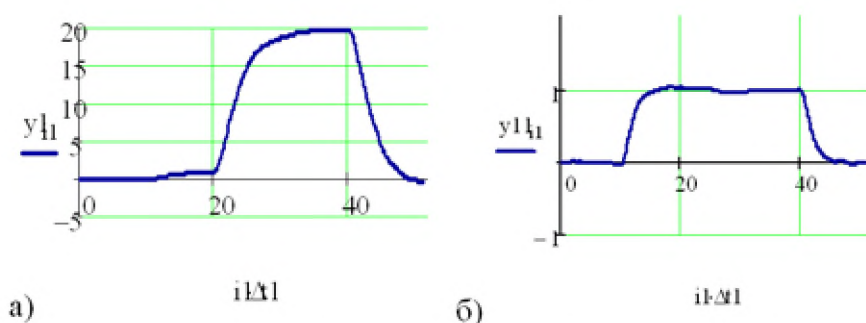


Рис. 1. Выход: *a* — объекта; *b* — модели

Функции чувствительности по  $T$ ,  $k$  и  $\xi$  объекта и модели представлены на рис. 2.

Приведём вейвлет-преобразование от разностей функций чувствительности (рис. 3).

Лучше всего изменения видны на функции чувствительности по  $\xi$ . Выполняя анализ результатов тестирования программы, в случае работы колебательного звена однозначно можно определить изменение параметра  $k$ , для определения оставшихся параметров требуется дополнительный анализ.

Необходимо отметить, что изменение величины скачка в точке изменения параметров пропорционально изменению параметра. То есть можно по величине скачка судить о величине изменения того или иного параметра. Например, изменяется параметр  $k$  в 10 раз. Величина скачка вейвлета в этом случае 0,57. На построенном графике зависимости скачка вейвлета от изменения параметра  $k$  эта точка отмечена символом \*. Значит, мож-

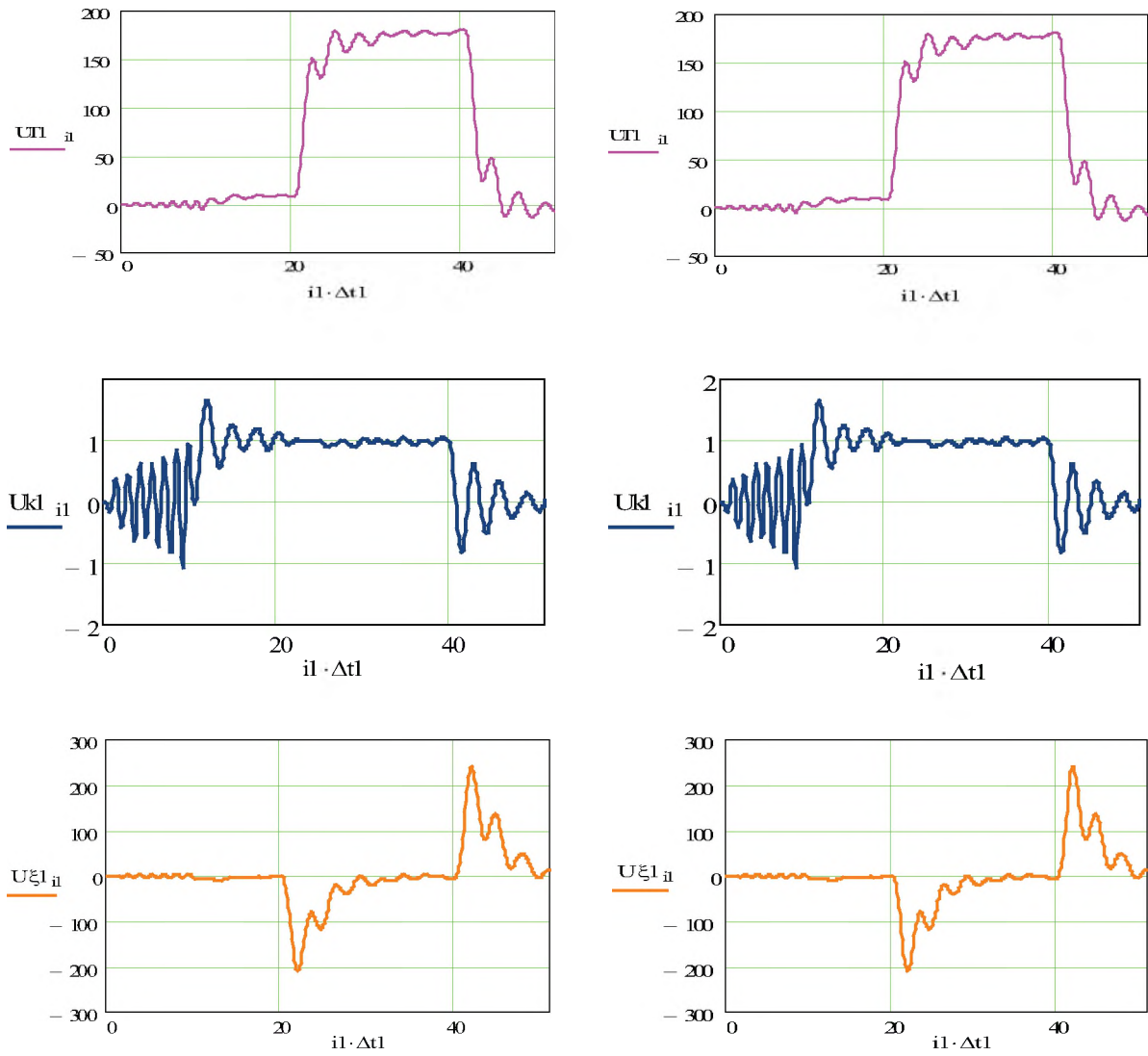


Рис. 2. Функции чувствительности объекта (слева) и модели (справа)

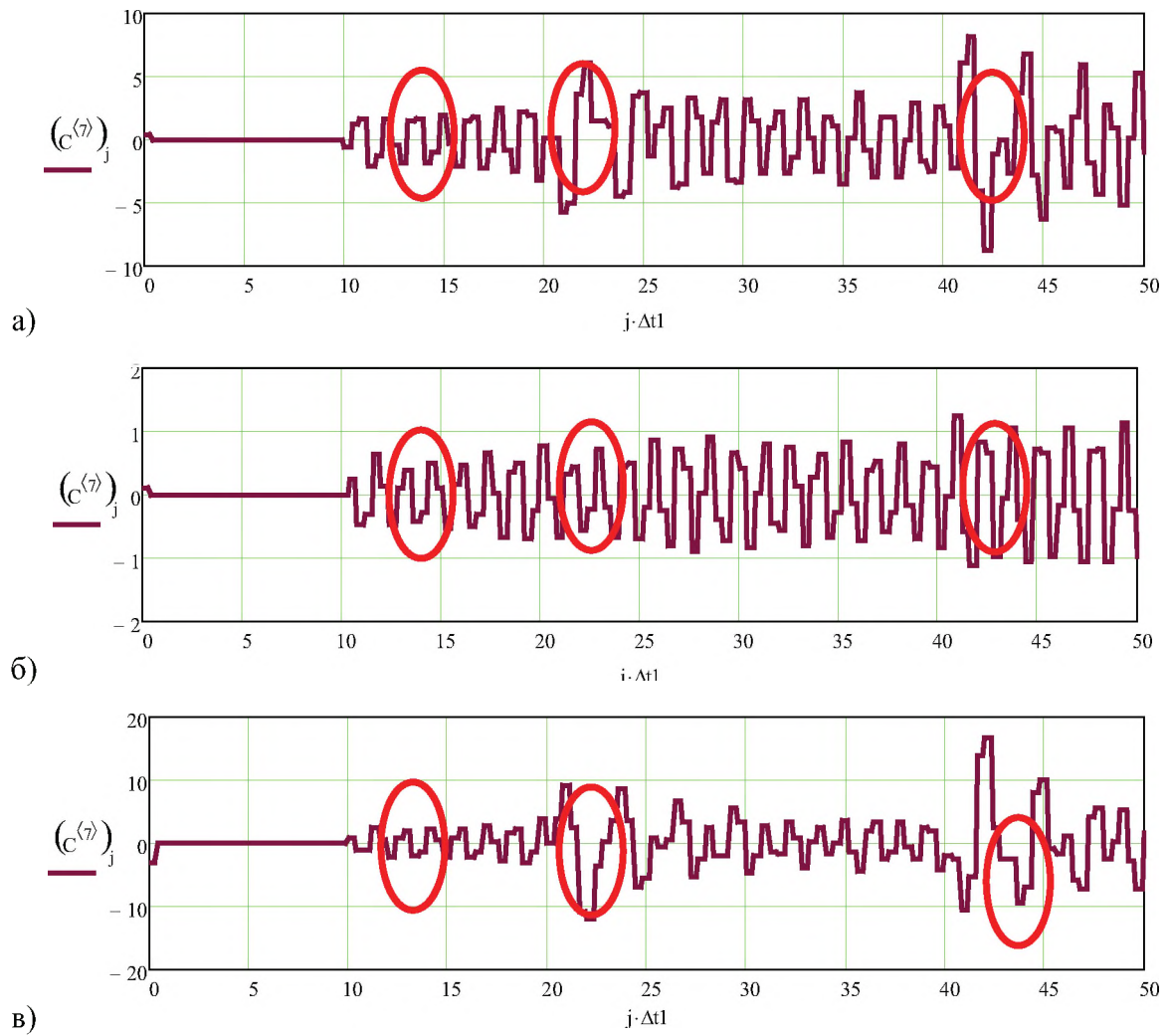


Рис. 3. Вейвлет-преобразование от функций чувствительности по: а —  $T$ ; б —  $k$ ; в —  $\xi$

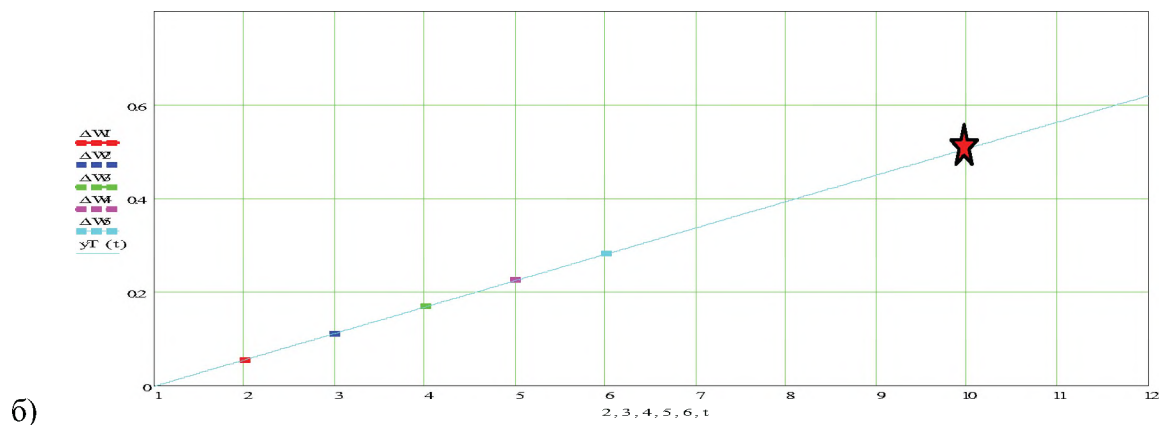
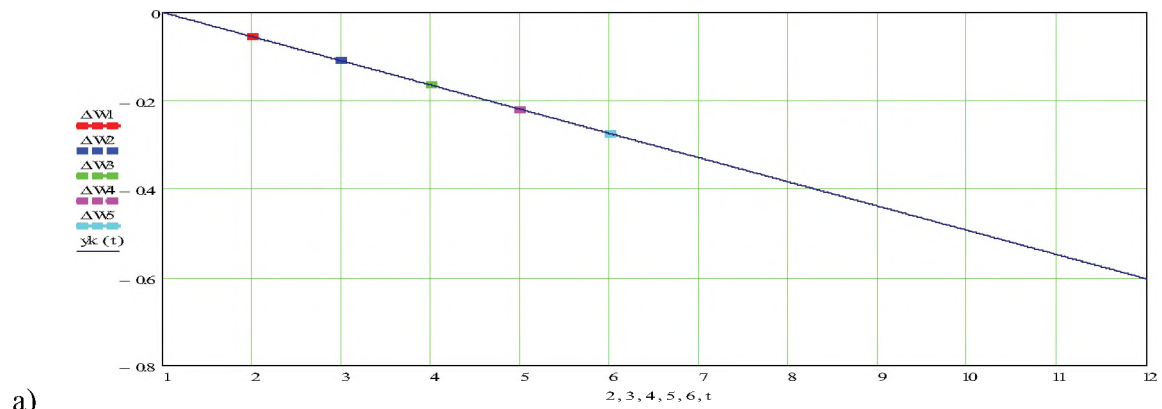


Рис. 4. Зависимость величины скачка вейвлета от изменения параметра:  $a - k$ ;  $b - T$

но сказать не только когда и какой параметр изменился, но и указать величину изменения параметра. Приведём график зависимостей изменения скачка вейвлета от параметра для параметров  $T$  и  $k$  (рис. 4).

В процессе тестирования программы моделирования было выявлено, что данная программа позволяет:

- 1) определять момент изменения внутренних параметров объекта (т. е. выполнять контроль объекта);
- 2) определять изменившийся параметр (т. е. выполнять задачу диагностики).

Развитие предложенного подхода к контролю и диагностике линейных динамических объектов перспективно с точки зрения выявления и диагностики сбоев в сложных динамических объектах в режиме реального времени.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Процессы оперативного и стратегического управления во всех отраслях современной науки, экономики и техники опираются на предполагаемые оценки состояния предметной области в последующие после принятия конкретного решения моменты времени, то есть, прогнозирования.

В настоящее время практически для любой предметной области характерно непрерывное увеличение характеризующих ее объемов информации, а для быстро развивающихся областей — еще и рост размерности соответствующего информационного пространства.

Анализ распространенных методов прогнозирования и исследования динамических процессов позволяет сделать вывод об их многообразии и общей универсальности. Большинство методов не привязаны к конкретным задачам, являются достаточно гибкими в силу наличия контролирующих их поведение на конкретном процессе параметров.

Разработчики программного обеспечения стремятся предоставить конечному пользователю как можно больше инструментов и методов, не акцентируя при этом внимание на автоматизации непосредственно процесса адаптации методов или программных пакетов под конкретные задачи и на апостериорной проверке эффективности.

Всё это позволяет сделать вывод о целесообразности разработки автоматизированной системы прогнозирования динамических процессов, инвариантной относительно предметной области в общем и адаптирующейся к предметной области при решении в ней конкретной задачи, допускающей расширение и ввод в систему новых методов, создание на ее основе вспомогательных программных средств, оценку эффективности на имеющихся и модифицированных исходных данных.

Динамический процесс представляет собой отображение множества аргументов состояния во множество состояний, что аналогично определению функции, следовательно, для определения динамического процесса необходимо определить множество аргумента состояния и множество состояний, а затем установить между ними соответствие.

Решение реальных задач прогнозирования, как правило, происходит в условиях, когда параметры объекта и аргумент состояния так или иначе

заданы, при этом множество параметров допускается изменять (как расширять, так и сужать), если это способствует повышению качества решения задачи, его эффективности или снижению временных затрат.

Следует заметить, что на объект исследования могут действовать различного рода стохастические факторы, не всегда допускающие контроль или измерение. Результат воздействия этих факторов выражается в том, что динамический процесс, описывающий объект, в той или иной мере также носит стохастический характер.

Для того чтобы прогнозировать динамический процесс, необходимо создать соответствующий способ его описания. Способ описания динамического процесса подразумевает разработку математической модели.

Очевидно, поставленная задача автоматизации процесса прогнозирования требует для своего решения разработки модели особого типа, способной к самоорганизации и адаптации к конкретному динамическому процессу.

Требования к математической модели можно получить из результатов и содержания системотехнического анализа процесса прогнозирования и постановки задачи прогнозирования динамического процесса, приведенных выше.

Сформирован следующий список требований к математической модели динамического процесса.

1. Универсальность — независимость от предметной области.
2. Адаптивность — принципиальная способность приспособливаться к различным типам динамических процессов.
3. Стохастичность — возможность учета случайных факторов, воздействующих на объект исследования.
4. Адекватность — совпадение свойств модели со свойствами динамического процесса.
5. Прогностичность — принципиальная возможность прогнозировать динамический процесс.

Выполнение перечисленных требований при разработке математической модели динамического процесса является необходимым условием возможности решения поставленной задачи прогнозирования.

Модель скалярного динамического процесса  $X(x)$  может являться мультипликативной или аддитивной комбинацией различных его компонент.

В абсолютном большинстве динамических процессов, вне зависимости от предметной области, можно выявить некую детерминированную закономерность, характеризующую общую долгосрочную тенденцию их



изменения. Такую закономерность называют трендом или трендовой составляющей.

Наиболее часто встречаются тренды, описываемые линейной или экспоненциальной функцией.

Динамический процесс, описывающий объект, подверженный влиянию различного рода периодических (например, сезонных) факторов, будет содержать и детерминированные периодические компоненты.

Детерминированные периодические компоненты можно описать тригонометрическим рядом.

Окончательно, влияние случайных факторов приводит к возникновению в динамическом процессе стохастических составляющих.

Для описания стохастической компоненты скалярного динамического процесса можно использовать классический аппарат теории случайных процессов.

Построение адекватной математической модели динамического процесса связано с решением задачи ее оптимизации в некотором критериальном пространстве по множеству параметров. Для решения задачи оптимизации, в первую очередь, необходимо выбрать критериальное пространство.

Оптимизация математической модели в выбранном критериальном пространстве происходит по ее параметрам.

Предполагается, что наибольшее влияние на процесс оказывает трендовая компонента, затем — периодическая и, наконец, стохастическая. Периодическая компонента при этом зависит от трендовой, стохастическая — от трендовой и периодической, но сама трендовая компонента от остальных компонент не зависит.

Исходя из сделанного предположения, параметры компонент можно определять последовательно.

Трендовая компонента содержит только линейные параметры. С учетом характера выбранного критерия для их оптимальных значений, используя МНК, можно получить известные соотношения для коэффициентов линейного тренда.

Периодическая компонента математической модели также носит аддитивный характер и представляет собой сумму гармоник.

Коэффициенты при синусе и косинусе гармоник являются линейными параметрами модели, частоты гармоник — нелинейными.

Для оптимизации периодической компоненты разработана авторская методика, сводящая процесс многомерной оптимизации к одномерной и локализирующая участки поиска глобального экстремума с помощью спек-

трального анализа с использованием преобразований Хартли и Фурье.

Стохастическая компонента динамического процесса, как уже говорилось выше, имеет стандартное для случайных процессов описание.

Параметры модели стохастической компоненты представляют собой ее детерминированные статистические характеристики, оценки которых рассчитываются на известной выборке. Используются известные требования к оценкам статистических характеристик случайного процесса: состоятельность, несмещенность и эффективность.

Прогностическое критериальное пространство представляет собой множество критериев, так или иначе используемых при решении задачи прогнозирования динамического процесса.

Критерии можно классифицировать по уровню задачи, на котором они используются. Выделены три уровня критериев:

- 1) критерии нижнего уровня (критерии аппроксимации) — используемые в процессе построения математической модели;
- 2) критерии среднего уровня (критерии выбора) — характеризуют однократно построенную прогностическую модель и позволяют сделать выбор из нескольких разных моделей;
- 3) критерии верхнего уровня (критерии прогноза) — по ним оцениваются результаты прогнозирования в целом.

Разработанная математическая модель удовлетворяет всем необходимым для получения прогноза условиям. Исходя из структуры математической модели, сделанных допущений и предположений, разработан общий алгоритм прогнозирования, обеспечивающий оптимизацию процесса прогнозирования в критериальных пространствах всех трех уровней (аппроксимации, выбора и прогнозирования).

Система испытана на ряде синтетических тестов и реальных задач.

*Первый синтетический тест* — восстановление тригонометрического ряда, состоящего из среднего и одной гармоники.

Исходные данные — выборка значений ряда на интервале  $[0, 2000]$ .

Задача — восстановить значения ряда на интервале  $(1600, 2000]$ , используя значения ряда на интервале  $[0, 1600]$ .

Для восстановления используется математическая модель, состоящая только из детерминированной компоненты — среднего и тригонометрического ряда с одной гармоникой.

Результат оптимизации математической модели на интервале  $[0, 1600]$  в пространстве критериев оптимизации показывает, что аппроксимация выполнена успешно, но восстановление исходной зависимости не осу-

ществлено и качество прогнозирования на интервале (1600, 2000] неудовлетворительное.

Используя следующий уровень критериального пространства — критерии выбора — АСПДП строит множество моделей, интервалы аппроксимации которых меняются от [100, 1600] до [1000, 1600], и из них выбирается та, которая обеспечивает минимум суммарного квадрата ошибки ретропрогнозирования. Результаты работы системы в данном режиме показывают, что математическая модель в этом случае успешно восстанавливает тригонометрический ряд и позволяет достаточно точно прогнозировать его на требуемом интервале (1600, 2000].

*Второй синтетический тест* — прогнозирование скалярного случайного стационарного процесса с заданными статистическими характеристиками.

Полученные результаты показывают, что стохастическая модель в АСПДП вполне удовлетворительно прогнозирует поведение случайного процесса. Оценка дисперсии ошибки прогноза, меньшая дисперсии исходного процесса, служит подтверждением корректности и состоятельности используемых алгоритмов и их реализации.

*Первая практическая задача*, решаемая системой, — прогнозирование различных макроэкономических показателей на год вперед.

Исходные данные — реализации процессов, характеризующих макроэкономические показатели, представленные 143 значениями каждая.

Процессы являются нестационарными, и для прогнозирования используется разностная модель; оценка относительной ошибки рассчитывается с использованием скользящего прогноза на год (12 точек) на интервале [100, 143].

Оценки средней относительной ошибки прогнозирования составляют 3,59 %, 2,21 %, 2,19 %, 1,86 % соответственно, что позволяет судить об адекватности и состоятельности используемых разностных методов и их реализации.

*Вторая практическая задача* — прогнозирование аэродинамических коэффициентов беспилотного летательного аппарата в процессе его лётно-конструкторских испытаний.

Исходные данные — полученные в результате лётно-конструкторских испытаний посредством телеметрии результаты измерений аэродинамических коэффициентов подъемной и боковой сил и моментов крена, рыскания и тангажа. В процессе лётно-конструкторских испытаний каждый из коэффициентов измеряется с интервалом 0,01 секунды, при этом требуемый интервал прогнозирования — 0,1 секунды.

Качество прогноза оценивается по оценке критерия прогнозирующей способности модели.

Оценки прогнозирующей способности модели 99,78 %, 99,79 %, 70,97 %, 95,37 % и 58,12 % показывают, что во всех случаях оценка дисперсии ошибки прогнозирования значительно меньше оценки дисперсии прогнозируемого параметра, что позволяет считать задачу прогнозирования аэродинамических коэффициентов успешно решенной.

Успешное прохождение системой всех испытаний и результаты решения поставленных задач говорят о перспективности внедрения разработки в различных областях науки и техники.

Е. А. Пегачкова

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **СИНТЕЗ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ СПУТНИКА НА ОСНОВЕ НЕОБХОДИМЫХ УСЛОВИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ ЛОГИКО-ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Рассматривается задача активной стабилизации спутника с минимальным расходом топлива. Классическое решение поставленной задачи получено в [1]. Оптимальное управление представляет собой последовательность режимов торможения в окрестности положения равновесия, где угловая скорость максимальная. Торможение производится с максимальной тягой двигателя. Чем короче промежутки работы двигателя при каждом включении, тем больше таких включений необходимо сделать для гашения колебаний. Однако общие затраты топлива при этом уменьшаются. В пределе получаем бесконечную последовательность импульсных включений (на бесконечно малое время) двигателя с максимальной тягой, при этом общее время стабилизации неограниченно возрастает. Разумеется, что это управление, практически нереализуемое, является абстрактным, идеальным решением, показывающим предельные возможности (экономии топлива) данной математической модели.

Задачу активной стабилизации спутника будем рассматривать в классе логико-динамических систем [2–4], учитывая, что каждое включение реактивного двигателя от его запуска до достижения максимальной тяги сопровождается расходом топлива и представляет собой немгновенный

переходной процесс (как и выключение двигателя). Добавляя в критерий качества соответствующие штрафные слагаемые за включение (и выключение) двигателя, получаем задачу, в которой определяется оптимальное (конечное) количество запусков двигателя, а процессы, требующие бесконечного числа включений, отбрасываются как неоптимальные. Такая постановка задачи ближе к практике, чем классический вариант. Кроме расхода топлива, в переходных процессах включения и выключения двигателя имеются и другие недостатки классического решения.

**Постановка задачи в классе логико-динамических систем (ЛДС).** Движение спутника вокруг Земли происходит по круговой орбите. В плоскости орбиты он совершает колебания вокруг центра масс. Для гашения этих колебаний используются реактивные двигатели, расположенные на штанге. Будем учитывать перерасход топлива при включении и выключении двигателя. При запуске реактивного двигателя максимальная тяга достигается не сразу, часть топлива тратится на переходной процесс. В некоторых конструкциях топливо используется также для запуска и работы турбонасосного агрегата. Кроме того, при включении и выключении двигателя часть топлива дожигается менее эффективно, чем при номинальном режиме. Поэтому предлагается оценивать качество процесса управления следующим функционалом:

$$I_\lambda = \int_{t_0}^{t_1} |u(t)| dt + \sum_{\tau} \lambda, \quad (1)$$

где  $\lambda > 0$  — коэффициент «штрафа» за включение двигателя.

Суммирование в (1) происходит по всем моментам  $\tau$  включения двигателя.

Пусть поведение ЛДС описывается уравнениями:

$$\begin{aligned} \dot{\theta}(t) &= \omega(t), & \theta(0) &= \theta_0, & \theta(t_1) &= 0; \\ \dot{\omega}(t) &= -\kappa \cdot \sin 2\theta(t) + lU_{\max}y(t), & \omega(t_0) &= \omega_0, & \omega(t_1) &= 0; \\ y(t) &\in Y, & y(t_0) &= 0; & t_0 \leq t \leq t_1, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\theta$  — угол отклонения штанги от местной вертикали;  $\omega$  — угловая скорость вращения спутника;  $\kappa = \frac{3(I_x - I_z)}{2I_y} \Omega^2$ ,  $\Omega$  — угловая скорость движения спутника по круговой орбите;  $I_x, I_y, I_z$  — моменты инерции спутника;  $l = \frac{L}{I_x}$ ,  $L$  — длина штанги;  $t_0 = 0$ ,  $t_1$  — моменты начала и окончания процесса управления. Тяга двигателя  $u$  направлена перпендикулярно штанге в плоскости орбиты (в одном из двух противоположных направлений: в одном  $u > 0$ , в другом  $u < 0$ ) и ограничена максимальным значением  $U_{\max}$ :  $|u| \leq U_{\max}$ ;  $y$  — состояние автоматной (логической) части си-

стемы,  $Y = [-1; 1]$  — множество возможных состояний автоматной части. Кусочно-постоянная непрерывная справа функция  $y(\cdot) : [t_0, t_1] \rightarrow Y$  задает траекторию автоматной части ЛДС. Она связана с тягой  $u(\cdot)$  двигателя равенством

$$u(t) = U_{\max} y(t), \quad t_0 \leq t \leq t_1, \quad (3)$$

т. е. значение  $y(t)$  определяет рабочее состояние двигателя ( $y = 0$  — двигатель выключен;  $y \neq 0$  — двигатель включен), а также направление тяги.

Требуется найти допустимый процесс, минимизирующий функционал (1).

**Применение необходимых условий оптимальности для логико-динамических систем.** Применение необходимых условий [4] к задаче (1)–(2) также приводит к результату более слабому, чем применение принципа максимума Л. С. Понтрягина (ПМП), представляющего собой полную систему условий для нахождения оптимального процесса, точнее множества изолированных процессов, на которых может достигаться экстремум функционала. Необходимые условия оптимальности ЛДС [4], таким свойством, вообще говоря, не обладают. Имеются примеры, в которых необходимые условия выделяют, например, счетное множество процессов, среди которых нужно искать оптимальные, привлекая другие соображения, либо непосредственно минимизируя функционал уже на счетном множестве. Другими словами, необходимые условия оптимальности ЛДС не столь эффективны, как ПМП. И все же результат, аналогичный ПМП, можно получить, если учесть приближенное решение задачи в классической постановке при малых колебаниях спутника.

Порядок применения следующий:

- устанавливаем, что гамильтониан  $H(\psi(t), t, x(t), y(t))$  и вспомогательная функция  $\psi(t)$  непрерывны при  $t \in T$ ;
- находим оптимальные состояния автоматной части  $y = 0$  или  $y = \pm 1$ ;
- получаем оптимальную структуру автоматной части:

$$y(\tau) = \begin{cases} 1, & \int_{\tau_{k-1}}^{\tau_k} [l\psi_2(t) - 1] dt \geq 0, \\ 0, & \int_{\tau_{k-1}}^{\tau_k} [l\psi_2(t) - 1] dt < 0 \text{ и } \int_{\tau_{k-1}}^{\tau_k} [l\psi_2(t) + 1] dt > 0, \\ -1, & \int_{\tau_{k-1}}^{\tau_k} [l\psi_2(t) + 1] dt \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

( $\forall \tau \in [\tau_{k-1}, \tau_k]$ ) — выводим условия для переключений автоматной

части;

$$l\psi_2 - 1 = 0 \text{ для переключений } 0 \rightarrow 1 \text{ или } 1 \rightarrow 0;$$

$$l\psi_2 + 1 = 0 \text{ для переключений } 0 \rightarrow (-1) \text{ или } (-1) \rightarrow 0; \quad (5)$$

$$\psi_2 = 0 \text{ для переключений } 1 \rightarrow (-1) \text{ или } (-1) \rightarrow 1$$

- усиливаем полученные неравенства (4), используя приближенное решение уравнений движения:

$$y(\tau) = \begin{cases} 1, & l\psi_2(\tau) \geq 1, \\ 0, & -1 < l\psi_2(\tau) < 1, \\ -1, & l\psi_2(\tau) \leq -1. \end{cases} \quad (6)$$

Таким образом, применяя оптимальную структуру (6) автоматной части, задачу (1)–(2) сводим к конечномерной оптимизации – поиску оптимальных моментов включения и выключения двигателя. Конечные условия учитывались добавлением в критерий качества штрафных слагаемых

$$I = \lambda_1 \theta^2(t_1) + \lambda_2 \omega^2(t_1) + \int_{t_0}^{t_1} |u(t)| dt + \sum_{\tau} \lambda, \quad (7)$$

где  $\lambda_1 = 1,2 \cdot 10^4$ ,  $\lambda_2 = 1,2 \cdot 10^{10}$ .

Выбор таких значений коэффициентов  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  обеспечивает приближенное равенство нулю угла отклонения и угловой скорости в конечный момент времени  $t_1$ . Расчеты проводились при следующих значениях параметров:

$$I_x = I_y = 1,2 \cdot 10^6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad I_z = 10^4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$L = 10 \text{ м}; \quad \Omega = 1,098 \cdot 10^{-3} \text{ рад/с};$$

$$U_{\max} = 5 \text{ Н}; \quad \theta_0 = 0,1 \text{ рад}; \quad \omega_0 = -0,002 \text{ рад/с}; \quad t_1 = 2 \cdot 10^4 \text{ с}.$$

Штраф за включение и выключение двигателя  $\lambda = 1$ . Тем самым предполагалось, что примерно 9,5 % топлива при каждом включении расходуется не эффективно. Оптимальным оказался режим с пятью включениями двигателя, продолжительность работы при каждом включении примерно 2,2 с. Наименьшее значение функционала  $I$  равно 127,16 (рис. 1) В классической же постановке задачи оптимальным был режим с 11-ю включениями двигателя, продолжительность работы двигателя при каждом включении примерно 1 с. Минимальное значение функционала  $I$  равно 122,83.

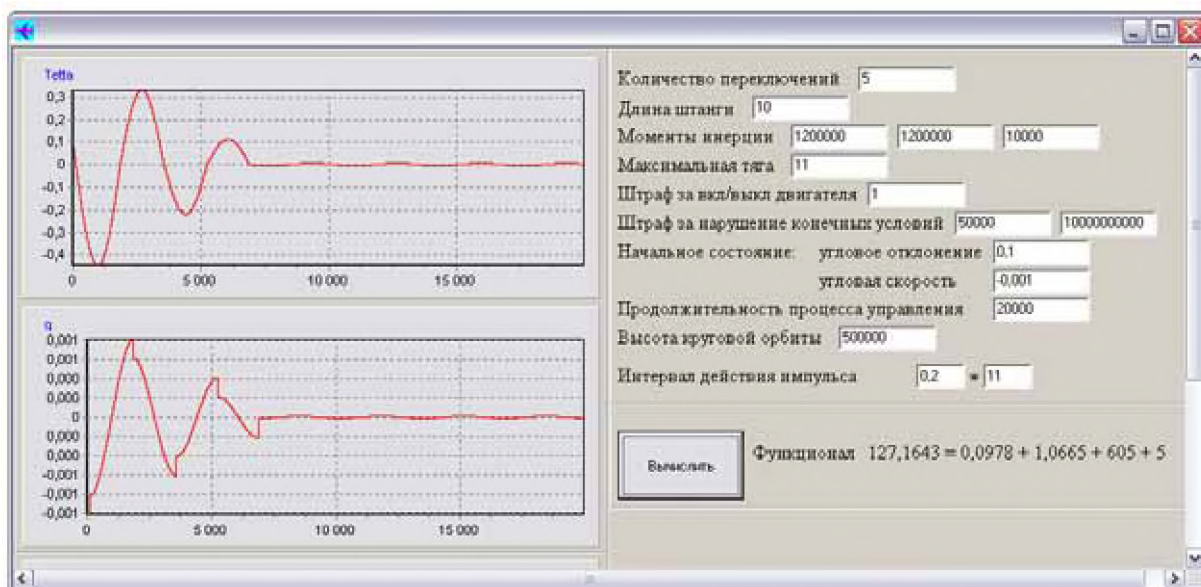


Рис. 1. Приближённое решение

**Выводы.** Поставлена задача активной стабилизации колебаний спутника в классе логико-динамических систем, а именно с учетом дополнительных затрат топлива при включении и выключении реактивного двигателя. Приведены необходимые условия оптимальности автоматной части ЛДС, которые применены к поставленной задаче. В результате получена оптимальная структура автоматной части ЛДС, аналогичная оптимальному управлению непрерывной динамической системы. Приведены результаты приближенного решения. Для синтеза оптимального управления была разработана программа, позволяющая находить приближенное решение задачи для различных параметров спутника, орбиты и функционала. Оптимизация ведется по трём параметрам: тяге двигателя, количеству запусков двигателя (переключений) и интервалу действия импульса. Окончание процесса оптимизации производится путём проверки выполнения необходимых условий оптимальности.

#### Библиографический список

1. Гурман В. И. Вырожденные задачи оптимального управления. — М.: Наука, 1977.
2. Пантелеев А. В., Бортаковский А. С. Теория управления в примерах и задачах. — М.: Высшая школа, 2003.
3. Бортаковский А. С. Достаточные условия оптимальности автоматной части логико-динамической системы // Изв. РАН. ТиСУ. 2006. № 6. С. 77–92.
4. Бортаковский А.С. Необходимые условия оптимальности управления логико-динамическими системами // Изв. РАН. ТиСУ. 2007. № 6. С. 16–33.



## **АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ КОНТУРОВ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Съемочная аппаратура, устанавливаемая на спутниках наблюдения, постоянно совершенствуется. Это вызывает постоянное увеличение объемов данных, поступающих на обработку. Также ужесточаются требования к оперативности получения результатов. И, если до недавнего времени практически все задачи анализа поступающих снимков решались с участием человека, то сегодня становится очевидной необходимость автоматизации этого процесса. Многие задачи уже сейчас успешно решаются с помощью программных средств (поиск изменений объекта съемки по изображениям, сделанным в разное время, определение общих участков на нескольких изображениях, обнаружение пожаров, разливов рек и других чрезвычайных ситуаций), однако есть задачи, до сих пор не имеющие решения, в полной мере отвечающего предъявляемым требованиям. Именно к разряду последних и относится **задача распознавания летательных аппаратов на космических и аэрофотоснимках.**

Нужно сказать, что процесс распознавания некоторого объекта (или нескольких объектов), при условии, что заранее не известен точный тип этого объекта, можно условно разбить на два основных этапа:

- отделение предполагаемых объектов распознавания от фонового изображения;
- идентификация каждого из найденных объектов.

В рамках данной работы рассмотрен именно первый этап. По сути целью работы является разработка алгоритма, позволяющего найти на изображении контуры летательных аппаратов. Причем для решения этой задачи должна использоваться преимущественно та информация, которую можно извлечь при анализе конкретного изображения. В первую очередь это означает, что нет никакой информации о масштабе снимка и условиях съемки, а также нет никаких данных о том, какие объекты (самолеты) находятся на снимке.

В работе рассмотрен метод анализа изображения, состоящий из четырех этапов.

Первый этап — предварительная обработка, позволяющая привести изображение к некоторым средним показателям яркости и контрастности на основе анализа гистограмм.

Второй этап — выделение границ объектов.

Третий этап — предварительная фильтрация с использованием статистических данных о контурах летательных аппаратов. Эта операция позволяет исключить из рассмотрения контуры, явно не принадлежащие контурам летательных аппаратов.

Четвертый, заключительный этап — окончательная фильтрация, смысл которой сводится к тому, что в готовый набор попадают только симметричные контуры.

Рассмотрим более подробно каждый из этапов.

**Первый этап.** Входное изображение проходит нелинейное преобразование, характеристика которого  $F_x(x)$  определяется интегральным законом распределения самого исходного изображения (при всех поэлементных преобразованиях происходит изменение закона распределения вероятностей, описывающего изображение). Преобразование, при котором выходное изображение имеет равномерное распределение, называется эквализацией (выравниванием) гистограмм. После этого результат приводится к заданному динамическому диапазону с помощью операции линейного контрастирования.

Характерной чертой многих аэрофотоснимков является значительный удельный вес светлых участков и сравнительно малое число участков с низкой яркостью. Эквализация призвана откорректировать картину, выровняв интегральные площади участков с различными яркостями.

**Второй этап.** На втором этапе происходит выделение границ по методу *Canny*, что позволяет получить так называемую «карту границ». Суть метода заключается в том, что на «карту» попадают только те точки, значение градиента яркости в которых максимально в некоторой рассматриваемой окрестности. Преимущество такого подхода состоит в том, что все найденные границы имеют единичную толщину (в 1 пиксель). А это существенно облегчает задачу последующего анализа границ (контуров).

Далее, полученная после применения алгоритма *Canny* «карта границ» преобразуется в набор контуров. Каждый контур проходит процедуру нормализации (поиск небольших единичных разрывов и доопределение контура в этих точках).

После применения детектора границ (*Canny*) мы получаем набор контуров, причем контуры самолетов, как правило, составляют очень небольшую часть от всего набора. Поэтому для эффективного выделения контура летательного аппарата необходим некий критерий, позволяющий определить, является ли рассматриваемый контур контуром самолета. В данной работе в качестве такого критерия предложено использовать отношение

площади, ограничиваемой контуром, к его длине на третьем этапе и меру симметричности контура для более тонкого анализа — на четвертом.

**Третий этап (первый уровень фильтрации контуров).** Фильтр первого уровня, как уже упоминалось, предназначен для предварительной фильтрации, целью которой является уменьшение количества контуров, обрабатываемых фильтрами определения меры симметричности и снижение тем самым нагрузки на вычислительные средства. Основная его задача сводится к исключению из рассмотрения контуров, явно не принадлежащих ЛА. Эффективность такого подхода зависит от качества результатов решения задачи выделения контуров и может значительно варьироваться в зависимости от исходного изображения.

Экспериментальные исследования показали, что для любого «самолетного» контура отношение площади к длине контура лежит в ограниченном интервале, что позволяет использовать этот параметр для грубой фильтрации посторонних контуров.

**Четвертый этап (фильтрация на основе информации о симметричности контура).** В работе предложены два алгоритма, позволяющие определять степень симметричности обрабатываемого контура. Первый из них — «метод прохода по контуру» — *предназначен для обработки разомкнутых контуров*. Второй — «метод перпендикулярных сечений» дает более точные результаты, чем предыдущий, однако может применяться только к замкнутым контурам.

Методы определения меры симметричности являются более тонким инструментом, позволяющим намного точнее классифицировать обрабатываемые контуры. Несмотря на то, что оба фильтра решают одну и ту же задачу определения меры симметричности, области их применения различны (замкнутые / разомкнутые контуры).

**Метод прохода по контуру.** Суть метода заключается в том, что последовательно, для каждой точки контура, выдвигается гипотеза о том, что эта точка (назовем ее исходной) является одной из двух находящихся на пересечении контура и его оси симметрии контуре. Далее находят сумму расстояний от исходной точки до всех точек, лежащих справа от оси симметрии. Аналогично находят такую же сумму и для второй половины точек, после чего вычитают из одной суммы другую. Полученную разность запоминают и повторяют всю процедуру для следующей точки. Таким образом, после  $N$  циклов получим ряд значений, характеризующий вероятность того, что соответствующая конкретному значению точка лежит на оси симметрии. Остается найти минимальное значение из этого ряда и сравнить его с наперед заданным порогом  $K$  (в идеальном случае

«наилучшей» точке должна соответствовать нулевая разность сумм, однако на практике по различным причинам даже для симметричного контура минимум бывает далек от нуля). Если минимум меньше порогового значения, контур признается симметричным, а соответствующая минимуму точка задает положение оси симметрии контура.

**Метод параллельных сечений.** Основная идея заключается в том, что ось симметрии строится не простым делением контура пополам (по количеству точек — как в методе прохода по контуру), а с использованием некоторой информации о геометрии контура. Как известно, ось симметрии является прямой, а для задания местоположения прямой на плоскости (в данном случае — изображении) достаточно знать координаты двух точек, принадлежащих этой прямой. Первой, как и в прошлый раз, является некоторая рассматриваемая точка, принадлежащая контуру, а второй является центр тяжести контура, координаты  $X_{wc}$ ,  $Y_{wc}$  которого определяются очень просто:

$$X_{wc} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}, \quad Y_{wc} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}.$$

Далее, через определенный промежуток, строятся сечения контура, перпендикулярные предполагаемой оси симметрии. Если ось симметрии задана координатами двух точек, ее уравнение выглядит следующим образом:

$$y = a_{sim} \cdot x + b_{sim};$$

где  $a_{sim} = \frac{Y_{wc} - y_{cur\ i}}{X_{wc} - x_{cur\ i}}$ ,  $b_{sim} = Y_{wc} - a_{sim} \cdot X_{wc}$ .

Соответственно, уравнение перпендикулярной прямой имеет вид

$$y'_j = a'_{sim} \cdot x + j \cdot \Delta b,$$

где  $j$  — номер итерации;  $\Delta b$  — выбранный шаг;  $a'_{sim} = -\frac{1}{a_{sim}}$  — тангенс угла наклона секущей в системе счисления, связанной с изображением.

Очевидно, что для симметричного контура и правильно выбранной оси симметрии расстояния от оси симметрии, измеренные «вправо» и «влево» от нее, должны совпасть (а для несимметричной фигуры совпасть соответственно не должны). Таким образом, сумма разностей этих расстояний, подсчитанная вдоль всей оси симметрии, может служить критерием симметричности контура относительно выбранной исходной точки.

## **РАСПРЕДЕЛЁННАЯ МНОГОУРОВНЕВАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА УЧЁТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Организация оптового и розничного рынков электрической энергии требует разработки и внедрения систем коммерческого учёта электроэнергии, выполненных на базе современных приборов учёта и программно-технических комплексов, а также отвечающих техническим требованиям рынков.

Современные автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ) представляют собой комплекс контрольно-измерительной аппаратуры (счётчики электрической энергии, контроллеры — устройства сбора и передачи данных), коммуникаций связи (модемы, кабели и т. д.) и компьютеры с установленным на них специализированным программным обеспечением (ПО).

Основной задачей данной работы является разработка распределённой многоуровневой информационно-измерительной системы учёта электрической энергии для розничного рынка электроэнергии.

АИИС КУЭ — иерархическая система, представляющая собой техническое устройство, функционально объединяющее совокупность:

- измерительно-информационных комплексов точек измерений,
- информационно-вычислительных комплексов электроустановок,
- информационно-вычислительного комплекса,
- системы обеспечения единого времени,

выполняющее функции:

- проведения измерений,
- сбора, обработки и хранения результатов измерений и информации о состоянии объектов и средств измерений,
- передачи полученной информации в контролирующие организации в автоматизированном режиме.

Центральным звеном распределённой АИИС является контролирующая организация — энергосбытовая компания. Учет электроэнергии подразделяется на кооперативный (СНТ, коттеджные поселки), учёт группы

абонентов (многоквартирные жилые дома и офисные здания), промышленные предприятия с коммерческим и техническим учётом, а также абоненты с одной точкой учёта (индивидуальные жилые дома, торговые точки, общекооперативные счетчики) (рис. 1).

Таким образом, все объекты можно разделить на три основные группы: промышленные предприятия, учёт группы абонентов и объектов с одной точкой учёта. Расчётным периодом с энергосбытовыми компаниями является месяц. Соответственно 1-го числа каждого месяца со всех объектов учёта считываются месячные данные о потребленной электроэнергии. Для промышленных данных, кроме того, в качестве контроля дополнительно считываются суточные и получасовые данные.

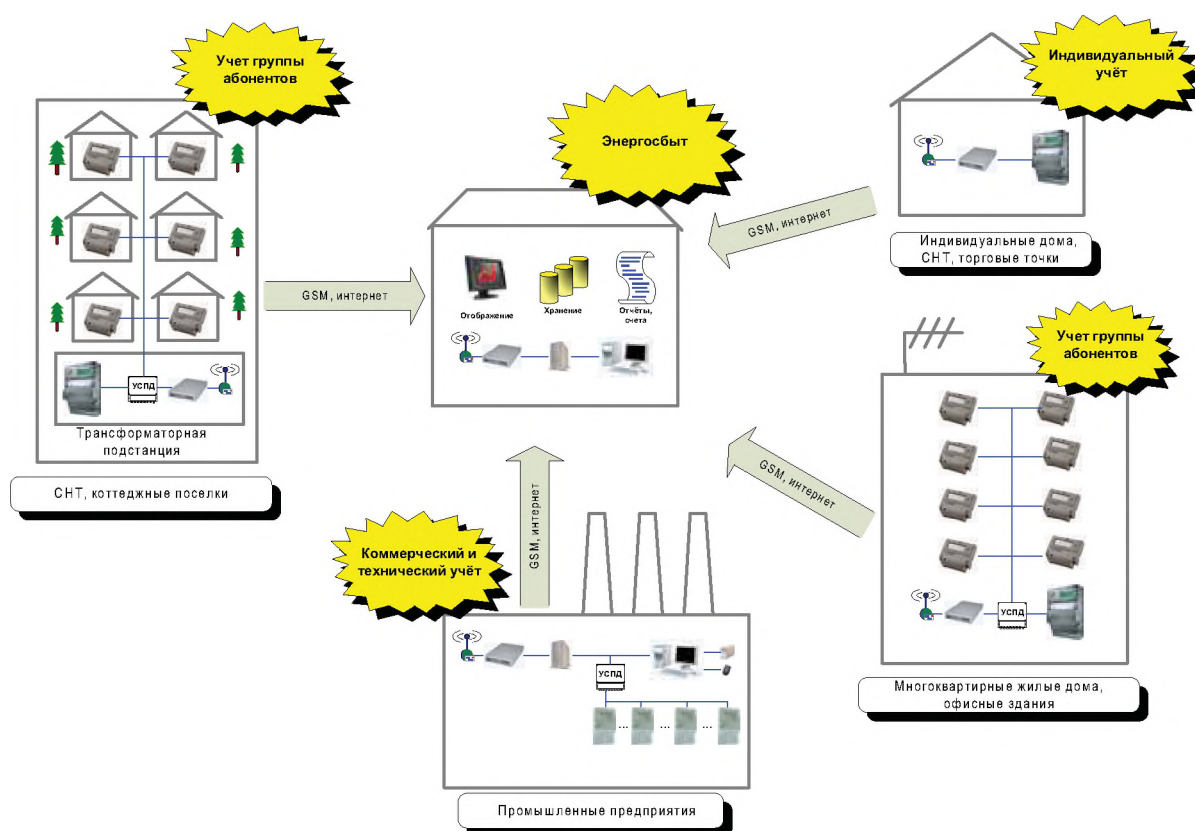


Рис. 1. Структурная схема распределённой многоуровневой АИИС

Наиболее простой является архитектура объектов с одной точкой учёта, которая состоит из счетчика электрической энергии и каналобразующей аппаратуры (рис. 2).

Если интерфейс обоих устройств совпадает, то они подключаются напрямую. Если нет, то между ними ставится соответствующий преобразователь интерфейсов.

**АИИС промышленного предприятия** может быть построена по двум принципам: на основе устройства сбора и передачи данных (УСПД) или на основе сервера сбора данных.

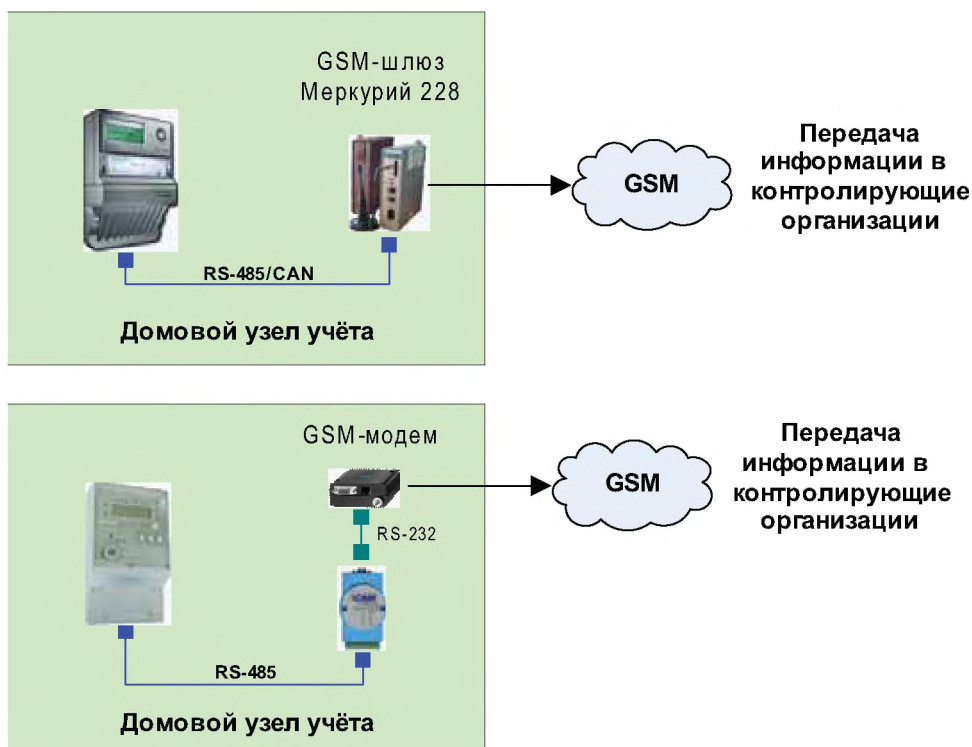


Рис. 2. Структурная схема АИИС КУЭ объектов с одной точкой учёта

Решение на основе УСПД (рис. 3) является оптимальным для автоматизации объектов контроля с ограниченными возможностями использования каналов связи. Сбор данных со счётчиков осуществляется УСПД по интерфейсам RS–485, Ethernet, с помощью GSM-, xDSL-модемов, по выделенным или коммутируемым телефонным линиям. Решение на основе сервера сбора данных (рис. 4) является оптимальным для автоматизации объектов контроля с развитой ИТ–инфраструктурой.

Сбор данных со счётчиков осуществляется с помощью преобразователей интерфейсов RS–485/RS–232–Ethernet.

Особенностью **учёта группы абонентов** является использование большого количества приборов учета. Построить АИИС КУЭ группы абонентов можно на основе устройства сбора и передачи данных (УСПД), проложив интерфейсные линии, или на основе PLC-технологии.

Особенностями решения на базе УСПД (рис. 5) являются:

- возможность использования счётчиков разных типов;
- наличие резервного канала связи;
- сбор месячных, суточных данных и данных по интервалам внутри суток (30, 60 минут и др.);
- сбор параметров электрической сети (токи, напряжения и др.)

Особенностями решения на базе PLC-технологий (рис. 6) являются:

- отсутствие необходимости прокладки интерфейсных линий;

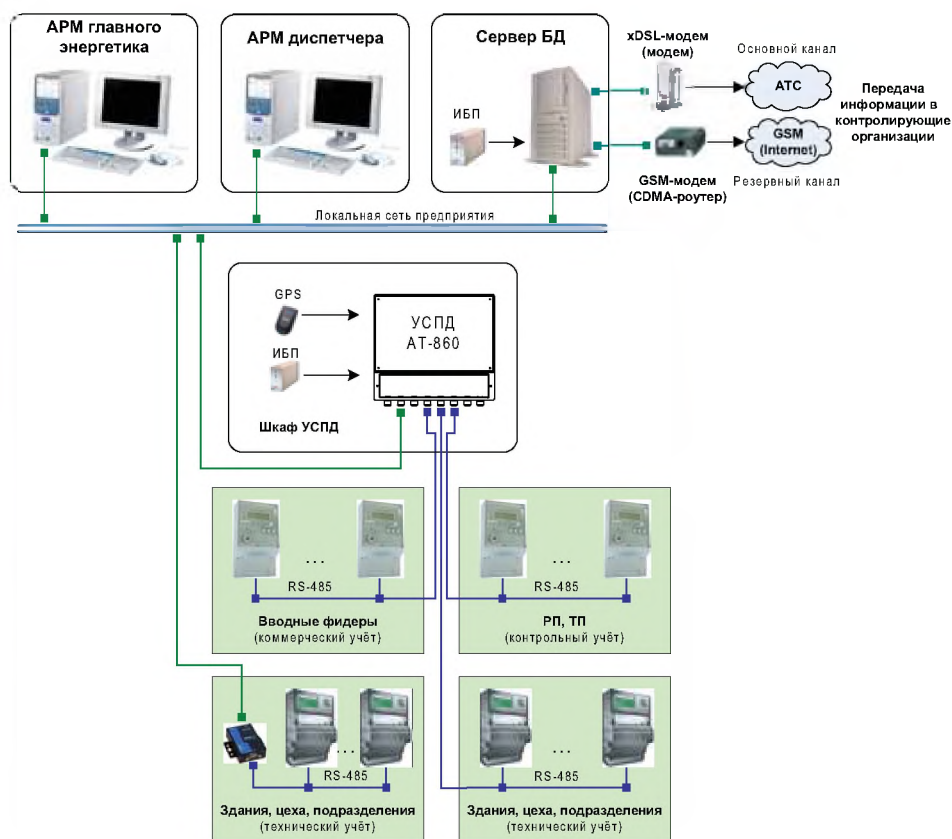


Рис. 3. Структурная схема АИИС КУЭ промышленного предприятия на основе УСПД

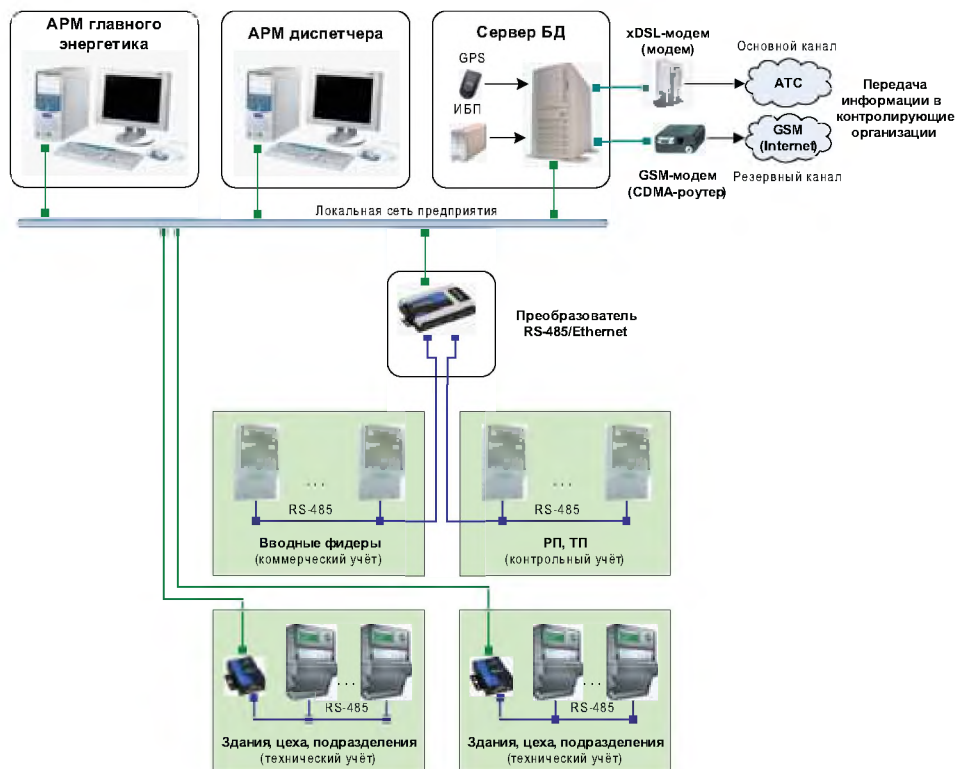


Рис. 4. Структурная схема АИИС КУЭ промышленного предприятия на основе сервера сбора данных



- сбор месячных и суточных данных об энергопотреблении.

Сбор данных с абонентских счётчиков осуществляется с помощью концентратора Меркурий 225 по силовой сети (Power Line Communications).

УСПД — автономное микропроцессорное устройство, обеспечивающее опрос счетчиков, обработку и хранение результатов измерений, ведение журнала событий, синхронизацию времени между верхним уровнем и счетчиками. Возможно подключение счетчиков как с импульсными выходами, так и с кодовыми, подключаемыми по стандартным интерфейсам (RS-232, RS-485, Ethernet).

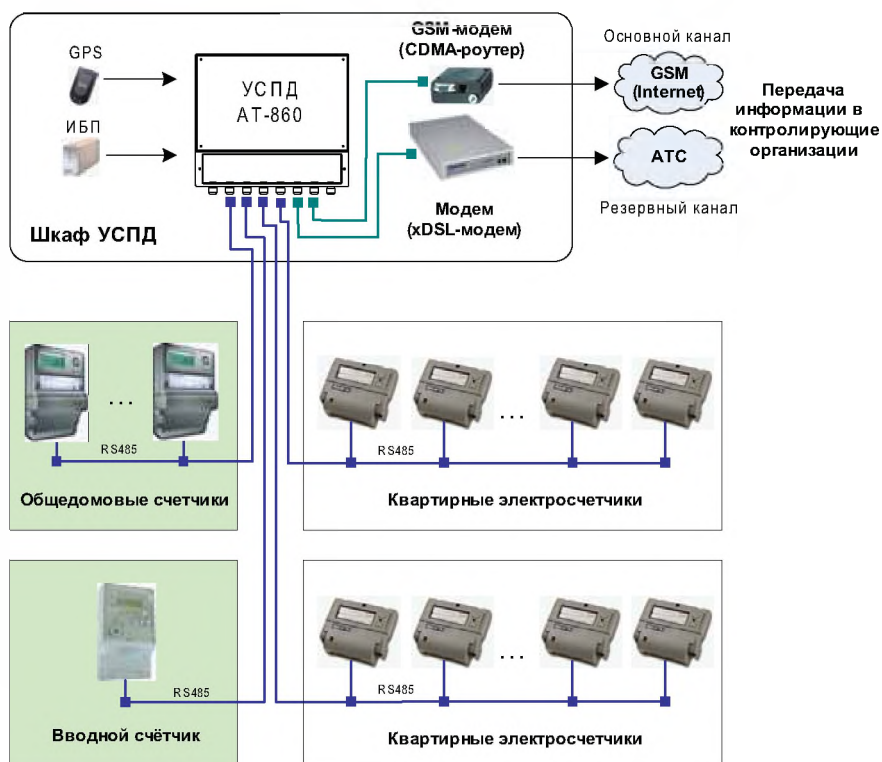


Рис. 5. Структурная схема АИИС КУЭ группы абонентов на основе УСПД

Со всех объектов учёта информация собирается в центр сбора данных со специализированным программным обеспечением. Типовая структура данного программного обеспечения представлена на рис. 7.

Центральным элементом является база данных Microsoft SQL Server. Для сбора данных служат модули сбора и замещения данных. Для проведения расчётов над полученными данными (например, для расчета годовых данных по объекту, расчёта потерь или раскладки данных по тарифам, если это не предусмотрено счетчиком) разработан «Модуль расчёта».

Для обмена данными между уровнями иерархической системы разработаны модули экспорта и импорта данных.

Для настройки соединения с базой данных и управления правами пользователей предусмотрен «Модуль администрирования».

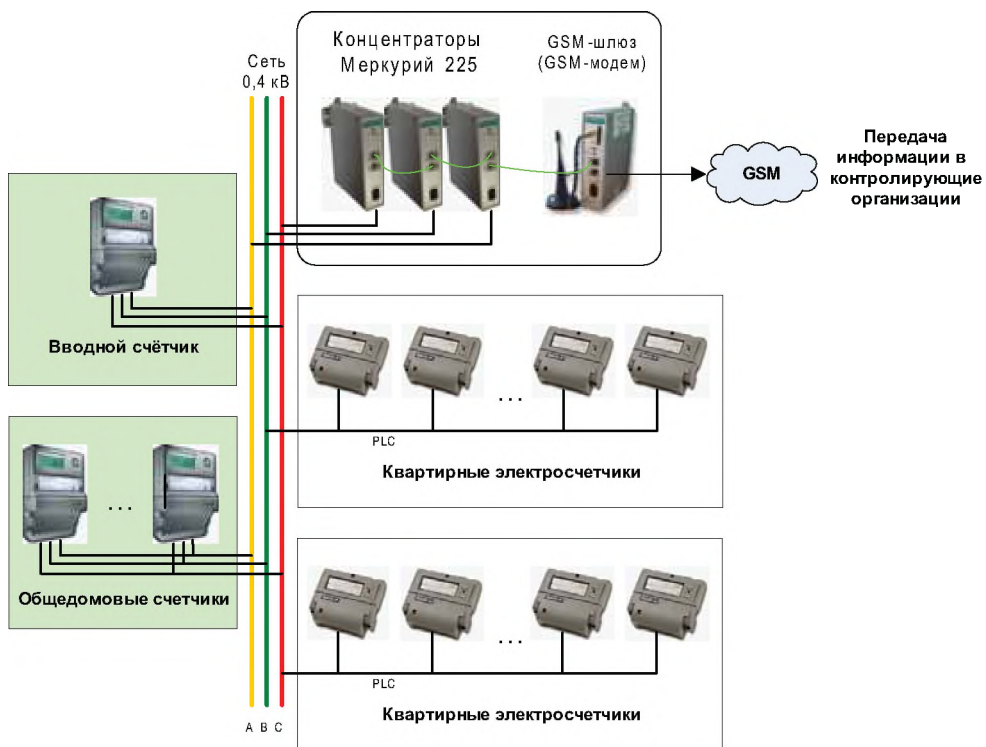


Рис. 6. Структурная схема АИИС КУЭ группы абонентов на основе PLC-технологий



Рис. 7. Структурная схема АИИС КУЭ объектов с одной точкой учёта

Программное обеспечение позволяет задавать и изменять конфигурацию системы (рис. 8), создавать отчёты по полученным данным (рис. 9), а также отображать данные в графическом (рис. 10) и табличном виде.

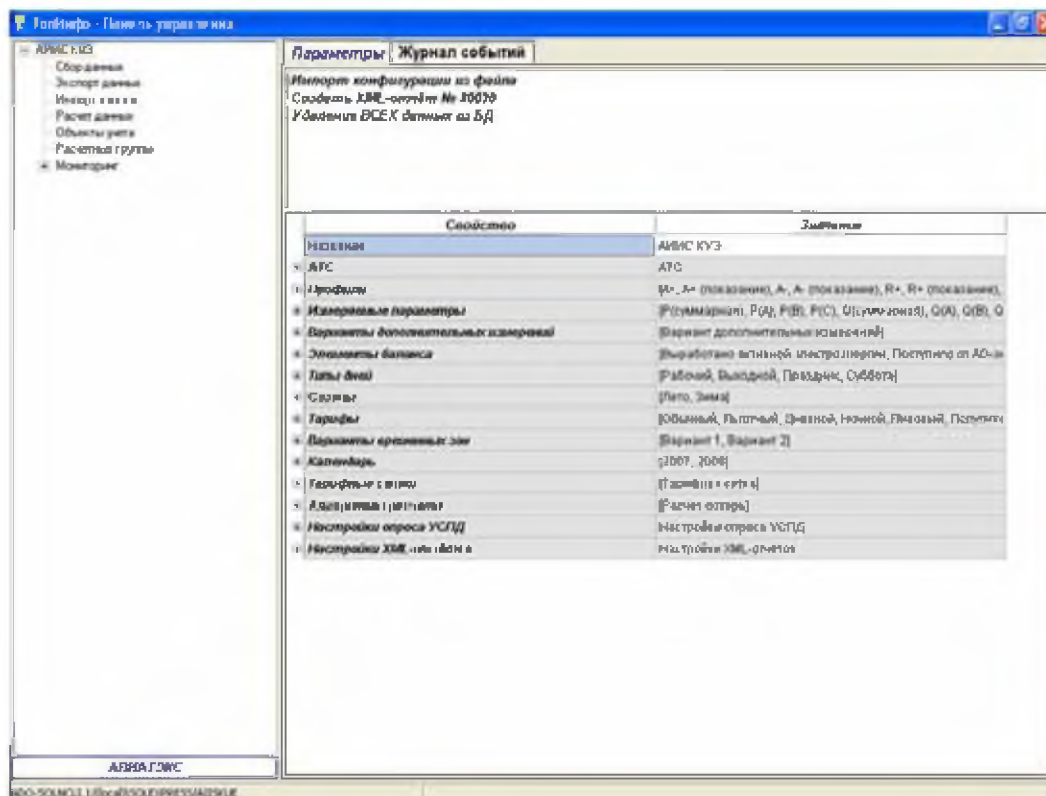


Рис. 8. Задание конфигурации системы

Таким образом, в результате научно-исследовательской работы произведен анализ требований к системам учета электроэнергии розничного рынка; разработаны общая архитектура системы и архитектуры типовых объектов учёта; разработано программное обеспечение для контролирующей организации, позволяющее производить опрос приборов учёта, обработку и хранение полученной информации, а также создавать отчетную документацию.

Результаты работы применены в создании систем АИИС КУЭ в ЗАО «Дедовский Хлеб», СНТ «Мирный-1» и спортивно-оздоровительном комплексе п. Нахабино Истринского района Московской области.

#### Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ от 31.08.2006 № 530 «Об утверждении Правил функционирования розничных рынков электроэнергии в переходный период реформирования электроэнергетики».
2. 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.

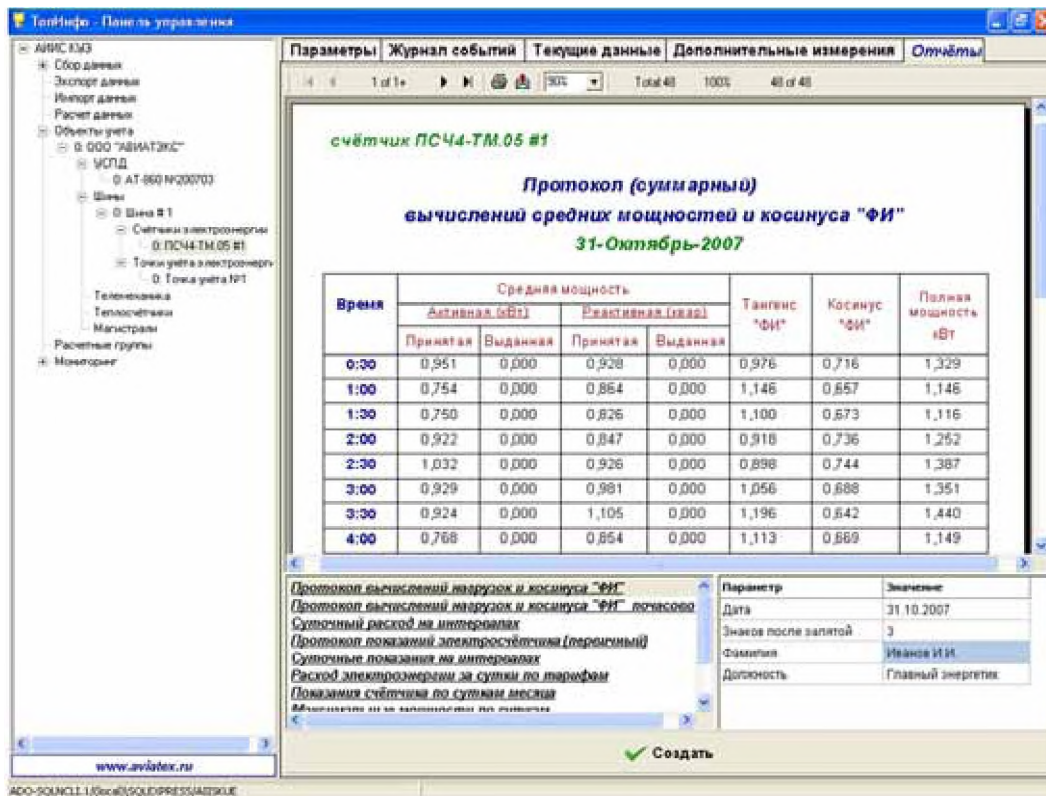


Рис. 9. Создание отчетных форм

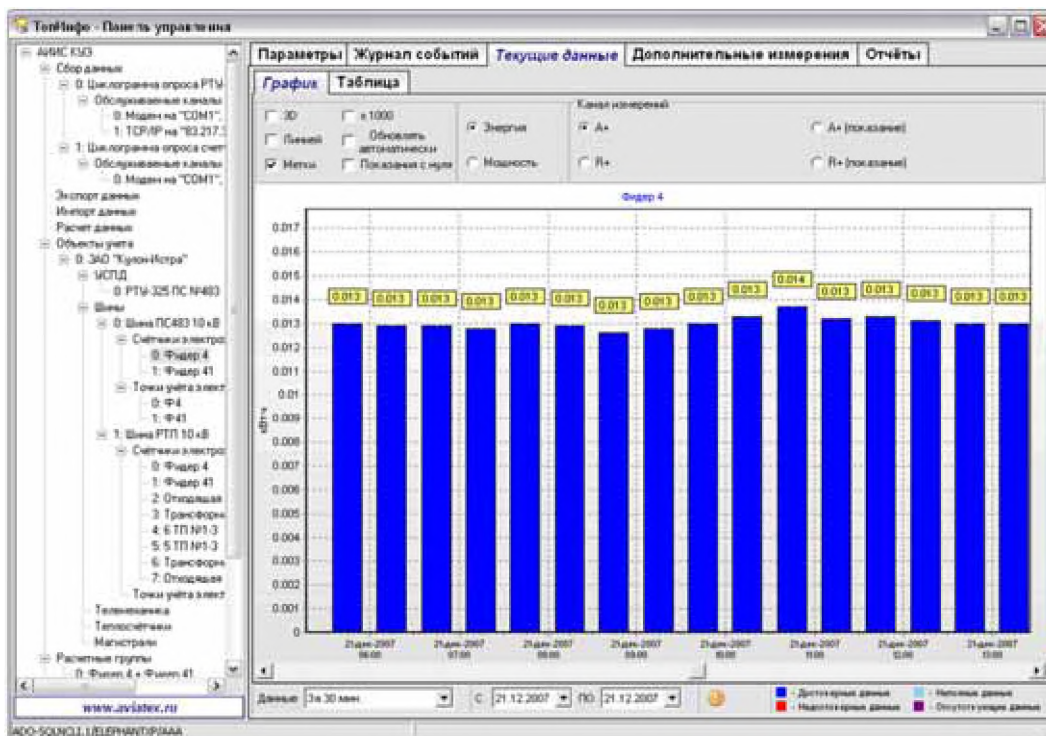


Рис. 10. Отображение данных в графическом виде



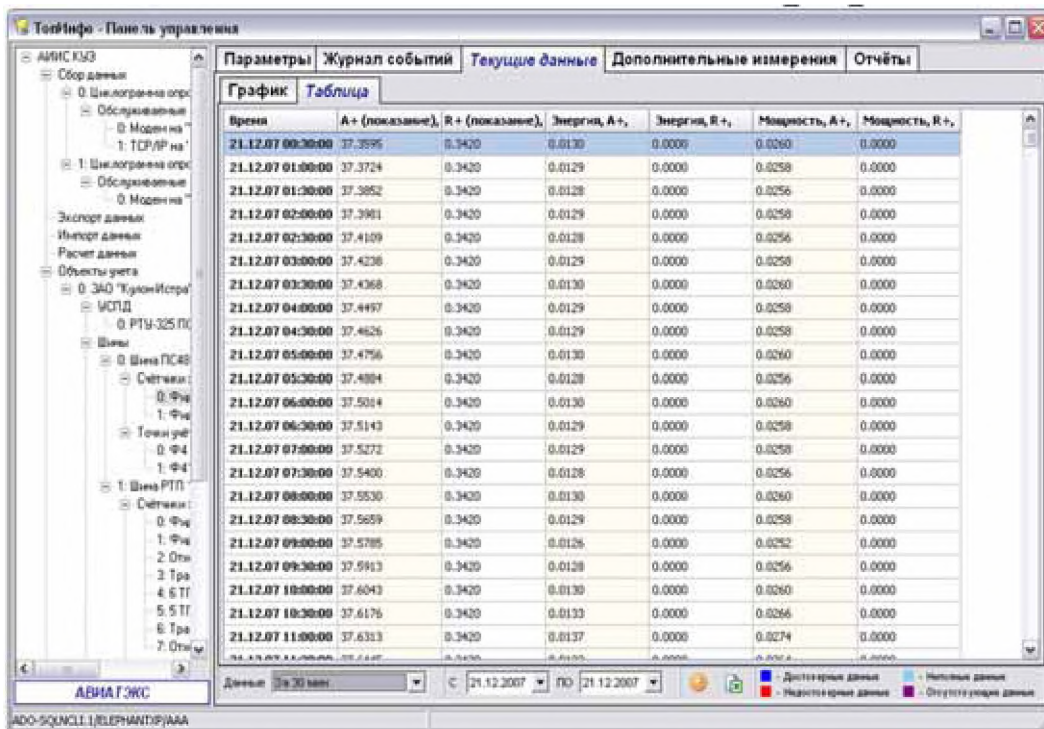


Рис. 11. Отображение данных в табличном виде

3. Волокитин Д. А., Резник Ю. О., Соловьёв С. Ю. Программно-технический комплекс «ТопИнфо-АТ»: учёт электроэнергии на розничном и оптовом рынках // ИСУП. 2002. № 2.

В. В. Князева, С. Ю. Соловьёв, О. Ю. Чубаров

Московский авиационный институт (государственный технический университет)

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ «АТ-860»

Современные автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учёта электроэнергии (АИИС КУЭ) представляют собой комплекс контрольно-измерительной аппаратуры (счётчики электрической энергии, контроллеры — устройства сбора и передачи данных), коммуникаций связи (модемы, кабели и т. д.) и компьютеры с установленным на них специализированным программным обеспечением (ПО).

Внедрение автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого учёта электроэнергии для розничного и оптового рынков электрической энергии требует разработки устройств сбора и передачи

данных (УСПД) для концентрации данных с первичных приборов учёта и передачи их на вышестоящие уровни [1].

УСПД АТ-860 предназначено для сбора результатов измерений от счётчиков с цифровыми интерфейсами и импульсными выходами типа «сухой контакт», сбора сигналов состояния объекта или средств измерений (теле-сигнализации), обработки результатов измерений, синхронизации времени в счётчиках электроэнергии, передающих информацию в данное УСПД, а также выполнения функций контролируемого пункта (КП) телемеханики.

УСПД АТ-860 обладает переменным составом функциональных блоков, необходимых для создания требуемых конфигураций каналов измерений и реализации конкретных функций и задач.

УСПД АТ-860 выполняет следующие функции [1]:

- сбор результатов измерений от счётчиков электрической энергии с цифровыми интерфейсами и от счётчиков электрической энергии с телеметрическими импульсными выходами типа «сухой контакт»;
- обработка результатов измерений в соответствии с параметризацией УСПД;
- предоставление интерфейса доступа к собранной информации;
- синхронизация времени как в самом УСПД, так и в счётчиках электроэнергии, передающих информацию в данное УСПД;
- самодиагностика с фиксацией в «Журнале событий»;
- ввод, вывод и обработка сигналов телемеханики.

УСПД может быть использовано на объектах энергетики, промышленных предприятиях, а также в других организациях, осуществляющих самостоятельные взаиморасчёты с поставщиками или потребителями электроэнергии.

УСПД АТ-860 представляет собой специализированный промышленный контроллер, в состав которого входят следующие компоненты:

- программируемый контроллер типа МІС или МІRage;
- источник (источники) вторичного электропитания;
- клеммное оборудование.

Контроллер типа МІС имеет модульную конструкцию на основе крейта АSМ3-МІС стандарта «Евромеханика» формата 3U, в котором установлены блок питания, процессорное устройство МІС-860, модули-носители МІС-СВ submodule стандарта ModPack. Контроллер типа МІRage содер-

жит процессорное устройство MIRage-CPU и модуль-носитель MIRage-CPU-Ext интерфейсных submodule.

Процессорные устройства MIC-860 и MIRage-CPU выполнены на единых программно-технических средствах. Submodule обеспечивают построение требуемой конфигурации коммуникационных каналов, а также могут быть использованы для реализации каналов телемеханики непосредственно в УСПД.

УСПД АТ-860 рассчитано на работу с многофункциональными микропроцессорными счетчиками электрической энергии с цифровыми интерфейсами и со счётчиками с телеметрическими импульсными выходами типа «сухой контакт».

УСПД АТ-860 поддерживает следующие типы микропроцессорных счётчиков электрической энергии с цифровыми интерфейсами: Альфа А1, Альфа-Плюс, А1300, А1600, А1700, СЭТ-4ТМ.02, СЭТ-4ТМ.03, ПСЧ-4ТМ.05, Меркурий 230.

УСПД АТ-860 обеспечивает опрос счётчиков электрической энергии указанных в табл. 1 типов, имеющих интерфейсы RS-232, RS-422, RS-485. Опрос счётчиков возможен также через преобразователи интерфейсов RS-232 / RS-422 / RS-485 — Ethernet. Подключение интерфейсных сигналов счётчиков к преобразователям интерфейсов производится согласно схемам, приведённым в технической документации на применяемое оборудование.

При подключении импульсных счётчиков электрической энергии их телеметрические выходы должны обеспечивать следующие характеристики:

- в состоянии «замкнуто» сопротивление выходной цепи не более 100 Ом при амплитуде тока не менее 2,5 мА;
- в состоянии «разомкнуто» сопротивление выходной цепи не менее 5 кОм при остаточной амплитуде тока (при отсутствии сигнала) не более 1 мА;
- длительность импульсов не менее 25 мс при частоте следования не более 10 Гц.

При частоте следования входных импульсов менее 10 Гц и скважности импульсов от 0,1 до 0,9 вероятность пропуска единичного импульса не более  $10^{-3}$ .

Разработанное программное обеспечение (ПО) УСПД АТ-860 состоит из системного и прикладного ПО.

Системное ПО УСПД АТ-860 — многозадачная операционная система (ОС) реального времени для встраиваемых приложений OS-9 компании

Microware Systems. Операционная система OS-9 выполняет задачи в соответствии с приоритетами, обеспечивает гибкое взаимодействие между программными модулями, осуществляет динамическое распределение памяти, использует развитые средства межзадачного взаимодействия и быстрые процедуры обслуживания прерываний с гарантированным временем реакции.

Прикладное ПО УСПД АТ-860 состоит из двух основных частей:

- ПО коммерческого и технического учёта электроэнергии;
- ПО телемеханики.

Прикладное ПО УСПД АТ-860 реализовано в виде программных модулей, предназначенных для выполнения в среде операционной системы OS-9.

Для обеспечения дистанционного сбора информации об учёте электроэнергии и для задач диспетчеризации используются различные каналы связи.

Все каналы можно разделить на четыре основные группы:

- выделенные каналы;
- каналы на основе технологии GSM;
- каналы сотовой сети CDMA;
- каналы на основе PLC технологий.

Передача данных **по выделенным линиям** связи многими ведущими специалистами мира признана наиболее перспективной, так как при этом резко увеличивается достоверность и скорость передачи информации, исключаются радиопомехи в жилых помещениях и вредное воздействие токов высокой частоты на здоровье жителей, значительно уменьшается стоимость оборудования и, кроме того, организуется постоянный стационарный канал связи.

Организация таких каналов для существующих объектов сопряжена с большими затратами, а при строительстве нового здания монтаж линий связи не требует больших трудозатрат, так как в современных жилых домах и промышленных объектах предусмотрены межэтажные каналы для слаботочных линий и линии АИИС КУЭ прокладываются вместе с другими линиями (телефон, телевидение, радиотрансляция, пожарная сигнализация и т. п.). Всё оборудование АИИС КУЭ может устанавливаться в слаботочной части этажного шкафа. Эксплуатация выделенных линий связи также является более простой и безопасной (на линиях связи отсутствует напряжение, опасное для человека).



У выделенных каналов есть большое преимущество — они позволяют создавать не только системы учёта электроэнергии, но и полноценные системы диспетчеризации.

Однако следует отметить очень ограниченное применение выделенных каналов связи: такие каналы имеются в посёлках с развитой инфраструктурой связи, в некоторых городских электрических сетях.

В сотовой связи **GSM** (от названия *Groupe Spécial Mobile* — 1982 г.; в 1990 г. группа переименована в *Global System for Mobile Communications* — глобальный цифровой стандарт для мобильной сотовой связи) при организации каналов связи используется стандарт TDMA (*Time Division Multiple Access* — множественный доступ с разделением по времени) — способ использования радиочастот, когда в одном частотном интервале находится несколько абонентов, разные абоненты используют разные временные слоты (интервалы) для передачи.

Каналы сотовой связи GSM часто используются ввиду широкого распространения сетей GSM, доступности оборудования и невысокой стоимости организации канала связи и его последующей поддержки. Особенно это стало актуальным после исключения оплаты входящих звонков.

Также есть возможность дистанционно получать информацию в несколько центров сбора данных.

Стандарт GSM гарантирует защиту от несанкционированного доступа к передаваемой информации третьими лицами: при установлении связи информация в линии связи передается в зашифрованной форме. Конфиденциальность каждого абонента защищена и гарантирована тем, что его личность и местоположение защищены путём назначения для каждого пользователя временного идентификатора подвижного абонента (*Temporary Mobile Subscriber Identity* — TMSI), который изменяется от звонка к звонку.

Оптимально использование связи GSM для решения задач учёта на трансформаторных подстанциях с прямым опросом одного-двух счётчиков или использованием УСПД при большом количестве точек учёта [2].

Сотовая связь стандарта **CDMA** (*Code Division Multiple Access* — множественный доступ с кодовым разделением), предлагаемая оператором Skylink, изначально ориентирована на передачу данных по постоянному каналу (описана стандартом IS-95). Опытная эксплуатация в течение года показала уверенную связь и высокую скорость, что позволяет с успехом использовать этот вид связи как для учёта электроэнергии, так и для задач телемеханики и диспетчеризации в реальном масштабе времени. Актуально применение канала CDMA для автоматизации средних объектов типа

РТП и городских ТП, когда нет возможности организации выделенных каналов. Недостаток сетей CDMA — небольшое по сравнению с GSM распространение, более высокая стоимость оборудования.

**PLC (Power Line Communication)** — технология передачи данных по силовой сети, в настоящее время развивающаяся для решения задач учёта в сетях 0,4 кВ. Основное преимущество — минимальная стоимость создания канала. Недостатки связаны с конкретными реализациями и существующими ограничениями на длины линий сети 0,4 кВ. Также данная технология ограничена задачами диспетчеризации только в том объёме, который был предусмотрен разработчиком той или иной системы PLC. Оптимально использование технологий PLC для организации учёта в жилом секторе (многоквартирные жилые дома, посёлки) с установкой концентраторов PLC в комплектных шкафах внутри трансформаторных подстанций [2].

На первый взгляд, передача данных по силовым сетям очень удобна. Однако отечественные электросети отличаются большим износом силовых кабелей и распределительных устройств, устаревшей аппаратурой. Всё это резко повышает требования к помехозащищённости канала связи, в свою очередь, отражается на его стоимости. Кроме того, необходимо учитывать, что в больших многоэтажных и многоподъездных зданиях неэкранированной электропроводкой "окутаны" все помещения и появление в ней высокочастотных электромагнитных излучений может отрицательно повлиять на здоровье жителей [2].

Все устройства, работающие в канале передачи данных, подключены к силовой сети и являются электроустановками, что значительно повышает требования к квалификации обслуживающего персонала. При всём этом стоимость оборудования, необходимого для осуществления такого вида передачи данных, гораздо выше, нежели стоимость оборудования и кабеля при передаче данных по выделенным каналам.

Исходя из проведённого анализа работы каналов связи сформулированы предпочтения по использованию каналов связи для передачи данных между УСПД и контролирующей организацией для каждого типа объектов учёта (табл. 1).

В результате научно-исследовательской работы получены следующие результаты.

1. Проведен анализ требований к устройствам сбора и передачи данных.
2. Разработано программное и аппаратное обеспечение устройства сбора и передачи данных.
3. Произведен анализ каналов связи, используемых для передачи дан-

ных между УСПД и контролирующей организацией.

4. По результатам проведённого анализа определены возможности использования различных каналов связи для объектов каждого типа.

Таблица 1

*Предпочтения по использованию каналов связи*

Объекты учёта	Каналы связи	
	Основной	Резервный
Одна точка учёта	GSM	GSM (альтернативный оператор)
Группа абонентов	CDMA	GSM
Промышленные предприятия	Электронная почта (интернет)	GSM, CDMA, коммутируемые телефонные линии

Опытный образец разработанного УСПД установлен в АИИС КУЭ ЗАО «Дедовский Хлеб» Истринского района Московской области.

В настоящий момент ООО «АВИАТЭКС» планирует серийное производство разработанного УСПД для установки его на объектах учета энергоресурсов своих заказчиков.

Библиографический список

1. Волокитин Д. А., Резник Ю. О., Соловьёв С. Ю. Программно-технический комплекс «ТопИнфо-АТ»: учёт электроэнергии на розничном и оптовом рынках // ИСУП. 2007. № 2.
2. 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.

Н. В. Павлова, Д. А. Загребин

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

**ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
МЕДИЦИНСКОГО ЦВЕТО-ЗВУКОВОГО ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО  
ПРИБОРНОГО КОМПЛЕКСА**

Цветово-звуковой терапевтический эффект используется в медицине при лечении различных физиологических и психологических нарушений и различного рода зависимостей — алкоголизм, табакокурение, наркозависимость и пр.

Суть цвето-звукового терапевтического эффекта заключается в синхронном воздействии цветowych пятен (вспышек) и звука на визуальный и слуховой каналы восприятия человека. Часто совместно с цветовым и звуковым используется воздействие на тактильный аппарат человека в виде электрического тока.

Для воздействия звука на человека используются звуковоспроизводящие устройства — персональный компьютер, магнитофон, плеер с наушниками. Для воздействия цветowych пятен используется экран монитора компьютера или светодиодные очки.

В состав рассматриваемого в данной работе цвето-звукового терапевтического приборного комплекса входят:

- устройство звукозаписи (микрофон);
- персональный компьютер;
- стандартное программное обеспечение для звукозаписи;
- разработанное программное обеспечение для загрузки, редактирования, сохранения и проигрывания цвето-звуковых сигналов;
- устройство воспроизведения звука (наушники или звуковые колонки);
- очки со светодиодами;
- звуковая плата в персональном компьютере;
- плеер или магнитофон для автономного воспроизведения звука;
- плата с фильтром для выделения из цвето-звуковых сигналов звука и цветowych пятен и их передачи в светодиодные очки.

Структурная схема комплекса представлена на рис. 1.

Разработанное программно-алгоритмическое обеспечение медицинского цвето-звукового терапевтического приборного комплекса позволяет:

- загружать звуковые WAVE файлы;
- проводить полосовую фильтрацию загруженного сигнала;
- осуществлять стандартные операции копирования, вырезания, вставки;
- производить прямоугольное изменение амплитуд;
- производить треугольное изменение амплитуд;
- производить модуляцию синусоидой;
- производить модуляцию другим сигналом (с предварительной фильтрацией);
- производить растяжение–сжатие сигнала;

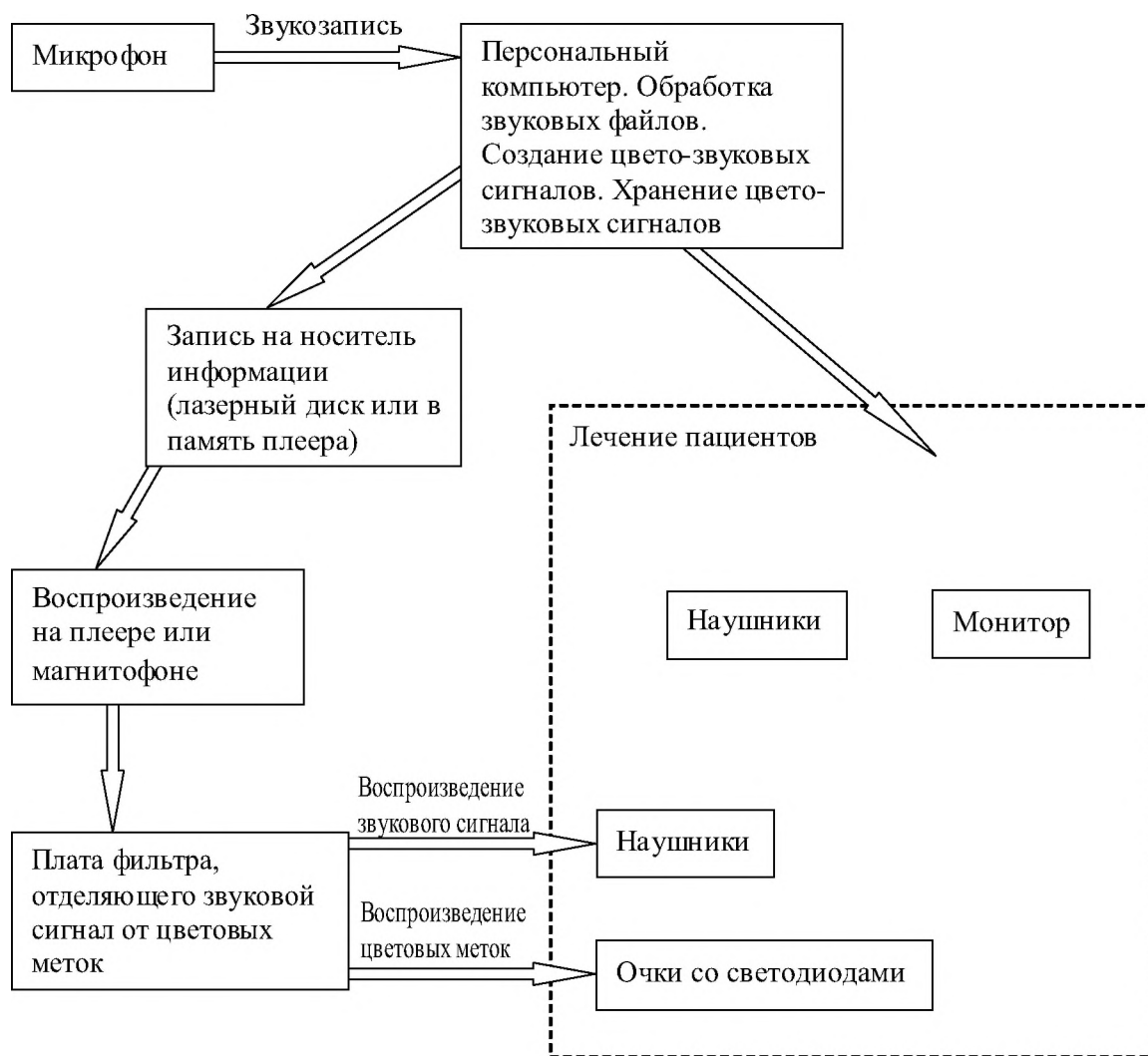


Рис. 1. Структурная схема работы цвето-звукового комплекса

- производить расстановку цветowych меток на звуковой сигнал (в ручном или в автоматическом режиме);
- сохранять цвето-звуковой стереосигнал в звуковом файле с наложенными в виде высокочастотной составляющей цветowymi метками;
- проигрывать цвето-звуковой стереосигнал с синхронным отображением цветowych пятен.

Данный комплекс способен производить лечение в двух режимах.

В первом режиме врач подготавливает цвето-звуковые сигналы на персональном компьютере, затем проигрывает пациенту полученные сигналы на компьютере с синхронным отображением цветowych пятен на экране монитора.

Второй режим работы — врач также подготавливает цвето-звуковые сигналы на персональном компьютере, сохраняет их с наложенными цветowymi метками в виде сигналов высокой частоты на диск или в память плеера. Затем цвето-звуковой сигнал воспроизводится на плеере, проходит через соответствующие фильтры, из него выделяется звуковой сигнал, воспроизводимый наушниками, и цветовой сигнал, управляющий вспышками света в светодиодных очках.

В статье предлагается программно-алгоритмическое обеспечение такого цвето-звукового терапевтического медицинского приборного комплекса. Программное обеспечение предназначено для создания и обработки цвето-звуковых сигналов длительностью до 45 минут, сохранения их в звуковом файле с наложенными цветowymi метками в виде высокочастотной составляющей и проигрывания цвето-звуковых сигналов с синхронным отображением на черном фоне цветowych пятен. Работа с программой осуществляется по шагам.

Перед началом работы пользователь с помощью микрофона записывает необходимое звуковое сообщение и сохраняет его в звуковом файле (Windows PCM). На первом шаге работы с программой пользователь в качестве исходного звукового сигнала для левого канала загружает звуковой файл, записанный с микрофона. Второй шаг — пользователь проводит полосовую фильтрацию сигнала и переходит на шаг обработки звукового сигнала (рис. 2).

На данном шаге доступны стандартные операции копирования, вырезания, вставки, растяжение–сжатие сигнала (от 0,33 до 3 раз), модуляция синусоидой (с частотой от 0,1 до 1000 Гц) или другим звуковым сигналом (для которого можно провести предварительную фильтрацию), прямоугольное и треугольное изменение амплитуд (с помощью амплитудной линии в ниж-

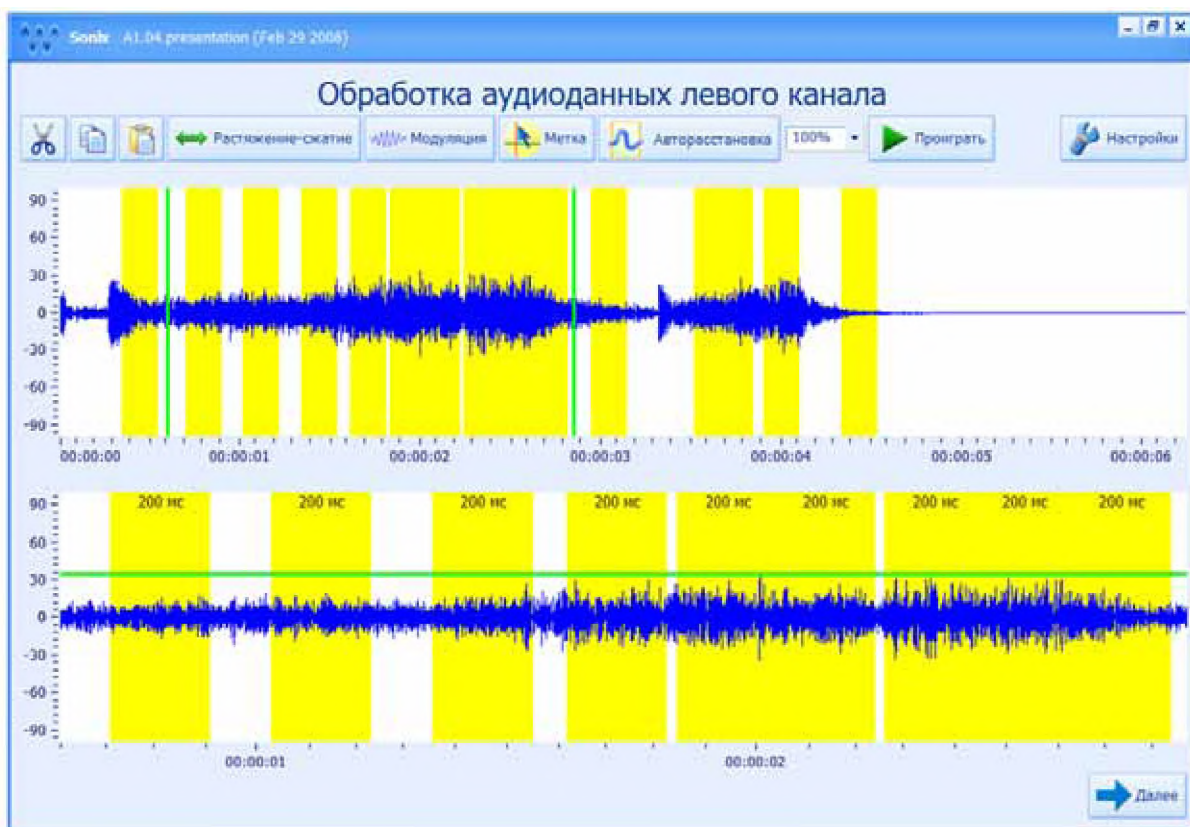


Рис. 2. Обработка звукового сигнала и наложение цветowych меток

нем окне), проигрывание участка сигнала. Кроме того, здесь расставляются цветowe метки в виде залитых областей. Расстановка цветowych меток возможна как в ручном, так и в автоматическом режимах. В автоматическом режиме разработанное программное обеспечение делает доступным два способа расстановки цветowych меток:

- пороговый;
- интегральный.

При пороговой авторасстановке цветова метка ставится на положительном росте аудиосигнала при превышении заданного порога амплитуд.

При интегральной авторасстановке сигнал интегрируется методом трапеции. По достижении суммы амплитуд заданного числа ставится цветова метка. Интегрирование продолжается заново.

После обработки звукового сигнала и наложения меток для левого канала все шаги повторяются для правого канала (загрузка, фильтрация, обработка, наложение цветowych меток).

После обработки обоих звуковых каналов они объединяются в один цвето-звуковой стереосигнал, и пользователь переходит на последний шаг (рис. 3) — проверку цвето-звукового стереосигнала в сборе. Пользователь может проиграть его, сохранить на жестком диске с наложенными цветowymi метками в виде высокочастотной составляющей или проиграть



в режиме отображения цветowych пятен.



Рис. 3. Завершающий шаг работы с программой

В данном режиме на черном фоне синхронно с проигрываемым стереозвуковым сигналом в соответствии с расставленными цветовыми метками появляются и исчезают цветочные пятна. Точность синхронизации составляет 30 мс. Этот режим можно использовать для проведения лечения пациентов.

Цвет, яркость, размер цветочных пятен, амплитуда и частота накладываемых цветочных меток задаются в настройках.

Для решения проблемы отображения на экране всех точек сигнала максимальной длительности (119 миллионов точек для сигнала длительностью 45 минут и частотой дискретизации 44100 Гц) потребовалось создание трехуровневого кэша.

Кэш первого уровня служит для ускорения работы с файловой системой компьютера. Кэш второго уровня — массив максимальных и минимальных амплитуд всего сигнала с определенным запасом — позволяет свести к минимуму обращение к файловой системе для изображения сигнала. И наконец, кэшем третьего уровня обладают оба окна с сигналами. Кэш третьего уровня также состоит из минимальных и максимальных амплитуд, но только отображаемых участков сигнала и без запаса (число максимумов и минимумов равно числу пикселей в окне).



Использование кэшей позволило осуществлять отображение сигнала без запаздывания и в реальном режиме времени.

Тестирование разработанного программного обеспечения проводилось на различных звуковых сигналах длительностью от 1 секунды до 45 минут.

Проведенное тестирование подтвердило работоспособность разработанного программного обеспечения, возможность его применения для создания и обработки цвето-звуковых сигналов при проведении лечения пациентов. Разработанное программно-алгоритмическое обеспечение может быть использовано как самостоятельное средство для лечения различного рода зависимостей и как часть медицинского цвето-звукового терапевтического приборного комплекса.

Программное обеспечение разработано в интегрированной среде Microsoft Visual Studio 2005 на языке Visual C++. Для работы с программным обеспечением необходима следующая минимальная конфигурация системы: Pentium III, 1 ГГц, 512 Мб ОЗУ, Microsoft Windows XP.

#### Библиографический список

1. Steven C. McConnell. Code Complete. Second Edition. — Redmond: Microsoft Press, 2004. ISBN 0-7356-1967-0.

Н. А. Максимов, А. И. Токмаков

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЁТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ**

Автоматическая регистрация и контроль перемещений подвижного состава, проверка формирования состава относятся к первоочередным задачам на таких объектах железной дороги, как сортировочные станции, таможенные и пограничные терминалы и др. Внедрение системы автоматического распознавания номеров грузовых вагонов — гарантия надежной работы в круглосуточном режиме, в любых внешних условиях, без необходимости трудоемкого обслуживания.

Проблема контроля подвижного состава и грузов, доставляемых по железной дороге, актуальна для таких промышленных объектов, как:

- нефтеперерабатывающие заводы;

- металлургические, горно-обогатительные комбинаты;
- топливно-заправочные комплексы;
- продуктохранилища.

Решение задачи учёта вагонов является необходимым при обеспечении комплексной безопасности перечисленных объектов, в первую очередь, для предотвращения хищений и пропажи грузов (ценного сырья и дорогостоящей продукции), а также для обеспечения оптимального использования железнодорожного транспорта за счёт минимизации простоев вагонов.

**Цель данной работы** — разработка подобной системы, с использованием собственного алгоритма обработки видео, позволяющего распознавать номера полувагонов, проезжающих через точки контроля системы.

**Требования к системе.** Основным требованием является большая вероятность распознавания номеров вагонов — около 98 %. Аналогичная цифра у существующих систем колеблется на уровне 90–95 %. Применение алгоритмов, использованных для доработки существующих систем, невозможно, так как системы закрыты.

Система для регистрации поездов использует видео, полученное с трёх камер наблюдения. Две из них направлены на борта вагона, третья направлена на груз вагона и расположена сверху. Эти камеры образуют зону наблюдения системы.

Кроме составления списка проезжающих поездов, требуется также записывать видео со всех трёх камер наблюдения, а после, при необходимости, воспроизводить его. Таким образом, система должна создавать архив видео, связанный со списком поездов.

Следует разрабатывать систему так, чтобы без значительных усилий по её перепрограммированию можно было бы использовать её и на других подобных предприятиях. В частности, планируется установить несколько дополнительных точек контроля и на самом разрезе «Восточный». Планируется рассмотреть и возможность системы распознавать номера цистерн. Следует предусмотреть также возможности подключения дополнительных функций (например, использование информации от весов, по которым проезжают вагоны).

**Основные алгоритмы.** Основой системы является модуль обработки видео, реализующий три алгоритма:

- 1) алгоритм распознавания номеров;
- 2) алгоритм распознавания границ состава;
- 3) алгоритм распознавания границ между вагонами.

Данные, полученные от этого модуля, служат основой для составления списка вагонов и составов и для записи видео в архив.

**Алгоритм распознавания номеров.** Этот алгоритм обрабатывает каждый поступающий кадр по отдельности и в несколько этапов.

На первом этапе изображение преобразуется к стандартному виду, а именно в серое (256 градаций серого); вырезается заранее заданный участок, в котором на кадре должен находиться борт вагона. Также изображение уменьшается до размера, заданного масштабными коэффициентами.

На втором этапе производится проверка наличия номера или чего-то похожего на номер на изображении. Для этого изображение просматривается, и на нём ищутся участки, похожие на линии цифр номера. Большое скопление таких участков на одной высоте, очевидно, может означать наличие номера. Участок исходного изображения, где найдено это скопление, вырезается и передаётся на дальнейшую обработку. В случае, если большого скопления не обнаружено, алгоритм завершает работу и ожидает поступления следующего кадра.

На третьем этапе производится отделение фона изображения от символов, изображение становится чёрно-белым. При этом фон изображается чёрным цветом, а символы — белым. На этом этапе также производится поиск участков, наиболее похожих на линии цифр номера, но в этот раз центры этих участков изображаются белыми кружками на чёрном фоне. Результат этого этапа представлен на рис. 1. Данный этап нечувствителен к плавным перепадам яркости борта вагона и самих цифр, позволяет отфильтровать большую часть ложных светлых пятен.



Рис. 1. Исходное изображение номера (сверху), найденные участки (изображены белыми точками), обработанное изображение (снизу)

На четвёртом этапе происходит собственно распознавание. На полученном чёрно-белом изображении производится поиск участков, похожих на цифры размерами и сравнение каждого такого участка с шаблоном каждой цифры. Если результат сравнения меньше заданного порога, цифра считается распознанной и добавляется в выходной массив.

На пятом этапе проверяется контрольная цифра номера (восьмая цифра). Если число, вычисленное по стандартному алгоритму, совпадает с восьмой цифрой номера, он считается распознанным.

**Алгоритм распознавания границ состава.** Он используется для определения наличия состава в кадре. Алгоритм анализирует последовательность кадров на наличие движения в заданной прямоугольной области. Если движение возникает в большей части области, и при этом участок, где возникло движение, растёт справа налево или слева направо, система считает, что поезд въехал в кадр. Если движение аналогично пропадает из кадра — поезд выехал из кадра. Нельзя судить о наличии или отсутствии поезда просто по наличию или отсутствию движения в кадре, так как поезд может останавливаться, а затем, естественно, трогаться с места.

В случае, если поезда нет в кадре, изображения с камер не обрабатываются остальными алгоритмами, запись видео не производится.

**Алгоритм распознавания границ между вагонами.** Используется для определения начала и конца очередного вагона. Данные, полученные от этого алгоритма, служат для определения несрабатывания алгоритма определения номера (когда вагон проехал, а номер не был распознан). Кроме того, время прохождения начала и конца каждого вагона сохраняется, что позволяет проигрывать запись с камер наблюдения для каждого конкретного вагона заданного состава.

Алгоритм основан на том свойстве, что яркость изображения между вагонами отличается от яркости бортов самих вагонов. Появление таких участков регистрируется, затем анализируется их форма, и принимается решение о наличии или отсутствии разрыва между вагонами. Для анализа используются отдельные кадры.

**Программное обеспечение.** В основе системы лежит программа, написанная на языке C++ для операционной системы Microsoft Windows XP 32bit.

Программа реализована в виде одного исполняемого файла, внутри которого объединены нескольких модулей. Каждый модуль реализует специфические функции и может быть использован отдельно или заменён на другой модуль, реализующий те же функции. Модули реализованы в виде отдельных классов.

Для изменения функциональности программы требуется замена реализации данного класса на другую и перекомпиляция. Однако при этом не требуется изменять код остальных модулей. Для модуля распознавания перекомпиляция — единственный способ подключения к программе. Использование динамически подключаемых библиотек (DLL) плохо сочетается с принципами ООП, а технология component object model (COM) снижает производительность системы. Однако есть возможность отделить модули сохранения результатов, архивации, работы с БД при помощи технологии COM для того, чтобы заменять их без перекомпиляции, так как они не столь критичны к быстрдействию.

При разработке системы была создана небольшая вспомогательная библиотека классов, обеспечивающая поддержку более «умных» массивов, чем встроенные в C++, поддержку изображений с операторами доступа к каждому пикселю, поддержку масштабирования этих изображений и преобразования их к стандартным для Microsoft Windows форматам. Вся библиотека спроектирована в первую очередь с соблюдением требований быстрдействия, поэтому не был использован, например, класс стандартной библиотеки vector, реализующий поддержку «умных» массивов.

Для работы с видео используется механизм DirectShow, обеспечивающий универсальные интерфейсы, позволяющие применять разнообразное оборудование для захвата и отображения видео.

**Внедрение.** Система будет внедрена этим летом на разрезе «Восточный» АО «ЕЭК» в городе Экибастуз, Казахстан. Там будет установлена одна точка контроля.

После тестовой эксплуатации разрез «Восточный» планирует установить ещё семь аналогичных точек для контроля передвижения железнодорожного транспорта по всей своей территории, будет рассматриваться возможность распознавания номеров цистерн, которые также используются на этом предприятии.

Е. С. Нораева, А. А. Пунтус

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХКОНТУРНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СЕРВОПРИВОДА**

В данной работе исследуется двухконтурный гидравлический сервопривод, используемый в системах дистанционного управления маневрен-

ными летательными аппаратами. Целью работы является создание оптимального контура управления, учитывающего возможности физической реализуемости и позволяющего снизить воздействия основных нелинейностей на амплитуду и фазовое запаздывание выходного сигнала. При этом параметры движения выходного звена рассмотрены при разных управляющих воздействиях. Для современных летательных аппаратов актуален переход от аналоговых систем управления к цифровым, позволяющий обеспечивать динамическую корректировку параметров системы управления самолетом в полете. Роль рулевого привода в контуре управления самолетом всегда была определяющей, поскольку требуемые статические, динамические и энергетические характеристики рулевого привода в конечном счете определяют его конструктивный облик и возможности системы управления.

При регулировке системы на земле, путем подачи специального входного управляющего воздействия, определяются начальные значения основных параметров рулевого привода, которые заносятся в основную память цифрового вычислителя. Применение корректируемого алгоритма управления приводом позволяет добиться значительного улучшения характеристик замкнутой системы «самолет — система дистанционного управления — привод». Это улучшение характеристик состоит в уменьшении гармонических искажений выходного сигнала; снижении влияния нелинейностей контура управления; повышении динамических характеристик системы путём снижения перерегулирования, компенсации зоны нечувствительности и т.п.

Строится математическая модель, обеспечивающая оптимальность параметров контура управления, учитывающая основные нелинейности и максимально приближенная по значению выходного сигнала к идеальной модели. С точки зрения системы управления полетом самолета, рулевые приводы являются исполнительными устройствами этой системы, перемещающими органы управления летательного аппарата в соответствии с командными сигналами летчика или автопилота. Структура системы дистанционного управления в общем виде представлена на рис. 1. На ручке управления летчика установлены электрические датчики, измеряющие приложенные к ней усилия или перемещения, сигналы от которых поступают прямо к многоканальному аналоговому или цифровому вычислителю. Вычислительные системы управления бывают механические и дистанционные электрические. В электрических системах механическая связь между рычагами управления летчика и приводами аэродинамических поверхностей летательного аппарата и других органов управления полетом

заменена электрическими связями (аналоговыми или цифровыми).

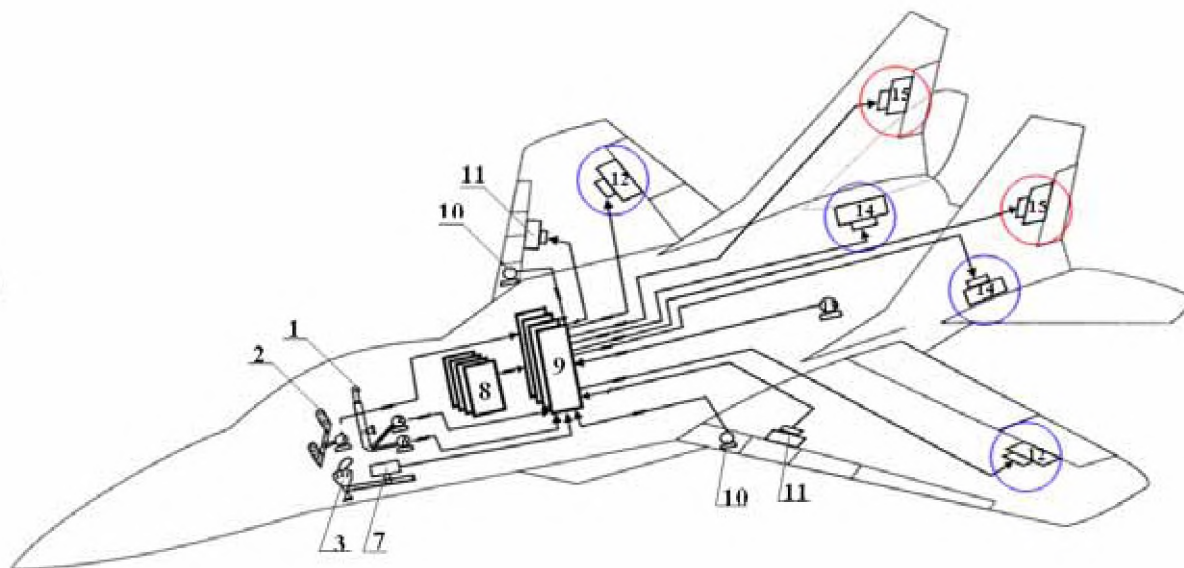


Рис. 1. Система управления самолетом: 1 — ручка управления самолетом; 2 — педали; 3 — рукоятка управления двигателями; 4 — датчик положения педалей; 5 — датчик положения ручки управления по крену; 6 — датчик положения ручки управления по тангажу; 7 — привод автомата тяги; 8 — датчики первичной информации; 9 — цифровой резервированный вычислитель КСУ с блоками питания; 10 — датчик положения адаптивных носков крыла; 11 — агрегат управления носками крыла; 12 — электрогидравлический рулевой привод канала крена; 13 — датчик положения тормозного щитка; 14 — электрогидравлический рулевой привод канала тангажа; 15 — электрогидравлический рулевой привод канала курса

В структурном плане рулевые приводы представляют собой следящие системы с обратной связью по положению выходного звена, которое механической передачей связано с рулевой поверхностью. Важным обстоятельством, характеризующим качество рулевых приводов, является их быстроедействие, которое оценивается по фазовым частотным и амплитудным искажениям на определенных частотах синусоидальных сигналов управления. Указанные оценки динамических свойств рулевых приводов приближенно могут быть получены методами линейной теории управления по передаточной функции привода. Параметры передаточной функции зависят от конструктивных размеров механизмов привода, свойств рабочего тела и коэффициентов передачи электрических цепей сигналов управления.

В данной работе рассматривается гидропривод с дроссельным регулированием скорости выходного звена, которое достигается за счёт изменения расхода при сужении струи на подходе к дроссельному отверстию и резкому расширению на выходе, сопровождаемому вихреобразованием и перемешиванием, которое приводит к потере энергии потока жидкости.

На рис. 2 представлена упрощенная схема исполнительного механизма гидропривода с дроссельным регулированием, состоящая из золотникового гидрораспределителя и силового гидроцилиндра. Гидрораспределитель регулирует величину расхода и направление течения жидкости, подводимой к гидродвигателю по соединяющим их каналам. К гидрораспределителю подключаются магистрали от источника гидравлической энергии с постоянным давлением подачи  $P_{\Pi}$  и давлением слива  $P_c$ . При смещении золотника от нейтрального положения вправо, как показано на рис. 2, открываются центральное и правое рабочие окна. Через открытое центральное рабочее окно жидкость с расходом  $Q_1$  из магистрали нагнетания потечет в полость  $I$  гидроцилиндра. Поршень гидроцилиндра начнет перемещаться, вытесняя жидкость из полости  $II$  через открытое правое рабочее окно в магистраль слива. Чем больше перемещение золотника  $X_3$ , тем больше площадь рабочих окон и, следовательно, больший расход будет поступать в полость  $I$  гидроцилиндра и тем быстрее перемещаются поршень и руль. При изменении знака перемещения золотника (влево) полость  $I$  через левое рабочее окно будет соединена с магистралью слива, а полость  $II$  — с магистралью нагнетания. В результате изменится направление течения жидкости от золотника к гидроцилиндру, а следовательно, знак скорости перемещения поршня и руля.

Основная задача анализа приводов сводится к тому, чтобы для данного типа привода определить наиболее простую передаточную функцию или структурную схему, которой может быть описана динамика рулевого привода как элемента системы стабилизации. В первую очередь нас интересует передаточная функция замкнутого привода и ее динамические свойства. При этом необходимо, чтобы параметры этой передаточной функции были наглядно связаны с физическими параметрами рассматриваемого типа рулевого привода. Динамика привода должна удовлетворять определенным требованиям, которые зависят от класса ЛА и целей его полета. В частности — обеспечение приводом в режиме стабилизации определенной полосы пропускаемых им частот, в пределах которой он должен обрабатывать управляющий гармонический сигнал, не внося в систему стабилизации искажений по амплитуде и отставаний по фазе выше допустимых.

На рис. 3 представлена блок-схема электрогидравлического рулевого привода, который состоит из следующих основных частей: электронного усилителя мощности, электромеханического преобразователя сигналов, электрогидравлического усилителя, золотникового гидрораспределителя, силового гидроцилиндра и датчиков обратной связи.

На вход электронного усилителя подаются два электрических сигнала:



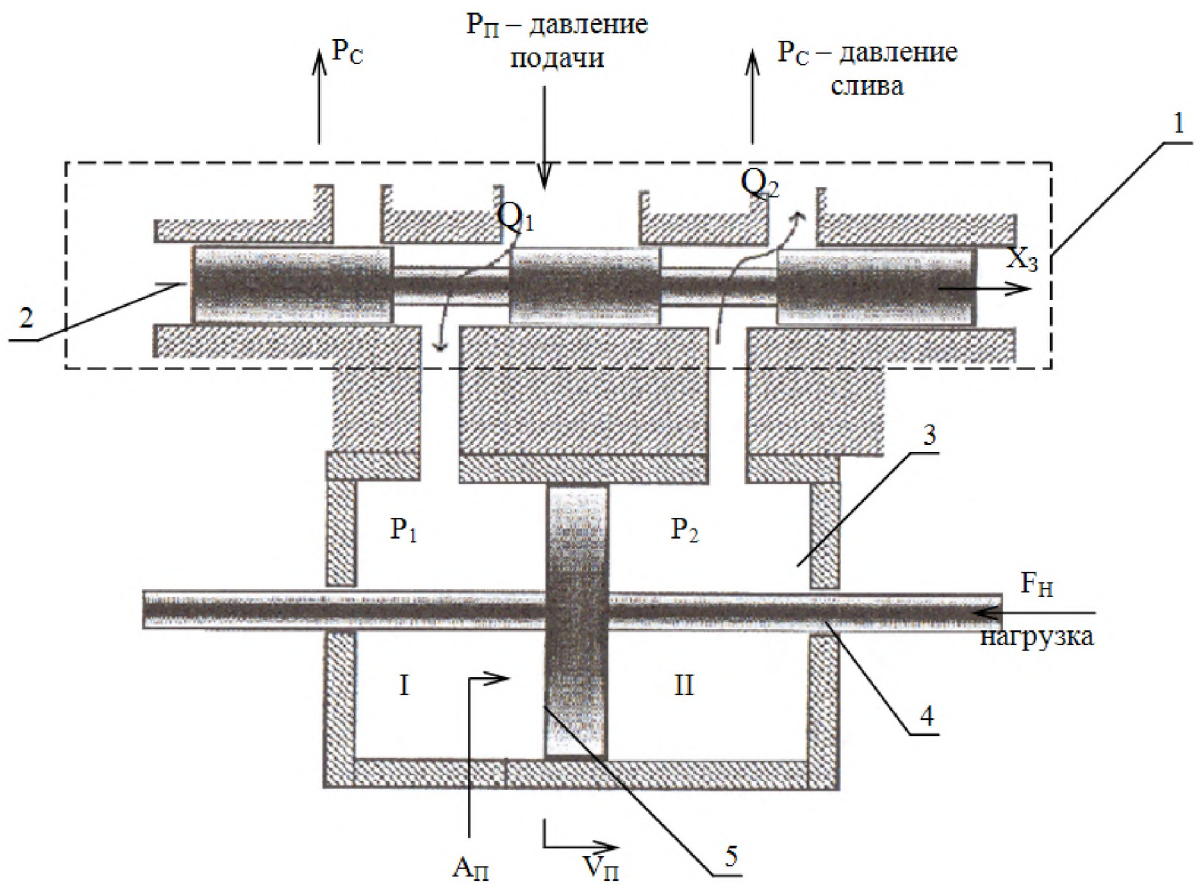


Рис. 2. Дроссельное регулирование скорости поршня гидропривода: 1 — золотниковый гидрораспределитель; 2 — золотник; 3 — силовой гидроцилиндр; 4 — шток; 5 — поршень

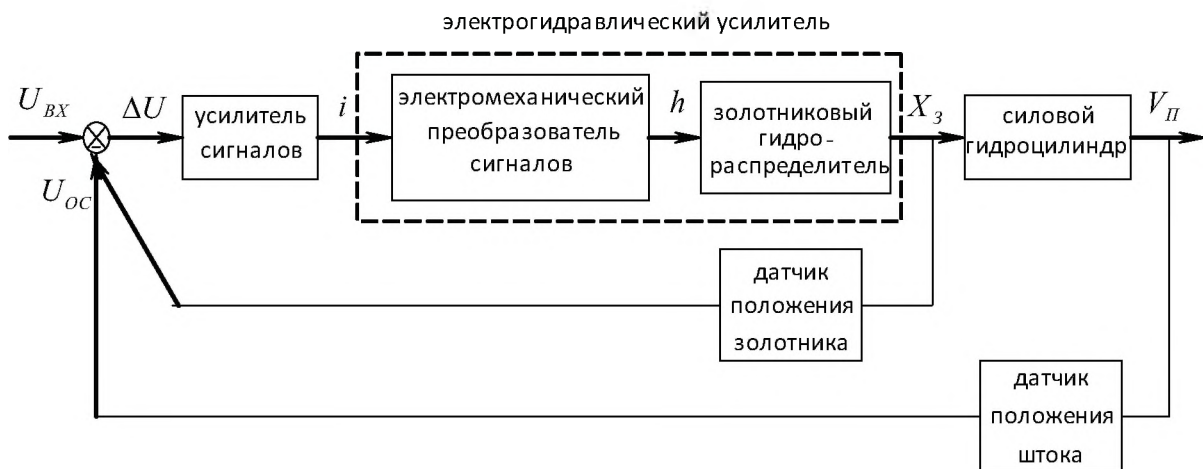


Рис. 3. Блок-схема электрогидравлического привода

управляющий  $U_{\text{вх}}$  и обратной связи  $U_{\text{ос}}$ , снимаемый с датчиков обратной связи золотникового распределителя и положения штока. То есть входным сигналом электронного усилителя мощности является сигнал рассогласования  $U_{\text{вх}} - U_{\text{ос}} = \Delta U$ , а выходным — разность токов, текущих по дифференциальной обмотке управления электромеханического преобразователя сигналов. Электромагнитный преобразователь представляет собой электромагнитное устройство, выходным сигналом которого является перемещение заслонки  $h$ , создающей перепад давления на торцах золотника.

Электрогидравлический усилитель типа сопло–заслонка предназначен для управления перемещением золотника  $X_3$ . В зависимости от величины и знака перемещения золотника в силовом гидроцилиндре регулируется величина и знак скорости перемещения поршня со штоком  $V_{\text{п}}$ .

При перемещении золотника и штока с датчиков обратной связи снимается электрический сигнал и подается на вход электронного усилителя. При такой связи привод работает как автоматическая замкнутая система.

Таким образом, основными параметрами рулевого привода, определяющими его основные характеристики, являются рабочий  $X_{\text{шт}}$  и полный ход  $X_{\text{шт}}^{\text{полн}}$  выходного штока, скорость перемещения выходного штока  $\dot{X}_{\text{шт}}$ , которые, в свою очередь, определяют такие основные параметры привода, как площадь поршня  $A_{\text{п}}$ , расход через золотниковый гидроусилитель  $Q_3$  и его ход  $X_3$ .

На основе уравнений, описывающих процессы, протекающие в гидроприводе, составляется структурная схема, представленная на рис. 4, где неизвестные переменные имеют следующий физический смысл:

Скорость перемещения поршня определяется отношением объёмного расхода жидкости к его эффективной площади:

$$V_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{дв}}}{A_{\text{п}}} = \frac{\mu}{A_{\text{п}}} \sqrt{\frac{2}{\rho}} a_3 X_3 \sqrt{\frac{1}{2} (P_{\text{п}} - P_{\text{сл}} - P_{\text{н}})}. \quad (1)$$

При исследовании переходных процессов учитывается, что функция, описывающая управляющий сигнал,  $X_{\text{вх}}(s)$  является изображением оригинала  $x_{\text{вх}}(t)$  по Лапласу, на который накладываются следующие ограничения:  $x_{\text{вх}}(t) = 0$  при  $t < 0$ ;  $x_{\text{вх}}(t)$  — кусочно-непрерывная функция времени;  $|x_{\text{вх}}(t)| < M^{\sigma t}$ , где  $M, \sigma > 0$ . Значения основных параметров рулевого привода в пространстве времени находим с помощью обратного преобразования Лапласа. Это преобразование состоит в интегрировании по прямой  $Res = c$  в области аналитичности функции  $X_{\text{вх}}(s)$ :

$$x_{\text{вх}}(t) = L^{-1} [X_{\text{вх}}(s)] = \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} X_{\text{вх}}(s) e^{st} ds. \quad (2)$$

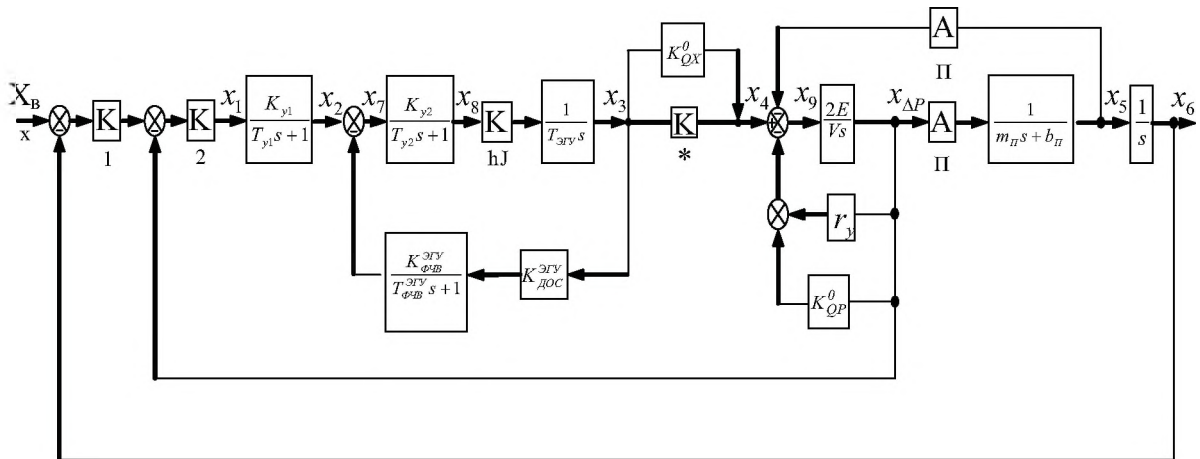


Рис. 4. Структурная схема двухконтурного гидравлического сервопривода:

- $x_1$  — сигнал рассогласования на входе в усилитель мощности;
- $x_2$  — напряжение на выходе усилителя;
- $x_3$  — перемещение заслонки относительно нейтрали, см;
- $x_4$  — расход рабочей жидкости через золотниковый распределитель, см<sup>3</sup>/с;
- $x_5$  — скорость штока, см/с;
- $x_6$  — перемещение штока, см;
- $x_7$  — сигнал рассогласования на входе в усилитель;
- $x_8$  — ток усилителя управления заслонкой (узел «сопло–заслонка»), мА;
- $x_9$  — скорость изменения перепада давления в золотниковом распределителе, см<sup>3</sup>/с;
- $x_{\Delta P}$  — перепад давления в гидродвигателе, кгс/см<sup>2</sup>

На привод в замкнутом состоянии подается ступенчатый  $x_{\text{вх}}(t) = \text{const}(t)$  и гармонический управляющий сигнал заданной амплитуды  $a_{\text{вх}}$  и частотой  $f$ :  $x_{\text{вх}}(t) = a_{\text{вх}} \sin 2\pi ft$ . Образ входного воздействия определяется с помощью преобразования Лапласа:

$$X_{\text{вх}}(s) = L[x_{\text{вх}}(t)] = \int_0^{\infty} x_{\text{вх}}(t)e^{-st} dt. \quad (3)$$

Коэффициенты контура управления подобраны таким образом, что математическая модель является физически реализуемой и соответствует следующим основным техническим требованиям на разработку привода: скорость выхода штока — 2,3 см/с; перепад давления в силовом гидроцилиндре — 2,1 кгс/см<sup>2</sup>; время выхода на заданное значение штока — 0,22 с.

Итак, в данной работе проведено моделирование работы реального гидравлического сервопривода с учетом конструктивных, физических и механических особенностей. Данное моделирование показало зависимость параметров движения выходного звена от наличия нелинейностей, которые приводят к изменению амплитуды и фазового запаздывания выходного сигнала, но в то же время снижают чувствительность контура управления, подавляя малые колебания и, тем самым, исключая «дрожь» управляющих поверхностей самолета в полете.

#### Библиографический список

1. Баженов А. И., Гамынин Н. С. и др. Проектирование следящих гидравлических приводов летательных аппаратов. — М: Машиностроение, 1981.
2. Константинов С. В., Редько П. Г., Ермаков С. А. Электрогидравлические рулевые приводы систем управления полетом маневренных самолетов. — М.: Янус-К, 2006.
3. Нораева Е. С., Пунтус А. А. О математическом моделировании авиационного гидропривода. Тезисы доклада на Всероссийской конференции молодых учёных и студентов «Информационные технологии в авиационной и космической технике — 2008» — М.: Изд-во МАИ, 2008.

Е. О. Кринецкий, Е. В. Кузнецова

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПАУНД-ПАРКА**

Имитационное моделирование — это разработка и выполнение на ком-

пьютере программной системы, отражающей структуру и функционирование моделируемого объекта или явления во времени, а также постановка экспериментов на этой системе. Целью моделирования является принятие обоснованных, целесообразных и реализуемых управленческих решений. Имитационное моделирование позволяет решать для существующих и проектируемых систем такие проблемы, как повышение производительности и надежности системы, уменьшение стоимости и рисков, оценки чувствительности системы к изменениям параметров, оптимизация структуры и т. д. Имитационное моделирование может использоваться при принятии решений на стадиях проектирования и анализа производственных систем, транспортных систем, различных организаций, предоставляющих сервисы массового обслуживания, для социальных и финансовых систем, для складских систем.

Сегодня многие автомобильные компании строят или арендуют крупные склады для предпродажного хранения новых автомобилей — так называемые компаунд-парки. В этих парках, помимо хранения, производятся: таможенная очистка автомобилей, предпродажная подготовка, установка на машины различных комплектующих, мелкий ремонт и т. д. Организация работы компаунд-парка является сложной экономико-управленческой задачей. На эффективность работы парка оказывают влияние многочисленные внешние факторы, которые определяют интенсивность входного и выходного потоков. Стабильность работы парка зависит от стратегии управления внутренними процессами, которые характеризуются сложностью, взаимозависимостью, часто должны протекать параллельно и синхронно. Неэффективная организация работы в такой системе может привести к неполному использованию площадей, к возникновению транспортных очередей, участков скопления товара, простоям или нехватке персонала. Из-за сложности рассматриваемого бизнес-процесса интуитивные решения по улучшению управления и связанные с ними корректирующие действия часто только обостряют проблему. Классические математические модели, допускающие аналитическое решение, к таким задачам также не применимы. Имитационное моделирование является эффективным инструментом для решения задач такого рода [1, 2]. Оно предполагает разработку компьютерной модели и проведение на ней экспериментов с целью выработки адекватных управленческих решений.

В работе предлагается имитационная модель автомобильного компаунд-парка, разработанная в среде AnyLogic для анализа функционирования парка и прогнозирования проблемных ситуаций.

На основе анализа функционирования существующего компаунд-пар-

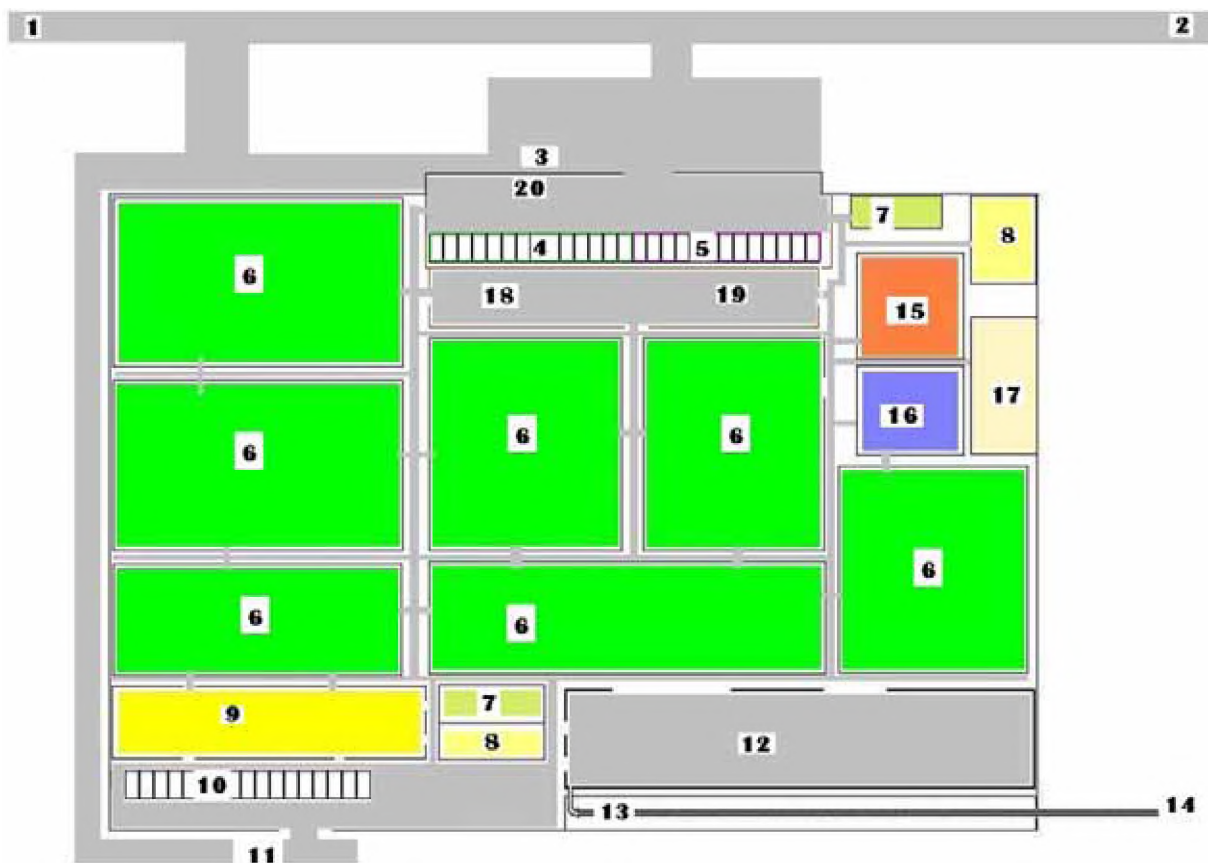


Рис. 1. Геометрическая модель компаунд-парка: 6 – зоны хранения; 9 – зона таможенной очистки; 7 – зона отдыха контролеров; 8 – зона отдыха жокеев; 17 – зона отдыха механиков; 10 – таможенные лоты; 15 и 16 – зоны мелкого ремонта и предпродажной подготовки; 4 и 5 – лоты загрузки и отгрузки автобусов; 12 – зона разгрузки поезда; 16 – зона очереди в сервис; 19 – зона очереди на отгрузку

ка определены задачи, которые предполагается решать с помощью модели; выявлены основные составляющие моделируемого бизнес-процесса: входные и выходные потоки, категории обслуживающего персонала, временные интервалы выполнения различных этапов бизнес-процесса: определена геометрическая модель парка (рис. 1) и внутренние потоки.

С помощью модели определяется пропускная способность парка в зависимости от интенсивности входных и выходных потоков с учетом сезонных особенностей, а также в зависимости от количества и загруженности обслуживающего персонала. В рассматриваемом компаунд-парке входной поток реализуется тремя составляющими: автовозами, привозящими растаможенные автомобили; автовозами, привозящими нерастаможенные автомобили; поездами, привозящими и растаможенные, и нерастаможенные автомобили. Для каждой составляющей входного потока имеется свой терминал. На рис. 1 терминал для первого потока обозначен цифрой 4, для второго потока — цифрой 10, для третьего — цифрой 13. Выходной поток реализуется через две составляющие: автовозы, увозящие автомобили прошедшие только таможенную очистку, и автовозы, увозящие автомобили на продажу (на рис. 1 эти терминалы обозначены соответственно цифрами 10 и 5). На объекте работает три категории служащих: жокеи, производящие транспортировку автомобилей по складу и загрузку пустых автовозов; контролеры, производящие осмотр автомобилей, поступающих в компаунд-парк; мастера, производящие ремонт и предпродажную подготовку автомобилей.

Автомобили, поступившие в парк с первым входным потоком, сначала осматриваются контролерами, затем либо отгоняются жокеями в зоны хранения, либо сначала в зону предпродажной подготовки и затем в зоны хранения. Автомобили, поступившие в парк со вторым входным потоком, сначала проходят таможенную очистку, затем либо отгоняются жокеями в зоны хранения, либо сначала в зону предпродажной подготовки и затем в зоны хранения. Автомобили, поступившие в парк с третьим входным потоком, сначала осматриваются контролерами, затем либо отгоняются жокеями в зоны хранения, либо сначала в зону предпродажной подготовки и затем в зоны хранения, либо сначала проходят таможенную очистку, затем либо отгоняются жокеями в зоны хранения, либо сначала в зону предпродажной подготовки и затем в зоны хранения. Поезд имеет приоритетное право на обслуживание.

Для построения модели в среде AnyLogic применен дискретно-событийный подход имитационного моделирования, который является наиболее адекватным для складских задач. Дискретно-событийный подход



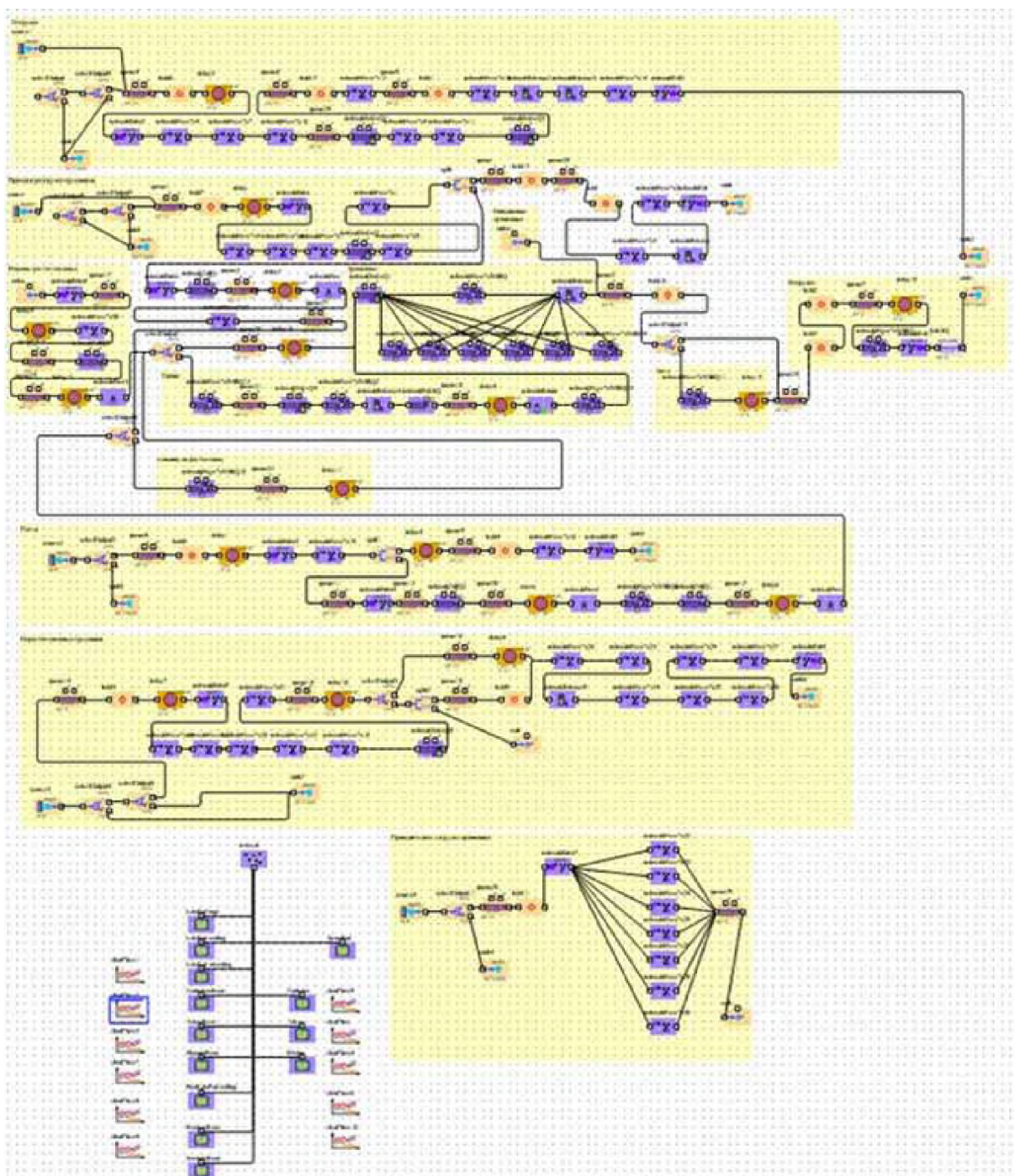


Рис. 2. Структура модели компаунд-парка



в своей основе имеет концепцию заявок (транзактов), ресурсов и потоковых диаграмм, определяющих потоки заявок и использование ресурсов. Путешествуя по сети, заявки стоят в очередях, обрабатываются, захватывают и освобождают ресурсы.

**Week 1 DAY 1 (Mon) 11:16**

Число жокеев 27  
Число механиков 5  
Число контролеров 9

Число смен  2  3

**Время начала и окончания работы жокеев**

Смена 1  -   
Смена 2  -   
Смена 3  -   
Число человек в смене

**Время начала и окончания работы контролеров**

Смена 1  -   
Смена 2  -   
Смена 3  -   
Число человек в смене

Число смен  2  3

Рис. 3. Интерфейс управления персоналом

В качестве транзакта модели компаунд-парка выбран товар-автомобиль. Ресурсами являются лоты разгрузки-отгрузки, служащие. Модель описывается структурной диаграммой (рис. 2), реализована с использованием объектно-ориентированных возможностей пакета AnyLogic на языке Java.

Для представления работы системы в наиболее информативном и понятном для заказчика виде сделана анимация всего бизнес-процесса. Разработаны различные интерфейсы, позволяющие отслеживать и интерактивно влиять на параметры, от которых зависит работа системы во время симуляции. В модели реализована возможность регулировать интенсивность входных и выходных потоков отдельно для каждого вида автовозов и поездов, изменять количество персонала парка, изменять количества погрузочно-разгрузочных лотов, изменять графики работ смен каждого вида персонала. На рис. 3 представлен интерфейс управления расписанием загрузки персонала.

На рис. 4 представлен моментный снимок функционирования модели, включающий график пропускной способности склада и график загрузки

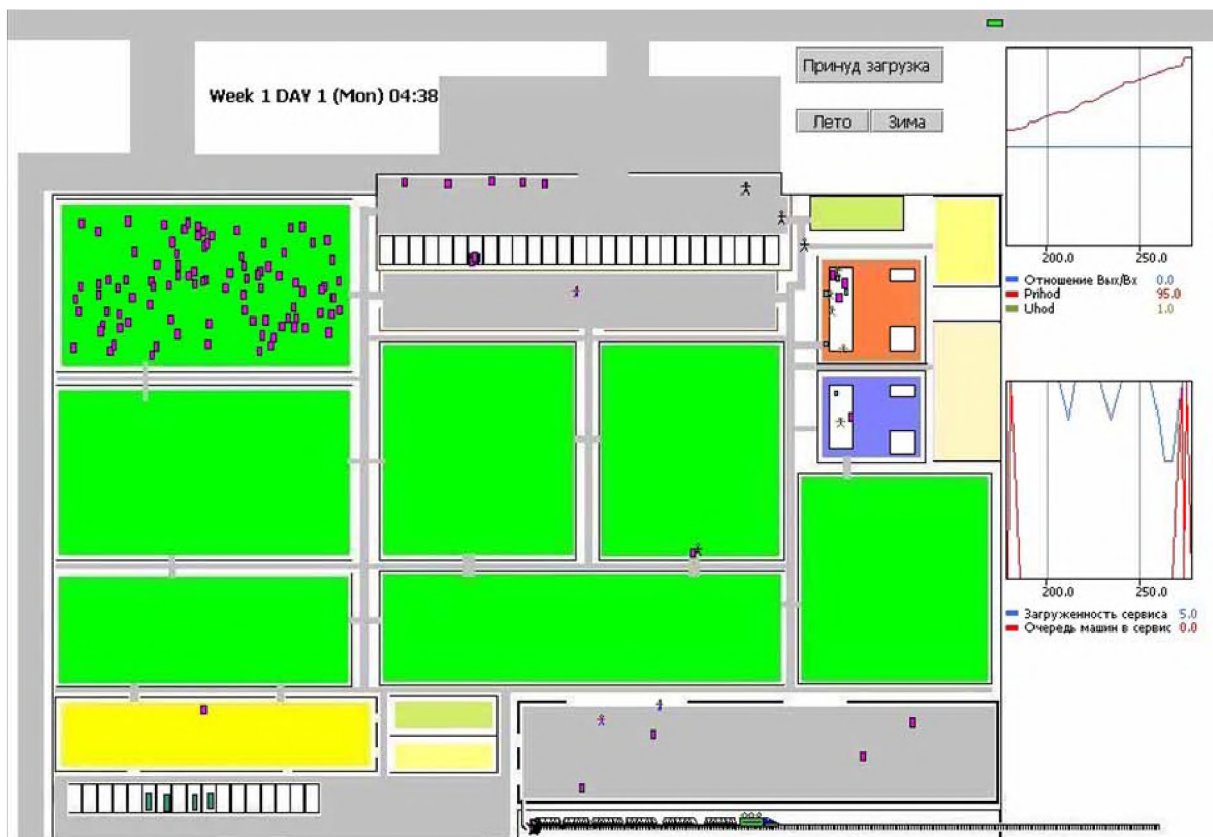


Рис. 4. Окно наблюдения функционирования модели

ности сервиса в модельном времени.

На основе собранных данных и измерений характеристик реальной системы, которые должны быть введены в модель, осуществлена калибровка модели.

Проведены компьютерные эксперименты для проверки того, что модель корректно отражает реальный производственный процесс.

Проведены компьютерные эксперименты на поиск проблемных ситуаций.

#### Библиографический список

1. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006.
2. Андрей Борщёв. От системной динамики и традиционного ИМ— к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты.

## **ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СКЛАДА ПАРФЮМЕРНОЙ И ЛЕЧЕБНОЙ КОСМЕТИКИ**

Компьютерное моделирование становится обязательным этапом в принятии управленческих решений во всех областях деятельности человека в связи с усложнением систем, в рамках которых человек должен действовать, и которыми он должен управлять. Возможности складского комплекса по переработке поступающих грузов и своевременной комплектации и отгрузке заказанных товаров оказывают влияние на стратегию управления компанией. Ошибка, допущенная в процессе создания технологии и проектирования складских процессов, может привести к финансовым потерям компании и даже невозможности эксплуатации склада.

Согласно концепции логистики между производством и транспортом, транспортом и потребителями всегда должны быть складские объекты, предназначенные для сглаживания неравномерных циклов производства, потребления и функционирования различных видов транспорта. Одним из современных инструментов для решения логистических вопросов при проектировании складов является имитационное моделирование. Использование имитационной модели позволит проводить над моделью вычислительные эксперименты с целью определения наилучших условий функционирования реальной складской системы.

Работа посвящена актуальной теме — разработке имитационной модели движения товаров на складе парфюмерной продукции с учетом неравномерности поступления товара на склад в течение суток и дополнительной обработки товара на складе (русификации и переупаковки товара). Выбранная тема эффективного управления складским хозяйством является весьма значимой в наши дни, поскольку экономический кризис в России дал толчок к появлению большого количества посреднических предприятий и породил целую индустрию складского хозяйства.

Разработана имитационная модель операционных процессов складского комплекса торгово-закупочного предприятия, специализирующегося по сбыту парфюмерной и лечебной косметики, предназначенная для оценки влияния различных параметров на функционирование складского комплекса. Промоделированы входящий и выходящие потоки с учетом неравномерности поступления и отгрузки товаров в течение суток. Исследована зависимость пропускной способности склада от графика занятости персо-

нала. Исследована загруженность склада. Выделены управляющие параметры, с помощью которых проигрываются различные сценарии работы имитационной модели. Вычислены статистические характеристики работы модели при различных сценариях и проанализированы результаты.

Разработанная имитационная модель складского комплекса позволит решить следующие задачи:

- определить количество человеко-машинных ресурсов, обеспечивающих переработку внешних (прием и отпуск) и внутренних (комплектация заказов) грузопотоков при оптимальном уровне их загрузки (то есть определение количества людей и необходимой техники, выполняющих требуемые технологические и подъемно-транспортные операции);
- определить наиболее эффективные алгоритмы управления грузопотоками;
- определить необходимые площади для зон приемки, сортировки, комплектации и хранения грузов;
- определить количество мест парковки на территории склада для транспорта, реализующего внешние грузопотоки, и рациональное количество мест парковки непосредственно к грузовой рампе;
- определить необходимое количество грузовых рамп (лотов) в складском помещении.

Имитационное моделирование имеет преимущества перед аналитическим моделированием, когда надо описать систему такой сложности, как моделируемый склад, в которой:

- отношения между переменными нелинейные;
- модель содержит стохастические параметры;
- модель содержит много параллельно функционирующих и взаимодействующих компонентов.

В имитационном моделировании можно выделить четыре основные парадигмы моделирования, т. е. четыре системы взглядов, концепций и приемов, используемых в качестве «каркаса» при построении моделей: динамические системы, системная динамика, дискретно-событийное моделирование, мультиагентные системы [1]. В связи с тем, что для описания операционных процессов склада выбран средний уровень абстракции, для создания имитационной модели использован дискретно-событийный подход моделирования.

Для разработки имитационной модели выбрана среда Anylogic 5.5, которая поддерживает все четыре подхода для создания имитационных мо-

делей, так что можно свободно экспериментировать с уровнем абстракции в очень широких пределах, оставаясь в рамках одного инструмента. Это существенный плюс, так как возможно дорабатывать имитационную модель склада, применяя возможности Anylogic 5.5, описывать разные части модели, используя известные парадигмы.

Основное средство дискретно-событийного моделирования, которое использовалось при создании имитационной модели склада в AnyLogic 5.5, — это библиотека Enterprise Library. Библиотека тесно интегрирована с анимационными средствами AnyLogic и позволяет создавать анимации процессов любой степени сложности, в том числе иерархические и с несколькими перспективами. При разработке ИМ были использованы объекты Enterprise Library, разработанные для моделирования процессов, зависящих от пространства, где объекты-заявки и ресурсы перемещаются в некой сети. Это подмножество объектов значительно упрощает моделирование склада. Так же разработаны собственные активные классы, с использованием встроенного языка Java:

- приезд фур с товаром и разгрузка;
- отъезд пустых фур;
- разгрузка фур и перенос полученного груза в цех;
- переупаковка и русификация товара для мелкооптового склада;
- переупаковка и русификация для крупнооптового склада;
- выписка и загрузка готовых паллетов;
- приход фур для загрузки и отгрузка паллет с крупнооптового склада;
- сборка новой продукции и отправка на склад готовой продукции;
- приход грузовиков на загрузку и отгрузка товара из зоны ожидания;
- принудительная загрузка склада;
- разработка активных объектов сети (персонал склада).

Модель представляет собой java-апплет, предназначенный для запуска в интернет-браузере, и требует достаточно производительного компьютера. При открытии апплета модель запускается автоматически. Для изменения параметров модели разработан интерфейс. Разработана анимация бизнес-процесса склада, благодаря которой возможно наблюдать за динамикой процесса (рис. 1). В имитационной модели строятся графики и диаграммы, отражающие поведение исследуемых характеристик.

Имитационная модель складского комплекса служит основой для составления проектной документации, разработки наиболее эффективной технологии построения складских процессов и представляет результаты

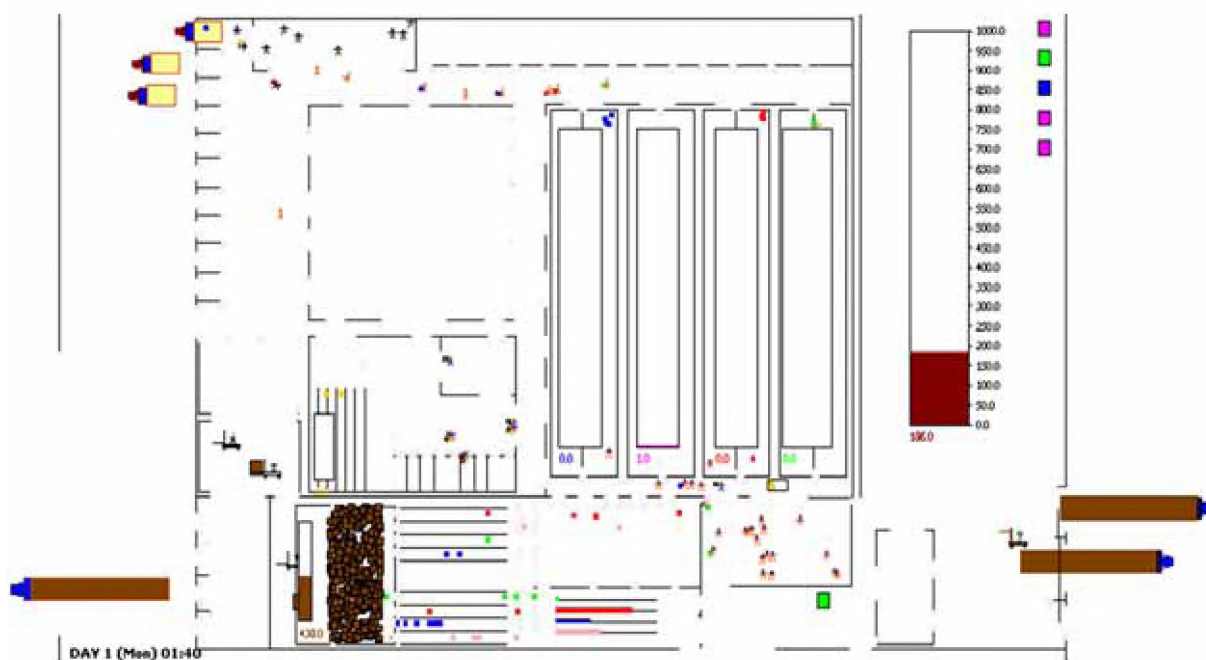


Рис. 1. Анимация имитационной модели

моделирования в наиболее информативной и приемлемой для Заказчика форме.

Изучение среды разработки и моделируемого бизнес-процесса складского комплекса показало, что прослеживание движения каждой единицы товара не характерно для данного бизнес-процесса, поэтому хранение большого числа заявок неоправданно усложняет модель и приводит к неэффективному использованию вычислительных мощностей.

#### Библиографический список

1. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5.
2. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука. — М.: Мир, 1978.

Г. Р. Камалетдинова, А. А. Пунтус

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭКИПАЖЕМ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ НАЗЕМНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Целью данной работы является определение состава комплекса, формирование математического описания определенных систем, выбор числен-

ного метода решения задачи, разработка программного обеспечения для аппаратно-программного комплекса обслуживания штатным экипажем систем жизнеобеспечения в автономном полете. Программное обеспечение должно отражать имитацию функционирования отдельных систем жизнеобеспечения, формирование телеметрических данных о параметрах среды обитания, подпрограммы оценки эффективности действий космонавта при локализации нештатных ситуаций. Что касается структуры программного обеспечения и распределения функций между инструктором и оператором, то моделируемый аппаратно-программный комплекс обслуживания экипажем предназначен для мониторинга и управления членами экипажа функционирования виртуальных имитаторов штатных систем. Эти системы смоделированы на персональных компьютерах в реальном масштабе времени с учетом возникающих при функционировании нештатных ситуаций и их локализации в условиях автономного пилотируемого полета.

Результаты анализа моделей обслуживания экипажем функционирования систем показывают, что программное обеспечение аппаратно-программного комплекса обслуживания экипажа должно иметь следующие основные элементы структуры:

- имитационные модели штатного функционирования отдельных систем жизнеобеспечения и систем обслуживания теплового режима — виртуальные имитаторы функционирования;
- имитационная модель атмосферы, интегрирующая имитационные модели функционирования отдельных систем в единое целое и обеспечивающая мониторинг контролируемых параметров среды обитания экипажа;
- модель формирования нештатных ситуаций в работе отдельных систем жизнеобеспечения и систем обслуживания теплового режима.

Комплекс регенерационных систем обеспечения жизнедеятельности и теплового режима космического корабля может быть определен в виде следующих систем:

— система регенерации воды из конденсата атмосферной влаги, основанная на сорбционно-каталитической очистке конденсата от органических и неорганических примесей, при получении конденсата из блока кондиционирования воздуха;

— система генерации кислорода на основе электролиза воды, производящая кислород, необходимый для дыхания экипажа на основе электролиза воды;

— система очистки атмосферы от вредных примесей и от углекислого

газа;

— система обеспечения теплового режима.

Системы построены по моноблочному принципу, штатная работа систем осуществляется бортовой вычислительной машиной. Виртуальный имитатор *системы генерации кислорода* обеспечивает режим автоматического управления при штатной работе системы, режим ручного управления при локализации нештатных ситуаций и работу оператора с планировщиком.

*Система очистки атмосферы* от углекислого газа обеспечивает удаление из атмосферы углекислого газа на твердых регенерируемых поглотителях. Система включает два осушающих адсорбера, регенерация в которых производится обратным потоком осушенного воздуха, и два поглотительных патрона углекислого газа, работающих в циклическом режиме при заданной продолжительности цикла.

*Система очистки атмосферы от микропримесей* основана на сорбционно-каталитическом методе удаления микропримесей из газовой среды. Удаление микропримесей осуществляется последовательным прохождением потока воздуха через накопительный поглотительный фильтр, в котором из потока воздуха удаляются тяжелые углеводороды на слое адсорбента — активированного угля, регенерируемые методом термовакuumной десорбции адсорберами, в которых осуществляется удаление легких микропримесей.

*Система обеспечения теплового режима* является системой радиационно-конвективного типа, предназначенной для обеспечения заданных значений температуры и влажности в атмосфере и при работе бортовых систем. Она включает основной и дублирующий контуры. При этом каждый из контуров включает радиатор — излучатель, предназначенный для отвода избыточного тепла в космос. Система работает в режиме автоматического управления.

В качестве исходного принципа для создания виртуальных имитаторов и звеньев внешней среды в данной работе принят принцип имитационного моделирования.

Процесс имитационного моделирования можно разделить на следующие этапы: определение системы — установление границ, ограничений и измерителей эффективности системы; формулирование модели — переход от реальной системы к некоторой логической схеме; подготовка данных, необходимых для построения модели, и представление их в соответствующей форме; трансляция модели — описание модели на языке, приемлемом для используемой ЭВМ; оценка адекватности — степени уверенно-



сти, с которой можно судить относительно корректности выводов о реальной системе, полученной на основании обращения к модели; стратегическое планирование — процесс осуществления имитации с целью получения желаемых данных и анализа чувствительности; интерпретация — построение выводов по данным, полученным путем имитации; реализация — практическое использование модели и (или) результатов моделирования; документирование — регистрация хода осуществления проекта и его результатов, а также документирование процесса создания и использования модели.

Результаты ознакомления с существующими функциональными системами обеспечения генерации кислорода позволяют сделать заключение, что при соответствующей формализации могут быть приняты следующие основные допущения: теплофизические параметры газовых смесей электролита и хладоносителя принимаются постоянными в расчетном диапазоне температур; массовые потоки кислорода, водорода в кислороде, водорода, кислорода в водороде и водяных паров могут быть описаны алгебраическими уравнениями; основным источником кислорода в потоке водорода и водорода в потоке кислорода являются коллекторы подвода электролита, в которых протекает неуправляемый процесс электролиза воды.

Учитывая приведенные допущения и используя закон Ома и уравнение Тафеля, математическое описание системы генерации кислорода может быть представлено в виде

$$I_{EL} = I(\tau) \frac{R_{col}}{R_{\Sigma} + R_{col}}; \quad (1)$$

$$U^{\tau} = n \left( e_{ан}^{\tau} + e_{кат}^{\tau} + a_{ан} + a_{кат} + 0,001 (b_{ан} + b_{кат}) \frac{I_{эл}^{\tau}}{S_{яч}} \right) + R_S^{\tau} I_{эл}^{\tau}; \quad (2)$$

$$I_{кол}^{\tau} = I - I_{эл}^{\tau}; \quad (3)$$

$$G_{O_2}^{\tau} = n \left( \frac{A_{O_2} I_{эл}^{\tau}}{F} + \frac{(A_{O_2} + A_{H_2}) I_{кол}^{\tau}}{2F} \right); \quad (4)$$

$$G_{H_2 \rightarrow O_2}^{\tau} = n \frac{A_{H_2} I_{кол}^{\tau}}{2F}; \quad (5)$$

$$G_{H_2}^{\tau} = n \left( \frac{A_{H_2} I_{эл}^{\tau}}{F} + \frac{(A_{O_2} + A_{H_2}) I_{кол}^{\tau}}{2F} \right); \quad (6)$$

$$G_{O_2 \rightarrow H_2}^\tau = n \frac{A_{O_2} I_{\text{кол}}^\tau}{2F}, \quad (7)$$

где  $A_{O_2}, A_{H_2}$  — химические эквиваленты кислорода и водорода;  $a_{\text{ан}}, b_{\text{ан}}, a_{\text{кат}}, b_{\text{кат}}$  — константы Тафеля соответственно для анода и катода;  $e_{\text{ан}}^\tau, e_{\text{кат}}^\tau, e^\tau$  — теоретические потенциалы анода и катода;  $F$  — постоянная Фарадея;  $G_{O_2}^\tau, G_{H_2}^\tau$  — массовый расход выделяемого газа в кислородной и водородной полостях электролизера;  $G_{O_2 \rightarrow H_2}^\tau, G_{H_2 \rightarrow O_2}^\tau$  — массовый расход кислорода, выделившегося в водородной полости, и водорода, выделившегося в кислородной полости;  $I_{\text{эл}}^\tau$  — ток, проходящий через электролизную ячейку;  $I_{\text{кол}}^\tau$  — ток, проходящий через коллектор;  $I$  — ток питания электролизера;  $R_{\text{кол}}^\tau, R_\Sigma$  — электрические сопротивления коллектора и ячеек электролизера;  $S_{\text{яч}}$  — площадь электролизной ячейки;  $T_{\text{вых}}^{\text{эл}(\tau)}$  — температура потока газожидкостной смеси на выходе из электролизера;  $U^\tau$  — напряжение электролизера.

Электрическое сопротивление всех  $n$  ячеек электролизера  $R_\Sigma$  определяется по выражению

$$R_S^\tau = n (R_{S_d}^\tau + R_{SH_2} + R_{SO_2}). \quad (8)$$

Здесь сопротивления кислородной и водородной полостей электролизной ячейки  $R_{SO_2}, R_{SH_2}$  рассчитываются по зависимостям

$$R_{SO_2} = \frac{l_{O_2} r_{\text{ск}}}{S_{\text{яч}}(1-m)}; \quad (9)$$

$$R_{SH_2} = \frac{l_{H_2} r_{\text{ск}}}{S_{\text{яч}}(1-m)}, \quad (10)$$

а электрическое сопротивление межполосной диафрагмы

$$R_{S_d}^\tau = \frac{l_d}{S_z} \left( \frac{1-m_d}{r_d} + \frac{m_d(1+\Delta(T_{\text{эл}}-291))}{r_d^{291}} \right)^{-1}; \quad (11)$$

электрическое сопротивление коллектора

$$R_{\text{кол}}^\tau = \frac{r_{\text{эл}}^{291} l_{\text{кол}}}{2S_{\text{кол}}(1+\Delta(T_{\text{эл}}-291))}, \quad (12)$$

где  $l_{\text{кол}}$  — приведенная толщина коллектора;  $S_{\text{кол}}$  — приведенная площадь коллектора;  $T_{\text{эл}}$  — средняя температура электролизера.

Средняя температура электролизера в зависимости от тока питания  $I$  определяется из регрессионной зависимости вида

$$T_{\text{эл}} = (-0,3305 + 0,0034I_{\text{эл}}^2 + 2,085I_{\text{эл}}^{0,5} + 21,29/I_{\text{эл}}^{0,5}) f_1(T_{\text{хл}}), \quad (13)$$

полученной на основе обработки вычислительных экспериментов, проведенных на детализированной модели СГК.

Влагосодержание выходящего из разделителя водорода и кислорода:

$$d_{\text{H}_2}^T = \frac{(27,6 + 0,23(T_{\text{раз}}^T - 273)^{1,5})^2}{m_{\text{раз}}} \cdot \frac{\mu_{\text{H}_2\text{O}}}{\mu_{\text{H}_2}};$$

$$d_{\text{O}_2}^T = \frac{(27,6 + 0,23(T_{\text{раз}}^T - 273)^{1,5})^2}{m_{\text{раз}}} \cdot \frac{\mu_{\text{H}_2\text{O}}}{\mu_{\text{O}_2}},$$

где  $\mu_{\text{H}_2}$ ,  $\mu_{\text{O}_2}$ ,  $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$  — молярные массы водорода, кислорода и воды; температура выходящих из разделителя массовых потоков водорода и кислорода описываются регрессионной зависимостью вида

$$T_{\text{раз}} = (-15,387 + 0,249I_{\text{эл}}^+ 173,183/I_{\text{эл}}^{0,5} - 319,898/I_{\text{эл}}) f_2(T_{\text{хл}}). \quad (16)$$

Температурные функции, входящие в зависимости (13) и (16), определяются как

$$f_1(T_{\text{хл}}) = \frac{1}{T_{\text{эл}}} \left( 1 + 0,82(T_{\text{хл}} - 283) + 0,03(T_{\text{хл}} - 283)^2 \right); \quad (17)$$

$$f_2(T_{\text{хл}}) = \frac{1}{T_{\text{раз}}} (1 + 0,9(T_{\text{хл}} - 283)). \quad (18)$$

Аналогичный подход к формированию формализованных математических описаний функционирования системы применен и для других регенерационных систем жизнеобеспечения.

Для программной реализации аппаратно-программного комплекса обслуживания экипажем систем и входящих в него элементов была выбрана среда программирования, которая обладает широкими возможностями по: графическому представлению результатов моделирования; обмену информацией между рабочими местами оператора и инструктора; обработке событий; интеграции с натурным оборудованием; удобству пользователя. Подобными свойствами обладает LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench — среда разработки лабораторных виртуальных приборов), основанная на графическом представлении всех элементов алгоритма. Разработка имитационных моделей в среде LabVIEW существенно отличается от разработки в традиционных средах программирования одной важной особенностью. Если в традиционных алгоритмических языках программирование основано на вводе текстовых программ, последовательно образующих программный код, в среде LabVIEW используется язык графического программирования, в котором алгоритм создается в графической иконной форме (pictorial form), образующей так называемую блок-диаграмму (block-diagram), что позволяет исключить множество синтаксических деталей. основополагающий в LabVIEW принцип потока данных (dataflow), согласно которому функции выполняются лишь тогда,

когда они получают на вход необходимые данные, однозначно определяет порядок выполнения алгоритма. В версиях LabVIEW, начиная с версии 6.1, введено событийно-управляемое (event-oriented) программирование, которое существенно упрощает моделирование событий при функционировании систем. Взаимодействие между отдельными компьютерами в LabVIEW может быть организовано как в локальной вычислительной сети (Local Area Network — LAN), так и через Internet. Для осуществления взаимодействия LabVIEW предоставляет следующие протоколы связи: DataSocket — протокол связи корпорации National Instrument; TCP/IP — основной протокол LAN, применяемый и в Internet; UDP — универсальный протокол передачи диаграмм. Сервер виртуального прибора LabVIEW является очень эффективным средством для создания виртуальных имитаторов функционирования рассматриваемых систем. Он предоставляет программный доступ к таким функциям LabVIEW, как открытие и запуск виртуального прибора, изменение объекта данных лицевой панели, управление печатью и т. п. Сервер виртуального прибора LabVIEW обладает свойством прозрачности при работе в сети. Прозрачность сети означает, что можно осуществлять указанные действия с виртуальным прибором или со средой LabVIEW на удаленном компьютере через сеть так же, как на рабочем компьютере. Отдельные программы, разрабатываемые в среде LabVIEW, называются виртуальными приборами. Виртуальный прибор состоит из трех основных частей: лицевая панель (Front Panel) представляет собой интерактивный пользовательский интерфейс виртуального прибора и имитирует лицевую панель традиционного имитатора; блок-диаграмма (Block-Diagram) является реально исполняемым приложением в программных кодах языка графического программирования J, компонентами которого являются виртуальные приборы более низкого уровня, встроенные функции LabVIEW, константы и структуры управления выполнением программ и проводники (wires), которые определяют поток данных между отдельными компонентами. Объекты лицевой панели представлены на блок-диаграмме в виде соответствующих терминалов, через которые данные могут поступать от пользователя в программу и обратно. Иконка (icon) и соединительная панель (connector) предназначены для возможности использования отдельного виртуального прибора в качестве подпрограммы в блок-диаграмме другого виртуального прибора. Виртуальный прибор, который применяется внутри другого виртуального прибора, называется виртуальным подприбором SubVI и аналогичен подпрограмме в традиционных алгоритмических языках. Настоящая версия программного обеспечения аппаратно-программного комплекса обслуживания экипажем систем

реализована в среде программирования LabVIEW 8.2.

В ходе реализации численного эксперимента проведен расчёт большого числа шагов с использованием метода интегрирования Эйлера с переменным шагом интегрирования. Разработанный программный комплекс основан на клиент-серверной технологии обработки и передачи данных. Программный комплекс включает в себя серверную часть и клиентскую часть. Взаимодействие серверной и клиентской части осуществляется на основе специализированной технологии передачи данных DataSocketServer, входящей в программный пакет среды разработки LabView.

Серверная часть содержит расчетные модули моделей кабины, экипажа, моделей отдельных систем, модуль формирования нештатных ситуаций, модуль оценки действий экипажа. Серверная часть обеспечивает расчет текущих значений параметров, характеризующих среду обитания и функционирование отдельных систем, а также получение управляющих команд в случае необходимости корректировки работы отдельных систем или проведения локализации нештатных ситуаций. В случае выхода параметров за допустимые пределы или при формировании нештатных ситуаций система, продолжая функционировать, обеспечивает оповещение экипажа в соответствии со сложившейся ситуацией.

#### Библиографический список

1. Федосов В. П., Нестеренко А. К. Цифровая обработка сигналов LabVIEW. — М: ДМК Пресс, 2007.
2. Проектирование и испытание систем обеспечения жизнедеятельности для космических станций. — М.: ГОНТИ-4, 1974.

А. В. Якутин, А. И. Коломенцев

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАНАЛА РЕАКТОРА МИКРО-ЖРД НА УНИТАРНОМ ТОПЛИВЕ**

Целесообразность данной работы обусловлена растущим интересом к развитию микродвигателей для малоразмерных космических аппаратов.

Вместе с уменьшением размеров космических аппаратов актуальны требования существенного сокращения размеров двигателей для них, потребления ими энергии и затрат на их создание. Для более точной коррекции, стабилизации и ориентации космических кораблей (и тем более малых аппаратов, масса которых не превышает 10 кг) необходима тяга порядка 1 мкН.

Концепция малоразмерных космических аппаратов стала популярной из-за попыток минимизировать стоимость жизненного цикла спутников для различных космических миссий. Космические микрокорабли становились многофункциональными, получали возможность более точной их ориентации.

В традиционных ракетных двигателях для получения малой тяги создавалось низкое давление в камере, вследствие чего двигатели имели низкие показатели эффективности. Поскольку традиционные ракетные технологии не отвечали требованиям для микроспутников, была начата разработка новых миниатюрных двигателей. Краткий обзор различных типов ракетных микродвигателей и обоснование выбора однокомпонентной схемы приводится в работе [1].

Эффективная разработка микро-ЖРД в силу особенности протекания внутренних рабочих процессов предопределяет своевременное создание математических моделей как для их подробного описания, так и для оптимизации конструктивных и функциональных параметров. Для жидкостных микродвигателей на унитарном топливе одной из основных является задача оптимального проектирования камеры реактора с целью полного разложения топлива (до сопла) без чего эффективность работы двигателя будет низкая. Математическое моделирование подобных микросистем развито мало, но очень востребовано. Одной из таких работ является создание Московским авиационным институтом в рамках рабочего международного проекта математической модели прототипа камеры ЖРД, разрабатываемого предприятием Astrium GmbH.

**1. Особенности рабочих процессов микро-ЖРД.** Разрабатывается прототип камеры микро-ЖРД, работающего на унитарном топливе, которое реагирует на каталитически активной поверхности в камере разложения с последующим ускорением продуктов реакции в сопле Лавала.

В качестве базового конструкционного материала используется кремний, дополняемый при необходимости другими элементами и материалами, например, для реализации теплоизоляционных барьеров.

Каталитический реактор микро-ЖРД представляет собой прямоугольную камеру, заполненную каталитически активной керамической матри-

цей, при контакте с которой происходит разложение гидразина с выделением тепловой энергии. Сверху матрица накрыта крышкой.

Основной особенностью двигателя являются его сверхмалые размеры и прямоугольная форма внутренних объемов, обусловленная применением метода литографического травления. Герметизация объемов происходит посредством диффузионного соединения подложки с вытравленной формой камеры с крышкой. Структура формы камеры микро-ЖРД и его некоторые характерные геометрические размеры представлены на рис. 1.

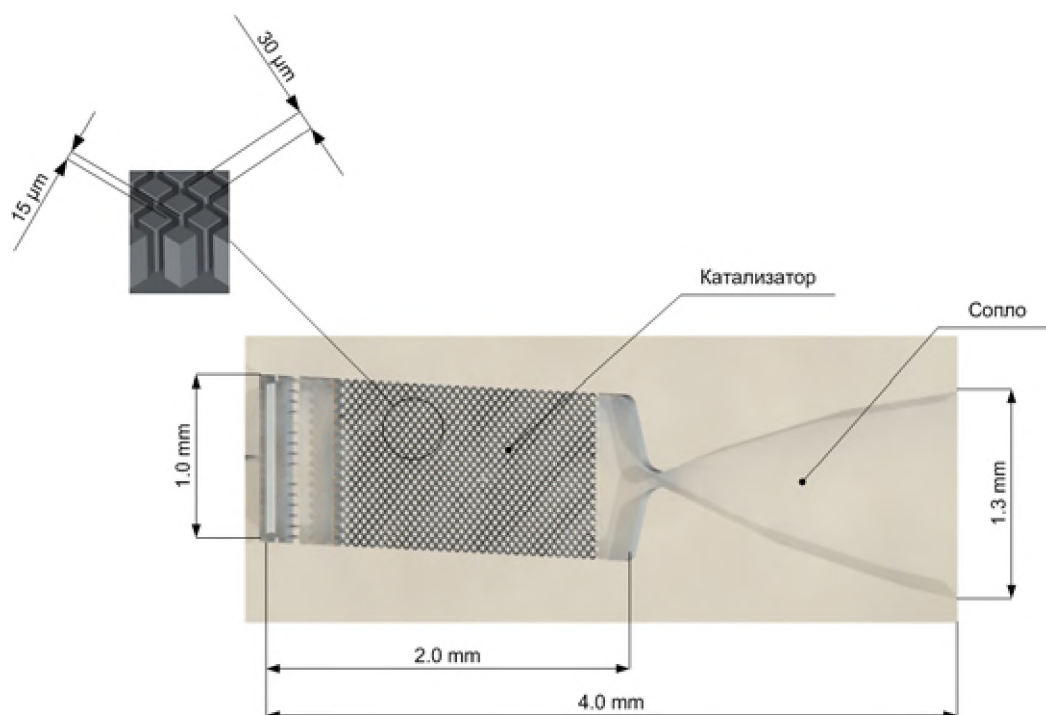


Рис. 1. Форма камеры микро-ЖРД

В условиях каталитического реактора основным механизмом отвода тепла из каналов, в которых происходит реакция, будет конвективная отдача тепла в стенки канала. Уменьшение эквивалентного диаметра канала ( $d_e$ ) при постоянном значении критерия Нуссельта

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d_e}{\lambda}$$

приводит к возрастанию коэффициента теплоотдачи ( $\alpha$ ) от потока в канале в его стенки. Этот эффект вызывает в условиях микрореактора интенсификацию теплообмена в его каналах [2, 3]. Подобно коэффициенту теплоотдачи величина коэффициента массообмена ( $\beta$ ) между топливом в микроканалах камеры и пристеночной области при постоянном значении критерия Шервуда

$$Sh = \frac{\beta \cdot d_e}{D}$$

тоже будет возрастать. В результате все капли, имеющиеся в двухфазном потоке на входе в канал, будут интенсивно выноситься на поверхность катализатора и двухфазный поток в канале быстро прекратит свое существование.

**2. Модель канала реактора.** Модель канала реактора предусматривает многостадийность процессов преобразования унитарного топлива в камере микро-ЖРД (рис. 2.).

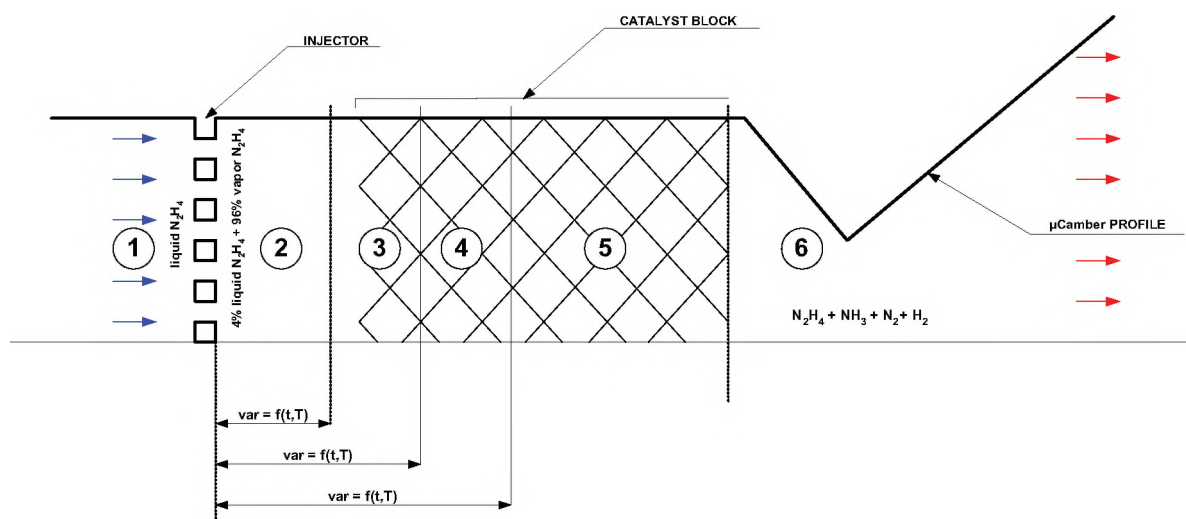


Рис. 2. Модель внутрикамерных процессов преобразования топлива

Согласно представленной схеме при моделировании принимается следующая стадийность преобразования унитарного топлива:

- 1) жидкое топливо в канале подачи;
- 2) поступление жидкого топлива в камеру из форсуночного блока;
- 3) зона испарения жидкого топлива вследствие экзотермической реакции при контакте с катализатором;
- 4) продолжающееся каталитическое разложение паров топлива (продуктов его разложения) при возрастании температуры процесса;
- 5) термическое объёмное разложение паров топлива при высоких температурах;
- 6) ускорение продуктов реакции в сопле Лаваля.

Положение границ, а также продолжительность и наличие отдельных этапов определяются в процессе решения нестационарной временной задачи для различных задаваемых операционных режимов и, как следствие, температурного состояния двигателя.

При движении двухфазного потока в канале различаются три различных тепловых режима: нагревание двухфазной среды; испарение жидкой фазы; течение однофазной среды.



Каждому из этих режимов соответствует система «жестких» дифференциальных уравнений, состоящая из уравнения баланса тепла и уравнений изменения секундного расхода продуктов реакции. Прежде всего из решаемой системы уравнений было выделено «пилотное уравнение», которое в наибольшей степени определяет «жесткость» решаемой системы уравнений. В нашем случае «пилотным уравнением» для режима нагревания двухфазной среды было уравнение энергии

$$(C_{pL}\dot{m}_L + C_{pV}\dot{m}_V + C_{pPr}\dot{m}_{Pr}) \cdot \frac{dT_f}{dx} = H_{HET} \cdot (j_{add}\varphi + j_D) \cdot \Pi + q_C \Pi. \quad (1)$$

В режиме испарения для этой цели использовалось уравнение изменения секундного расхода паров топлива:

$$\frac{d\dot{m}_V}{dx} = +j_{add} \cdot \Pi \cdot (1 - \varphi) + \frac{1}{r_{VAP}} (H_{HET} \cdot j_{add} \cdot \varphi + H_{HET} \cdot j_D + q_C) \cdot \Pi, \quad (2)$$

а в режиме течения однофазной среды — уравнение энергии с дополнительными членами, учитывающими реакцию объемного тепловыделения:

$$(C_{pV} \cdot \dot{m}_V + C_{pPr} \cdot \dot{m}_{Pr}) \cdot \frac{dT_f}{dx} = H_{HET} \cdot j_D \cdot \Pi + H_{НОМ} \cdot K_0 \cdot C_V \cdot F + q_C \cdot \Pi, \quad (3)$$

где  $C_{pV}$ ,  $C_{pL}$ ,  $C_{pPr}$  — удельная теплоемкость паров топлива, жидкого топлива и продуктов разложения соответственно;

$\dot{m}_V$ ,  $\dot{m}_L$ ,  $\dot{m}_{Pr}$  — массовый расход паров топлива, жидкого топлива и продуктов разложения;

$T_f$  — температура потока;

$H_{HET}$ ,  $H_{НОМ}$  — тепловыделение при каталитическом и объемном (термическом) разложении топлива;

$\varphi$  — доля тепла, выделяющаяся в жидкой фазе;

$K_0$  — кинетический коэффициент реакции объемного разложения;

$C_V$  — концентрация паров топлива;

$j_D$ ,  $j_{add}$  — диффузионный поток паров топлива, жидких капель топлива;

$q_C$  — удельный тепловой поток из стенки канала;

$\Pi$ ,  $F$  — периметр и площадь поперечного сечения канала.

Для «пилотного уравнения» вычислялось значение функции на  $N+1$  шаге по методу Эйлера (прогноз). При использовании значения температуры, полученного при прогнозе, в рассчитываемом канале не выполнялся баланс тепла, поэтому для коррекции полученного решения использовалось условие сохранения баланса тепла в канале при одновременном соблюдении сохранения баланса секундных расходов (2).

Теплофизические свойства паров топлива и жидкого топлива считались по аппроксимационным уравнениям табличных значений из [4]. Теплофи-

зические свойства продуктов разложения задавались через свойства компонентов смеси ( $C_{pi}$ ) и их массовые доли ( $m_i$ ):

$$C_{pPr} = \sum_i m_i \cdot C_{pi}.$$

Математическая модель расчета свойств газовой смеси описана в [5].

**3. Результаты расчетов.** Результаты расчета канала при температуре стенок 473 К показаны на рис. 3. Расход топлива в канале принимался равным 0,034 мг/с. На входе в канал гидразин находится в виде двухфазного потока с температурой близкой 0 °С.

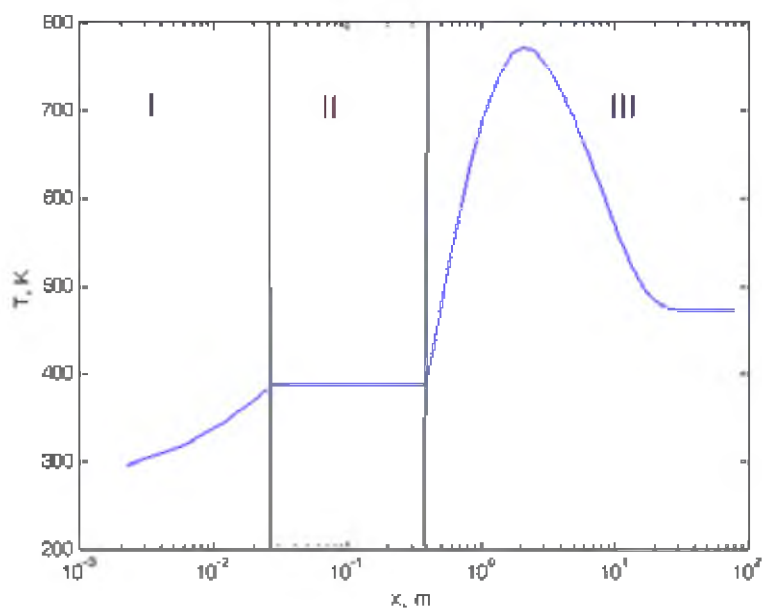


Рис. 3. Распределение статической температуры по длине канала

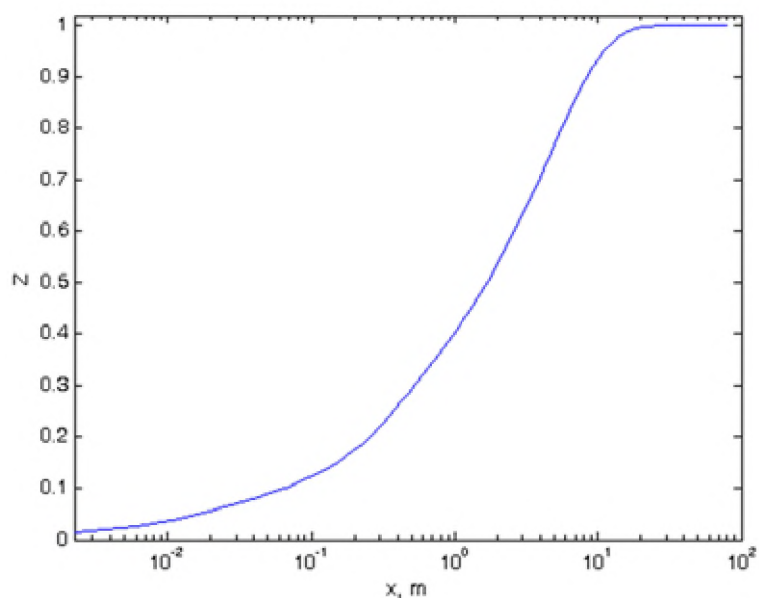


Рис. 4. Распределения массовой доли продуктов разложения по длине канала

На рис. 3 прослеживаются все три тепловых режима (нагревание двухфазной среды, испарение жидкой фазы, течение однофазной среды). Первая зона заканчивается, когда температура двухфазной среды достигает температуры кипения.

Высокий диффузионный поток капель гидразина на поверхность катализатора является причиной того, что протяженность зон I, II очень мала. Поэтому относительная длина канала на рис. 3, 4. представлена в логарифмических координатах.

Зона III оказывается более протяженной. В ней происходит каталитическое разложение паров гидразина на поверхности катализатора. Температура матрицы оказывает заметное влияние на расположение и величину температурного максимума в канале. Чем меньше температура матрицы, тем меньше температурный максимум среды и тем ближе он сдвинут к входу в канал. Далее температура газа начинает быстро остывать.

**Выводы.** Были описаны основные уравнения математической модели канала каталитического реактора камеры микро-ЖРД и выполнен одномерный его расчет. Одномерное решение позволяет понять характер протекания химических реакций, масштаб и расположение зоны интенсивного протекания реакции.

Для более точной картины процесса необходимо решение многомерной модели уравнений Навье—Стокса с учетом кинетики химических реакций и двухфазности потока в каналах.

Другой важной задачей является численный расчет течения в сопле, который требуется для описания и оптимизации производительности двигателя. Эту задачу можно решить на основе уравнений Навье—Стокса для сжимаемых течений [6].

#### Библиографический список

1. Коломенцев А. И., Якутин А. В. Двигательные установки реактивных систем управления малоразмерных космических аппаратов // Авиакосмическое приборостроение. 2008. № 1.
2. Забабахин Е. И. Явление неограниченной кумуляции — М.: Изд. АН СССР, 1990.
3. Накоряков В. Е., Кузнецов В. В. Тепломассообмен при фазовых переходах и химических превращениях в микроканальных системах // Труды Российской национальной конференции по теплообмену. — М.: Изд-во. МЭИ, 2006.
4. Сарнер С. Химия ракетных топлив. — М.: МИР, 1969.
5. Коломенцев А. И., Захаров С. А., Якутин А. В. Математическая модель расчета теплофизических свойств газовой смеси // Вестник МАИ, 2007, Т. 14.
6. Мартыненко С. И. Универсальная многосеточная технология для численного решения систем дифференциальных уравнения в частных производных // Вычислительные методы и программирование. 2001.

## ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ «ПОСТАНОВКИ» ПОМЕХИ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНИВАНИЯ ВЕКТОРА-СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Математическая теория объекта управления — это раздел математики, рассматривающий неклассические вариационные задачи нахождения экстремумов функционалов на решениях уравнений, описывающих управляемые объекты, и управлений, на которых реализуется экстремум.

Для определения оптимальных по точности оценок координат вектора состояния системы рассмотрим случай, когда движение управляемого объекта и процесс наблюдения описываются математическими моделями вида

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= A(t)x(t) + b(t) + \eta(t), \quad t \geq 0, \quad x(0) = x_0, \\ y(t) &= B(t)x(t) + \xi(t), \quad t \geq 0, \quad y(0) = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $x \in R_n$ ,  $y \in R_m$ ; через  $\eta$  и  $\xi$  обозначены винеровские стандартные процессы;  $x_0$  — гауссовский вектор  $Mx_0 = m_0$ ;  $Dx_0 = D_0$ . Случайные величины  $x_0$ ,  $\eta$  и  $\xi$  взаимно независимы. При этом точность определения координат характеризуется матрицей  $D(t)$ , а управление наблюдением — матрицей  $u = Q^T(\sigma_0\sigma_0^T)^{-1}Q$ ; матрицы связаны уравнением фильтра Калмана

$$\begin{aligned} \dot{D}(t) &= A(t)D(t) + D(t)A^T(t) - D(t)u(t)D(t) + \sigma(t)\sigma^T(t), \\ t \geq 0, \quad D(0) &= D_0, \quad u = Q^T(\sigma_0\sigma_0^T)^{-1}Q. \end{aligned} \quad (2)$$

Весьма часто наблюдения проводятся с целью оптимизировать точность определения величины  $qx(T)$ , где  $q$  — заданный вектор из  $R_n$ . Если, например,  $i$ -я компонента вектора  $q$  равна единице, а все остальные равны нулю, то  $q^T x(T) = x_i(T)$  и задача сводится к оптимизации точности определения  $x_i(T)$ . При этом указанная точность может быть охарактеризована дисперсией величины  $q^T x(T)$ . Таким образом, критерий качества  $J$  в задачах оптимизации процесса наблюдения можно задать в форме

$$J = q^T D(T)q. \quad (3)$$

Управление  $u(t)$  наблюдениями также может быть подчинено ряду ограничений.

Приведем в качестве иллюстрации некоторые из них, имеющие вид

$$u(t) \in U(t), \quad J_i = \int_0^T F_i(t, u(t)) dt \leq C_i. \quad (4)$$

Здесь  $U(t)$  — заданное множество матриц, определяемое возможностями управления наблюдениями;  $F_i$  — заданные скалярные функции;  $C_i$  — заданные постоянные.

С помощью функционалов типа  $J_i$  могут быть учтены имеющие место в задаче ограничения на стоимость проведения измерений или их длительность. Соотношения (2)–(4) показывают, что задачи оптимизации процесса наблюдения являются обычными задачами оптимального управления детерминированными системами (2) для матрицы ковариации  $D(t)$ .

**«Обратная задача» оптимального управления измерениями.** Родственной задачей об оптимизации процесса наблюдения является задача об оптимальных помехах, затрудняющих наблюдение за динамическим объектом. Это «обратная задача» калмановской фильтрации.

Задача об оптимизации помех возникает, когда управляющая сторона стремится затруднить наблюдение за динамической системой, создавая шумы в канале наблюдения.

Структурная схема такой задачи представлена на рис. 1.

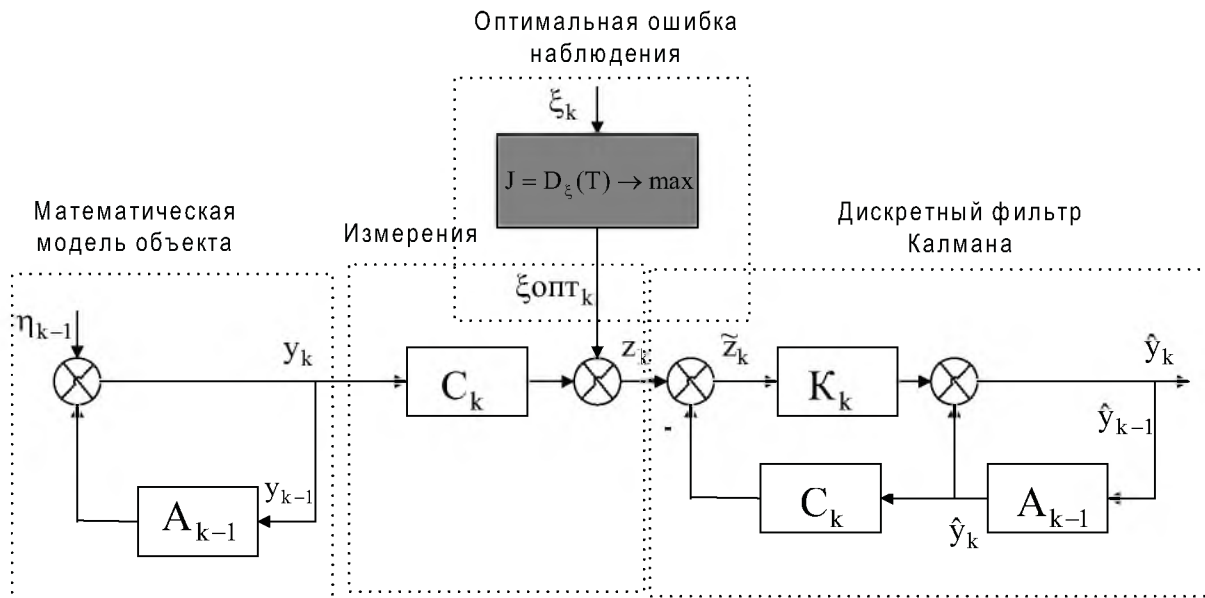


Рис. 1. Обратная задача оптимального управления измерениями

Пусть математическая модель движения объекта имеет вид

$$\begin{cases} \dot{x} = v + \eta \\ \dot{v} = 0, \\ z(t) = x(t) + \xi(t), \end{cases} \quad 0 \leq t \leq T, \quad (5)$$

где  $x$  — координата точки;  $v$  — ее скорость.

Представим теперь систему (5) в векторно-матричной форме:

$$\{ \dot{x} = Ax + \eta, z(t) = Cx + \xi, \quad (6)$$

где  $A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$  — матрица, характеризующая динамические свойства объекта,  $C^T = (\alpha_1, \alpha_2)$  — «матрица» измерений;  $z$  — скалярное измерение;  $\eta(t)$  — гауссовский белый шум:  $M\eta(t) = 0$ ,  $M\eta(t)\eta(t_0) = g\delta(t - t_0)$ ,  $M\eta^2(t_0) = d_0$ ;  $\xi(t)$  — гауссовский белый шум:  $M\xi(t) = 0$ ,  $M\xi(t)\xi(t_0) = \sigma(t)\delta(t - t_0)$ .

Функция  $V(t) = \begin{cases} \sigma_1^{-1} \\ \sigma_2^{-1} \end{cases}$ , где  $\sigma_2 > \sigma_1 > 0$ .

Тогда матрица ковариации  $D$  удовлетворяет соотношениям

$$\dot{D} = AD + DA^T - DQ^T\sigma^{-1}QD - FGF^T, \quad D(t_0) = D_0. \quad (7)$$

Управление наблюдением осуществляется выбором функции  $V(t)$ , удовлетворяющей ограничениям

$$\begin{aligned} V(t) &= Q^T(t)\sigma^{-1}(t)Q(t), \quad K(t) = F(t)G(t)F^T(t), \\ V(t) &\in U(t), \quad t_0 \leq t \leq T. \end{aligned} \quad (8)$$

Сформулируем постановку задачи об оптимизации помех, используя следующие обозначения:

$$J_0 = \int_{t_0}^T f(V, t)dt; \quad J = \sum_{j,k=1}^n D_{jk}(T)q_jq_k. \quad (9)$$

Определить функцию  $V(t)$ , удовлетворяющую ограничению (4) и изопериметрическому условию  $J_0 = C$ ,  $C$  — заданная константа.

Требуется выбором функции  $V(t)$ , удовлетворяющей указанным ограничениям, максимизировать функционал

$$J = \beta_1 d_{11}(T) + \beta_2 d_{22}(T), \quad (10)$$

где  $d_{ii}(T)$  — элементы матрицы ковариации  $D(T)$ , заданные постоянные  $\beta_1 \geq 0, \beta_2 > 0$ .

Положим  $y(t) = D^{-1}(t)$  и обозначим символом  $y_{ij}(t)$  элементы матрицы  $Y(t)$ . Тогда в соответствии с уравнением (7) получим систему

$$\begin{cases} \dot{y}_{11}(t) = \alpha_1^2 \sigma^{-1}(t), \\ \dot{y}_{12}(t) = \alpha_1 \alpha_2 \sigma^{-1}(t) - y_{11}(t), \\ \dot{y}_{22}(t) = -2y_{12}(t) + \alpha_2^2 \sigma^{-1}(t). \end{cases} \quad (11)$$

На основании принципа максимума оптимальная функция принимает значение  $\sigma_0(t) = \sigma_1$ , если  $\alpha_1^2 \psi_1(t) + \alpha_1 \alpha_2 \psi_2(t) + c > 0$ ;  $\sigma_0(t) = \sigma_2$ , если

$\alpha_1^2 \psi_1(t) + \alpha_1 \alpha_2 \psi_2(t) + c < 0$ , где постоянная  $c$  подбирается так, чтобы было выполнено требование (10), а сопряженные переменные  $\psi_i(t)$  удовлетворяют условиям:

$$\begin{aligned} \dot{\psi}_1(t) &= \psi_2(t), \\ \dot{\psi}_2(t) &= 2\psi_3(t), \\ \dot{\psi}_3(t) &= 0, \quad (0 \leq t \leq T), \\ \psi_3(T) &= [-\beta_1 z_{12}^2(T) - \beta_2 z_{11}^2(T)][z_{11}(T)z_{22}(T) - z_{12}^2(T)]^{-2} < 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Отсюда вытекает, что при  $0 \leq t \leq T$

$$\frac{d^2}{dt^2}(\alpha_1^2 \psi_1(t) + \alpha_1 \alpha_2 \psi_2(t)) = 2\alpha_1^2 \psi_3(t) < 0. \quad (13)$$

Следовательно, существует такой момент времени  $t_z \in [0, T_0]$ , что оптимальный закон управления помехой  $V_0(t) = \sigma_0(t)^{-1}$ .

Проинтегрируем систему (12) при оптимальном законе и подставим результаты интегрирования в функционал  $J(t_z) = \beta_1 d_{00}(t_z) + \beta_2 d_{11}(t_z)$ . Тогда функционал  $J$  окажется функцией одной переменной  $t_z$ , максимизация которой по  $t_z$  определит длительность первого интервала помех

$$\dot{J}(t_z) = \frac{d}{dt_z} J(t_z), \quad \dot{J}(t_z) = 0. \quad (14)$$

В результате закон оптимального управления (рис. 2) представляется следующим образом:

$$V_{01}(t) = \begin{cases} \sigma_2^{-1} & \text{если } 0 \leq t \leq t_z, \\ \sigma_1^{-1} & \text{если } t_z < t \leq T - T_0 + t_z, \\ \sigma_2^{-1} & \text{если } T - T_0 + t_z < t \leq T. \end{cases} \quad (15)$$

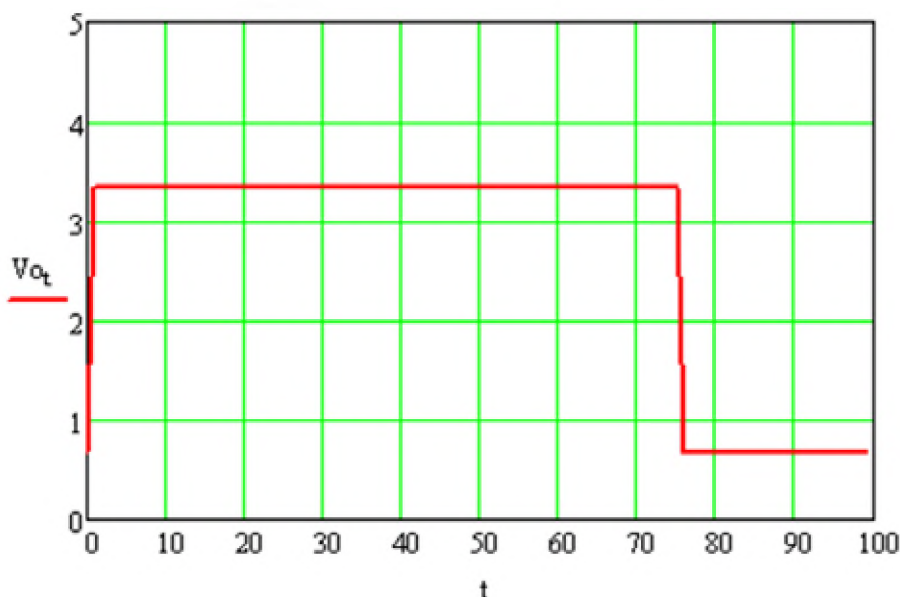


Рис. 2. Оптимальный закон переключения интенсивностей помехи в канале наблюдения

На рис. 3 представлена реализация дисперсии оценки.

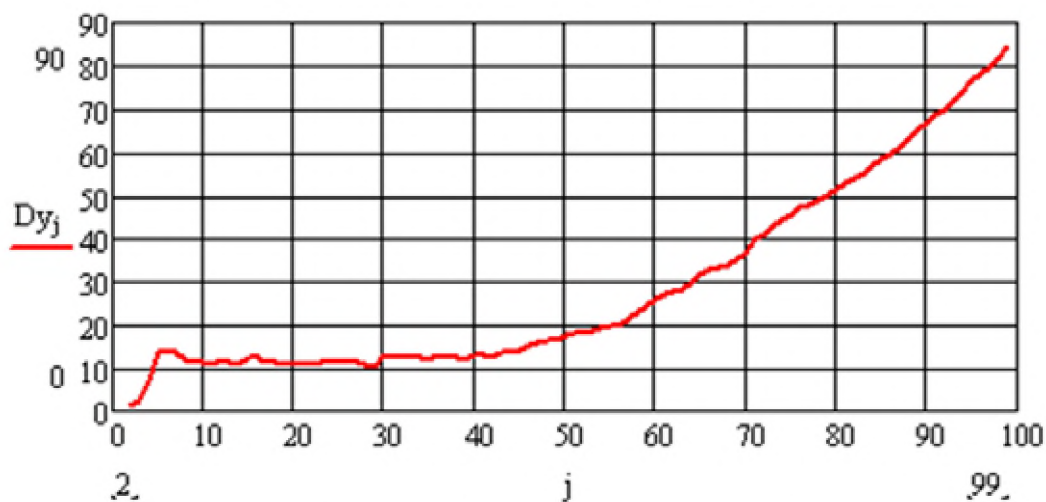


Рис. 3. Дисперсия оценки координаты  $x$

Для сравнения результатов решения сравниваются оценки вектора наблюдения в случае оптимального времени переключения интенсивности помехи с оценкой, полученной при произвольном времени переключения интенсивности (рис. 4).

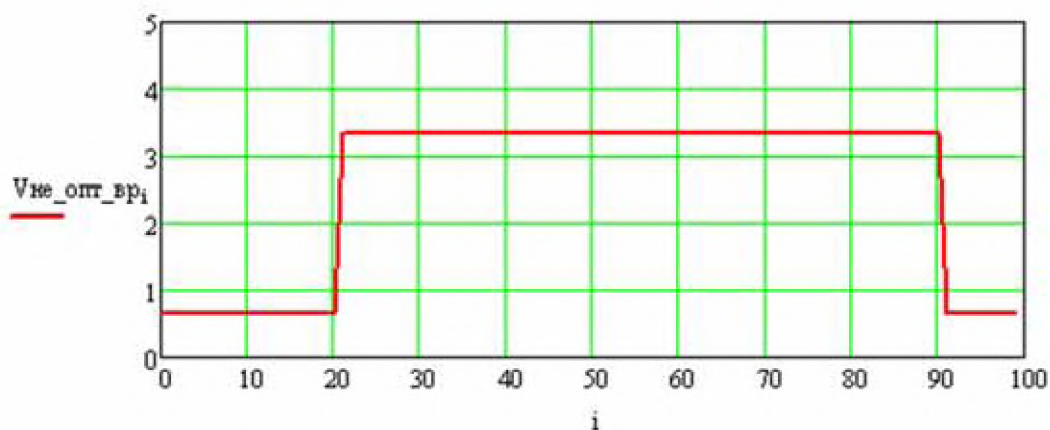


Рис. 4. Произвольный момент переключения интенсивностей помехи в канале наблюдения

Значения сравниваемых дисперсий представлены на сводном графике (рис. 5).

На основании проведенных исследований влияния интенсивности помехи в канале наблюдения можно сделать вывод, что с помощью оптимального управления интенсивностью помехи в канале наблюдения можно управлять качеством полученных оценок координат вектора состояния.

Результаты проверки показали, что при постановке оптимальной помехи дисперсия оценки координат вектора состояния заметно больше, чем при произвольном законе управления постановкой помехи.



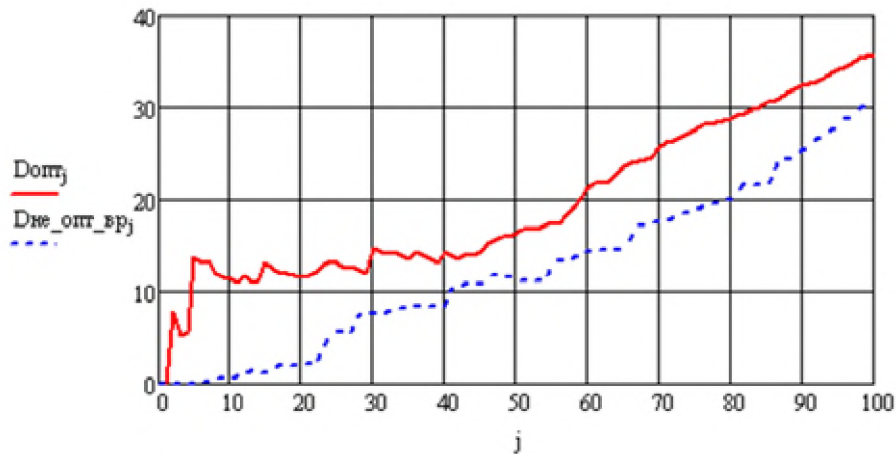


Рис. 5. Поведение дисперсий оценок при оптимальном и произвольном моменте переключения интенсивностей помехи

#### Библиографический список

1. Неймарк Ю. И., Коган М. М. Теория управления на этапе расширения возможностей и универсализации (<http://www.inventors.ru/index.asp?mode=2660>).
2. Ройтенберг Я. Н., Автоматическое управление. — М.: Наука, 1978.
3. Беллман Р. Введение в теорию матриц. — М.: Наука, 1969.
4. Есакова О. И. Задача регулирования системы, описываемой линейным дифференциальным уравнением с неизвестной составляющей при старшей производной // Труды XVI Международного научно-технического семинара. Алушта, сентябрь 2007 г.
5. Шаронов А. В. Методы и алгоритмы обработки результатов экспериментальных исследований. — М.: Изд-во МАИ, 2004.
6. Афанасьев В. Н., Колмановский В. Б., Носов В. Р. Математическая теория конструирования систем управления. — М.: Изд-во центра «Академия», 1998.
7. Черноушко Ф. Л., Колмановский В. Б., Оптимальное управление при случайных возмущениях. Главная редакция физико-математической литературы издательства. — М.: Наука, 1978.

М. А. Коновалюк, Ю. В. Кузнецов, А. Б. Баев

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЦЕЛЕЙ В СВЕРХКОРОТКОИМПУЛЬСНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ**

Современные методы цифровой обработки радиолокационных сигналов позволяют получать большое количество информации о наблюдаемых объектах [1]. С использованием этой информации можно решить различные задачи радиолокации: получение радиолокационных изображений

объектов с высоким разрешением, сопровождение целей, распознавание целей и др.

Во многих радиолокационных задачах требуется большая точность измерения параметров сигналов (дальности, азимута, доплеровского смещения и др.), отраженных от объектов. Известно, что точность измерения этих параметров зависит от разрешающей способности радиолокационной станции (РЛС) по этим параметрам.

В данной работе рассматривается задача определения параметров сигналов в сверхкороткоимпульсной (СКИ) радиолокации [2]. Сигналы в СКИ радиолокации представляют собой радиоимпульсы малой длительности. Так, для рассматриваемой в работе СКИ РЛС длительность зондирующего импульса составляет 10 нс, что соответствует разрешению по дальности 1,5 м.

Известно, что отклик протяженного радиолокационного объекта на короткий зондирующий импульс может быть описан совокупностью откликов от “блестящих” точек [3]. Отклики от “блестящих” точек могут рассматриваться как сигналы, отраженные точечными рассеивателями цели. Информация о взаимном расположении наиболее мощных “блестящих” точек целей может служить основой для составления банка данных объектов и быть использована для их распознавания. Однако расстояние между отдельными центрами рассеяния может быть гораздо меньше разрешающей способности РЛС, что значительно затруднит распознавание объекта непосредственно по его радиолокационному портрету.

В данной работе рассматривается применение алгоритма параметрической идентификации объектов в СКИ радиолокации, позволяющего определить положения близкорасположенных центров рассеяния объекта с использованием его комплексного радиолокационного изображения (РЛИ).

**Параметрическая идентификация.** В СКИ радиолокации сигнал, отраженный от объекта, может быть представлен в виде суперпозиции откликов от отдельных центров рассеяния объекта [3, 4]. Комплексную огибающую радиолокационного сигнала, отраженного  $p$ -м центром рассеяния объекта, можно записать в виде

$$\dot{s}_p(t) = a_p \cdot e^{-j(2\pi f_0 t_p - \psi_p)} \cdot s(t - t_p) = a_p \cdot s(t - t_p), \quad (1)$$

где  $a_p$  и  $\psi_p$  — соответственно амплитуда и фаза коэффициента отражения;  $s(t)$  — огибающая зондирующего импульса;  $t_p$  — время распространения электромагнитной волны от РЛС до цели и обратно;  $f_0$  — несущая частота радиолокационного сигнала.

Зависимость от дальности  $r$  и угла азимута  $\varphi$  значений комплексной огибающей принятого радиолокационного сигнала, рассеянного  $P$  центра-

ми рассеяния объекта, размеры которого сопоставимы с разрешением по дальности и азимуту, запишем в виде

$$\dot{x}(r, \varphi) = \sum_{p=1}^P \dot{s}_p(r) \cdot f_A^2(\varphi - \varphi_p) + \dot{w}(r, \varphi), \quad (2)$$

где  $\varphi_p$  — координата азимута  $p$ -го центра рассеяния объекта;  $f_A(\varphi)$  — характеристика направленности антенны;  $\dot{w}(r, \varphi)$  — комплексная огибающая белого гауссовского шума в полосе частот приемного тракта.

Дискретное радиолокационное изображение объекта в пределах интервала по дальности  $[r_{min}; r_{max}]$  и интервала по азимуту  $[\varphi_{min}; \varphi_{max}]$  может быть представлено в следующем виде:

$$\dot{x}[n, m] = \dot{x}(\rho_n, \theta_m) = \sum_{p=1}^P \dot{a}_p \cdot s_p(\rho_n - r_p) \cdot f_A^2(\theta_m - \varphi_p) + \dot{w}[n, m], \quad (3)$$

где

$$\rho_n = r_{min} + \frac{n \cdot (r_{max} - r_{min})}{N - 1}; \quad n = 0, 1, \dots, N - 1, \quad (4a)$$

$$\theta_m = \varphi_{min} + \frac{m \cdot (\varphi_{max} - \varphi_{min})}{M - 1}, \quad m = 0, 1, \dots, M - 1. \quad (4b)$$

Для дискретного комплексного изображения радиолокационного объекта может быть вычислено его двумерное дискретное преобразование Фурье (ДПФ) по формуле

$$\begin{aligned} \dot{X}[\nu, \mu] &= \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} \dot{x}[n, m] \cdot e^{-j2\pi \cdot (\frac{\nu}{N} \cdot n + \frac{\mu}{M} \cdot m)}, \\ \nu &= 0, 1, \dots, N - 1, \quad \mu = 0, 1, \dots, M - 1. \end{aligned} \quad (5)$$

Две выборки отсчетов двумерного ДПФ при  $\nu = 0$  и  $\mu = 0$  могут быть вычислены с использованием следующих выражений:

$$\dot{X}_\theta[\nu] = \dot{X}[\nu, 0] = \sum_{n=0}^{N-1} \dot{x}_\theta[n] \cdot e^{-j2\pi \cdot \frac{\nu}{N} \cdot n}, \quad \nu = 0, 1, \dots, N - 1; \quad (6a)$$

$$\dot{X}_\rho[\mu] = \dot{X}[0, \mu] = \sum_{m=0}^{M-1} \dot{x}_\rho[m] \cdot e^{-j2\pi \cdot \frac{\mu}{M} \cdot m}, \quad \mu = 0, 1, \dots, M - 1. \quad (6b)$$

Из вектора данных в частотной области  $\dot{y}$  (рис. 1), полученного обращением свертки с использованием соответствующей известной формы огибающей сигнала  $s(t)$  и известной формы характеристики направленности антенны  $f_A(\varphi)$ , для каждого из двух ортогональных сечений (6a и 6b) двумерного ДПФ требуется сформировать матрицу данных, имеющую

вид матрицы Ханкеля:

$$\dot{Y} = \begin{pmatrix} \dot{y}_0 & \dot{y}_1 & \cdots & \dot{y}_L \\ \dot{y}_1 & \dot{y}_2 & \cdots & \dot{y}_{L-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \dot{y}_{K-L-1} & \dot{y}_{K-L} & \cdots & \dot{y}_{K-1} \end{pmatrix}, \quad L < \frac{K}{2}, \quad (7)$$

где  $K < \{N, M\} / 2$  — количество отсчетов, содержащихся в векторе данных  $\dot{y}$ .

Координаты дальности и азимута положения  $p$ -го центра рассеяния могут быть вычислены по следующим формулам:

$$r_p = -\frac{\arg(\dot{z}_{\theta p})}{2\pi} \cdot (r_{\max} - r_{\min}) + r_{\min}, \quad \varphi_p = -\frac{\arg(\dot{z}_{\rho p})}{2\pi} \cdot (\varphi_{\max} - \varphi_{\min}) + \varphi_{\min},$$

$$p = 1, 2, \dots, P, \quad (8)$$

где  $\dot{z}_{\theta p}$  и  $\dot{z}_{\rho p}$  — параметры, определяемые в соответствующем ортогональном сечении двумерного ДПФ с использованием метода матричных пучков (Matrix pencil method) [4].

Количество “блестящих” точек соответствует значащим сингулярным числам матрицы Ханкеля.

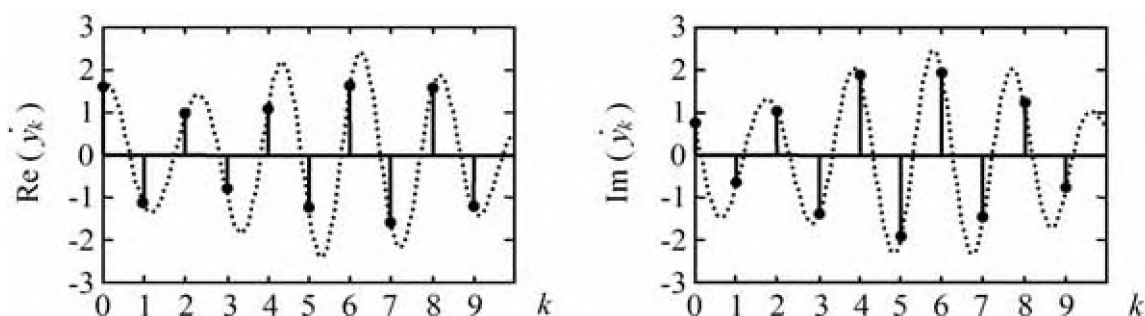


Рис. 1. Последовательность комплексных отсчетов данных  $\dot{y}$  сечений в частотной области

Следующий шаг в определении положения центра рассеяния заключается в разрешении неопределенности его положения на плоскости, порождаемой предложенным алгоритмом. Эта задача может быть решена методами обработки изображений. Сначала осуществляется поворот изображения в плоскости. Затем повторно производится обработка изображения по предыдущему алгоритму. Наконец, определяются амплитуды и фазы коэффициентов отражения с использованием метода наименьших квадратов. Таким образом, с использованием предлагаемой обработки радиолокационного изображения можно получать координаты и коэффициенты отражения центров рассеяния объектов.

**Результаты моделирования.** С целью продемонстрировать возможности предлагаемого алгоритма было сформировано дискретное ком-

плексное радиолокационное изображение на координатной плоскости дальность—азимут. Полученное в результате моделирования радиолокационное изображение трехточечного объекта показано на рис. 2. Отношение сигнал/шум для этого РЛИ составляет 20 дБ.

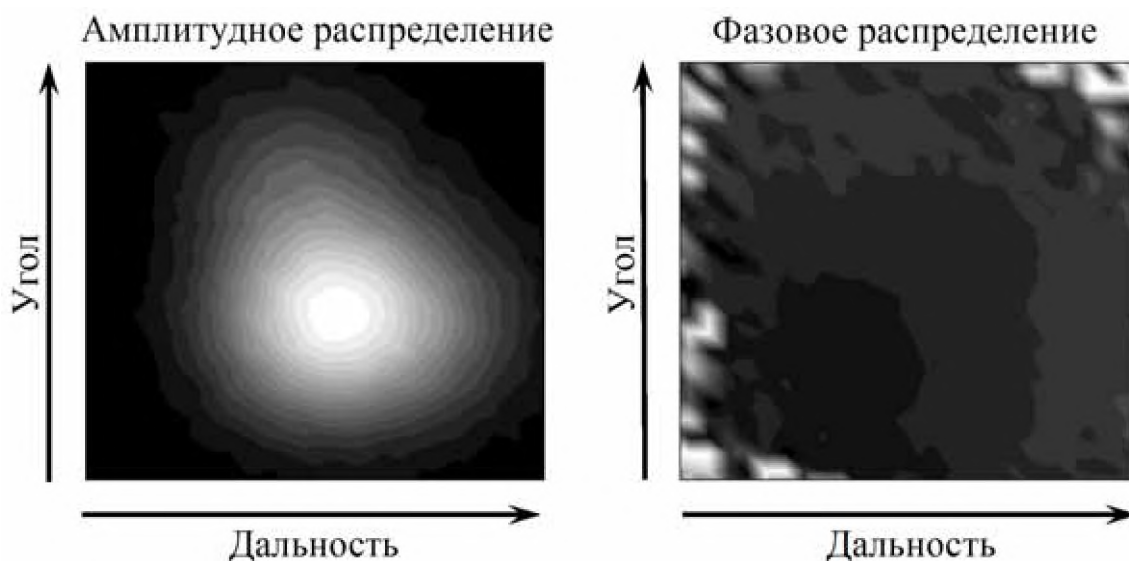


Рис. 2. Модель радиолокационного изображения трехточечного объекта

В табл. 1 приведены параметры центров рассеяния модели трехточечного объекта.

Таблица 1

Параметры центров рассеяния модели трехточечного объекта

Центр рассеяния	Дальность, м	Угол азимута	Амплитуда	Фаза, рад.
1	49,80	60,40 °	0,26	-1,89
2	49,99	59,63 °	0,69	-2,50
3	50,73	59,71 °	0,32	-1,61

При моделировании комплексного РЛИ была использована гауссовская форма огибающей зондирующего сигнала:

$$s(t) = e^{-\pi \cdot \left(\frac{t}{\tau}\right)^2}, \quad (9)$$

где  $\tau = 10$  нс – длительность зондирующего сигнала.

Выражение, описывающее форму характеристики направленности, может быть представлено в следующем виде:

$$f_A(\varphi) = \sum_{k=-1}^1 \left(\frac{23}{54}\right)^{|k|} \cdot \text{sin c} \left[ \pi \cdot \left(\frac{\varphi}{\theta_A} - k\right) \right], \quad (10)$$

где  $\theta_A = 1^\circ$  – ширина диаграммы направленности антенны, соответствующая размеру апертуры равной 1,5 м. Количество отсчетов данных в частотной области ( $K = 10$ ) было выбрано в соответствии с формой зондирующего импульса диаграммы направленности антенны. Применение метода

матричных пучков с последующим пересчетом параметров по формуле (8) позволило получить координаты центров рассеяния. Снять неопределенность в положениях центров рассеяния удалось после поворота координатной плоскости изображения на  $45^\circ$  с последующей повторной обработкой.

На рис. 3 представлены положения центров рассеяния, полученные в результате применения алгоритма идентификации. Из рисунка видно, что три близкорасположенных центра рассеяния сосредоточены внутри отклика и без специальной цифровой обработки РЛИ не могли наблюдаться отдельно. В результате были определены координаты дальности и азимута центров рассеяния, расположенных внутри элемента разрешения РЛИ на расстоянии не менее 50 % разрешающей способности.

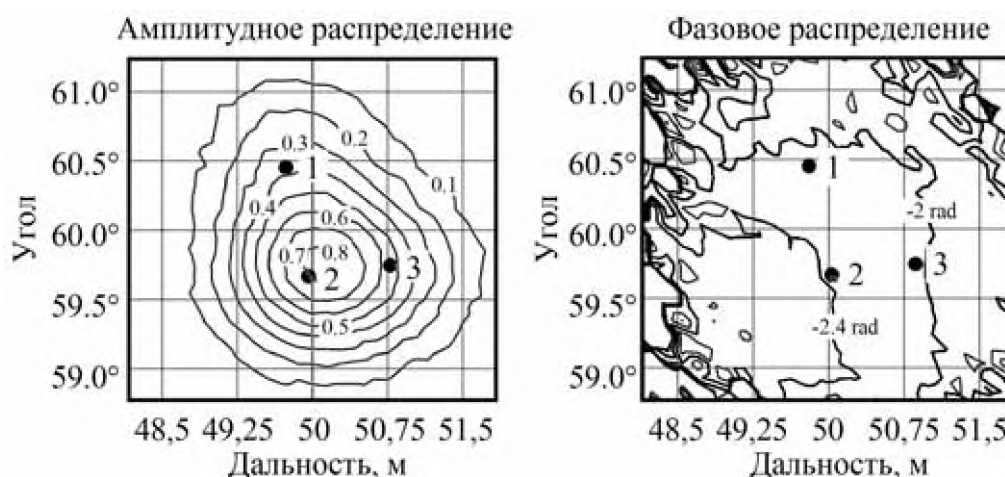


Рис. 3. Контурная карта радиолокационного изображения трехточечного объекта, представленная вместе с заданными параметрами центров рассеяния

**Заключение.** В данной работе представлена модель для описания радиолокационных сигналов когерентно-импульсной РЛС, обладающей высокой разрешающей способностью по дальности за счет малой длительности зондирующего сигнала.

Для определения параметров модели используется алгоритм параметрической идентификации сигнала в частотной области. Полученные в результате идентификации параметры модели принимаемого радиолокационного сигнала могут рассматриваться как параметры наиболее мощных эквивалентных точечных центров рассеяния. Наблюдение поведения рассеивающих свойств объекта по ограниченному числу его “блестящих” точек может быть практически использовано для распознавания радиолокационных целей.

## Библиографический список

1. K.M. Cuomo, J.E. Piou, and J.T. Mayhan, Ultra-Wideband Coherent Processing, *Lincoln Lab. J.* 10 (2) 1997, pp. 203-221.
2. Коновалюк М.А., Кузнецов Ю.В., Баев А.Б., Скосырев В.Н., “Применение параметрической идентификации в сверхкороткоимпульсной радиолокации”, 9-я Международная научно-техническая конференция и выставка “Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA-2007”. — М., ИПУ РАН, март 2007.
3. August W. Rihaczek, Stephen J. Hershkowitz, *Theory and practice of radar target identification*, Artech House, 2000.
4. Tapan K. Sarkar and Odilon Pereira, Using the Matrix Pencil Method to estimate the parameters of a sum of complex exponentials, *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, Vol. 37, No. 1, February 1995.

# **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ**

К. С. Сушков, Чечиков Ю. Б.

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ**

Все больше внимания уделяется смешанному интерактивному обучению, как разновидности дистанционного обучения (ДО), поскольку оно снижает нагрузку преподавателя, предоставляет большие возможности при создании учебного материала, а студенты учатся как самостоятельно по подготовленным материалам в системе, так и на очных занятиях с преподавателем.

Примером смешанного обучения является система «Эрудит», разработанная в МАИ. Система позволяет преподавателю самостоятельно подготавливать мультимедийные (видео, аудио, графические и текстовые) учебные материалы: темы и тесты, которые изучают студенты с помощью этой же системы.

Каждый преподаватель, который подготавливает учебный материал в системе, имеет свою учетную запись. Логин и пароль этой учетной записи дают ему возможность редактировать только свой учебный материал. Для удобной навигации по учебному материалу в системе используется система иерархии, аналогичная иерархии в обычном учебном процессе: «Дисциплина» состоит из «Разделов», которые включают «Части», а части состоят из «Тем». Темы могут содержать набор тестов.

Выбрав тему для редактирования или создав новую, преподаватель получает доступ к редактору тем.

**Редактор учебных материалов в системе «Эрудит».** Редактор учебных материалов в системе обладает всеми основными необходимыми для текстового редактора функциями. При подготовке темы преподаватель имеет возможность вставить в тему изображение, таблицу, аудио- и видеофайлы, которые автоматически копируются на сервер для централизованного хранения.



К вставляемым в текст изображениям преподаватель пишет свои комментарии, определяет их выравнивание, обтекание текстом и т. д.; изменяет размеры вставленного изображения.

В качестве аудио могут быть использованы файлы стандартных форматов (mp3, wma, wav и т. д.), которые проигрываются с помощью Windows media player. В качестве видео может быть использован и flash.

Преподаватель имеет возможность одновременного редактирования нескольких тем и тестов. Каждая тема или вопрос, относящийся к тесту, редактируются в соответствующих вкладках. Темы и тесты редактируются в отдельных окнах, чтобы снизить возможные ошибки.

Если преподаватель уже имеет готовую тему, которую он хочет использовать в системе, то для этого существует функция импорта тем. Импортированная тема добавляется в состав выбранной части.

Подготовленные учебные материалы имеют формат HTML, который позволяет использовать различные мультимедийные возможности. HTML (Hypertext Markup Language — «язык разметки гипертекста») — это стандартный язык разметки документов в интернете.

**Просмотр учебных тем.** В режиме просмотра тем пользователь изучает одновременно несколько тем в разных вкладках. Навигация по темам доступна в том же окне, где отображаются и сами темы. Пользователь может осуществить поиск по текущей теме, увеличить рисунок при условии, что он был вставлен в большом разрешении, а если в теме имеется видеофрагмент, — то может просмотреть его в полноэкранном режиме. Пользователь может также экспортировать тему. Экспортированная тема открывается с помощью обычного интернет-обозревателя, например Internet Explorer. Работа пользователей с системой осуществляется одновременно на нескольких ПК. Вся учебная информация централизованно хранится на сервере, обеспечивая доступ к ней одновременно разных пользователей с разных компьютеров, т. е. работает по принципу «клиент — сервер». Такая технология предоставляет большие возможности по защите данных от несанкционированного доступа и позволяет работать в локальных и глобальных сетях и в сети интернет.

**Подготовка и прохождение тестов.** Создание нового теста начинается с того, что преподаватель определяет тему, к которой относится новый тест. Каждый тест состоит из набора вопросов и подсказок, которые являются мультимедийными. При редактировании вопроса преподаватель имеет возможность определить сложность самого вопроса, которая устанавливается весовым коэффициентом в диапазоне от 0 до 1; определить весовой коэффициент достоверностей вариантов ответов, которые также

устанавливаются от 0 до 1, и может пометить вопрос, участвующий только в экзамене, так как в системе предусмотрено два вида тестирования (рис. 1).

Тексты вопросов и ответов, как и тем, хранятся на физическом диске сервера в отдельных файлах формата HTML, а структура теста, включая достоверности ответов, содержится в базе данных (БД). Таким образом, пользователь, если необходимо, имеет возможность получить прямой доступ к вопросам и подсказкам, но не имеет возможности определить правильные ответы.

В системе, как уже было упомянуто выше, используется два вида тестирования:

самоконтроль — тестирование по определенной теме, где студент может посмотреть подсказку преподавателя по текущему вопросу;

экзамен — тестирование по всей дисциплине. В этом случае студент уже не имеет возможности просматривать подсказки.

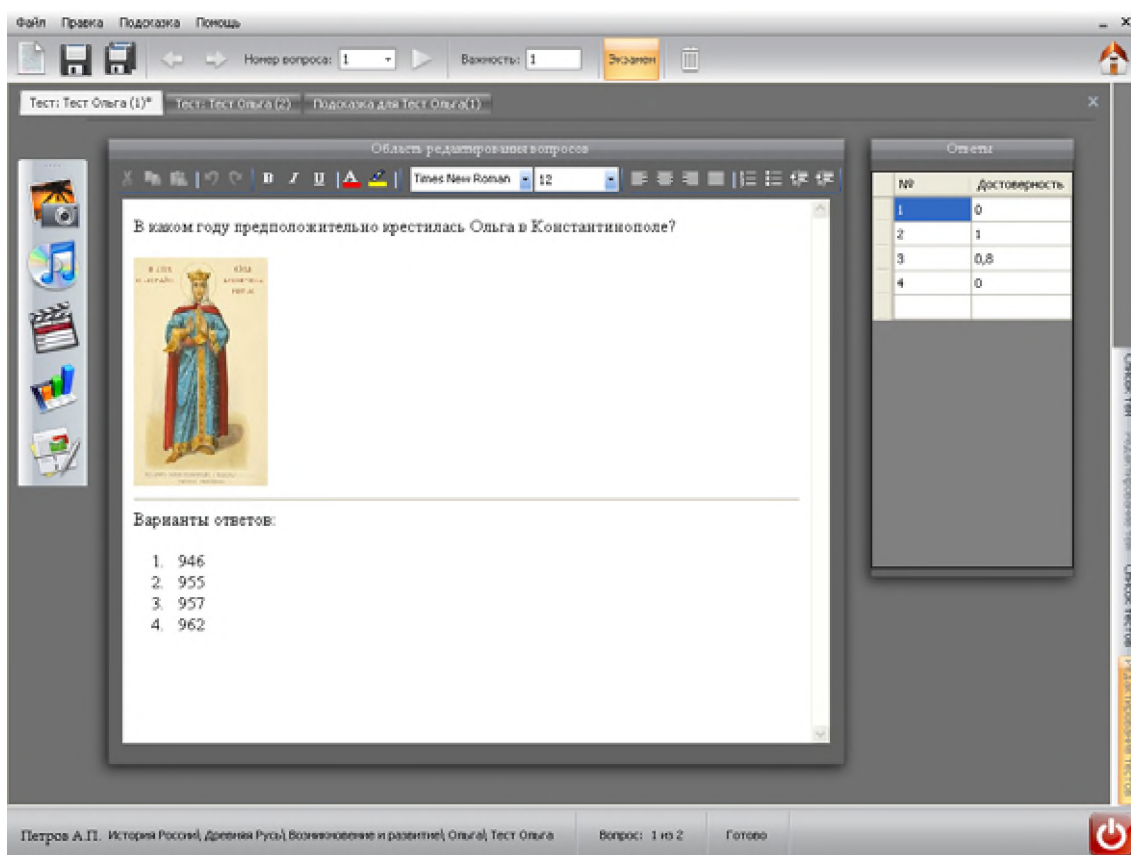


Рис. 1. Создание вопроса, участвующего в экзамене

Если в режим самоконтроля студент может войти самостоятельно и пройти тест, то запустить режим экзамена может только преподаватель, пройдя процедуру аутентификации. После этого преподаватель выбирает дисциплину, по которой будет тестирование, количество вопросов в экза-

мене и ФИО студента. Затем начинается непосредственно само тестирование.

Алгоритмы подсчета оценки и в самоконтроле, и в экзамене одинаковы, но результаты самоконтроля отображаются лишь на экране, а экзамена — еще и сохраняются в БД.

Если во время тестирования студент указывает хотя бы один неправильный ответ, то считается, что он не ответил на этот вопрос. Ответ на вопрос считается засчитанным только тогда, когда студент перечислил все варианты, у которых достоверности больше нуля.

Результаты экзамена преподаватель просматривает, используя утилиту настроек системы.

Итак, разработанная система позволяет автоматизировать процесс обучения студентов, при этом экономится время работы преподавателя и улучшается качество учебного процесса.

Следует отметить, что этапы подготовки мультимедийных уроков и составления тестов весьма трудоемки для преподавателя и требуют творческого подхода. Существенным моментом является и наличие доступа к различной мультимедийной информации при подготовке учебного материала.

Если в системе будет подготовлен комплексный учебный материал, то студенты смогут в большей степени самостоятельно изучать предмет, обращаясь к преподавателям только за консультацией. Преподаватель допускает до реального экзамена только тех студентов, которые успешно прошли тестирование в системе, и учитывает его результаты при опросе студентов.

Система проходит опытную эксплуатацию в медицинском училище № 5 г. Москвы, по её результатам будут определены дальнейшие перспективы разработки.

Г. Б. Сологуб, А. В. Пантелеев

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

**КОМПЬЮТЕРНЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО  
КУРСУ «ЛИНЕЙНАЯ АЛГЕБРА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ  
ГЕОМЕТРИЯ»**

Всё более важной становится роль дистанционного обучения в системе высшего образования. В связи с этим возникает необходимость создания

компьютерных обучающих средств, в частности, по математическим дисциплинам. Курс линейной алгебры и аналитической геометрии содержит большое количество тем, по каждой из которых обучаемый должен получить как теоретические сведения, так и навыки решения задач.

На базе учебных пособий [1, 2, 3], в которых изложены теоретические основы и методы решения задач линейной алгебры и аналитической геометрии, создан компьютерный учебно-методический комплекс (КУМК), состоящий из пяти компьютерных обучающих средств.

К ним относятся два компьютерных учебных пособия: компьютерная версия книги [3] и анимационный курс по векторной алгебре (рис. 1). Они созданы по гипертекстовой технологии с помощью средств Adobe RoboHelp и Microsoft Word в виде структурированных наборов html-страниц и предназначены для просмотра в стандартном браузере Microsoft Internet Explorer 6. Таким образом, при работе с ними доступны все средства и возможности браузера, например, переходы по ссылкам, копирование части текста, распечатка отдельных страниц и выделенных фрагментов, поиск по тексту и т.п.

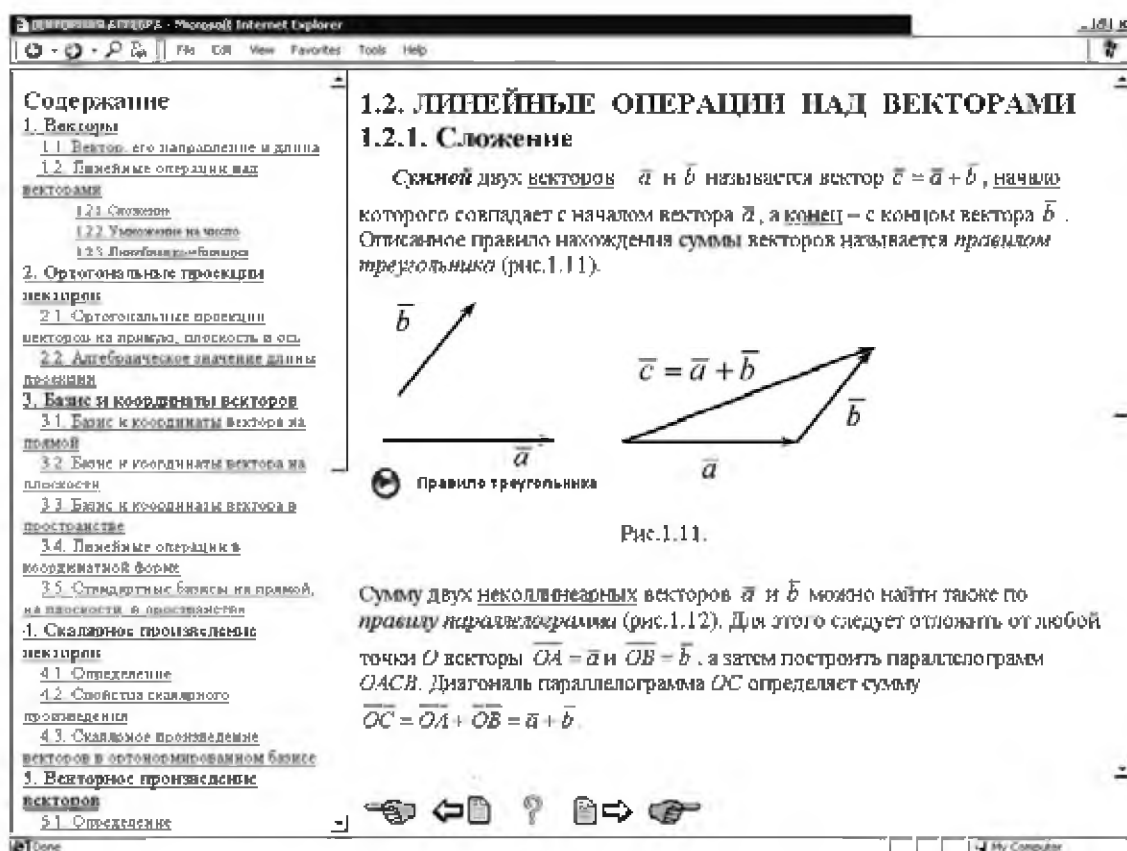


Рис. 1. Анимационный курс по векторной алгебре

Каждое из учебных пособий снабжено алфавитным предметным указателем, полностью охватывающим все используемые в тексте определения

и теоремы. Каждый элемент указателя является гиперссылкой, по которой осуществляется переход к соответствующему фрагменту текста. Используемые в тексте понятия и термины аналогично выделяются гиперссылками. Кроме того, в виде отдельного фрейма отображается содержание, по щелчку на пунктах которого осуществляется переход к соответствующей странице.

Особенностью анимационного курса по векторной алгебре является то, что каждое понятие, введенное в нем, иллюстрируется анимационным изображением, созданным в среде Macromedia Flash.

Описанные компьютерные средства в наглядной и доступной форме предоставляют обучаемому необходимые сведения по заданной теме, определениям и методам решения типовых задач учебного курса линейной алгебры и аналитической геометрии.

Также в КУМК входят компьютерные практикумы по линейной алгебре и аналитической геометрии (рис. 2), представляющие собой самостоятельные приложения, созданные в среде программирования Borland Delphi с использованием встроенных оконных компонент.

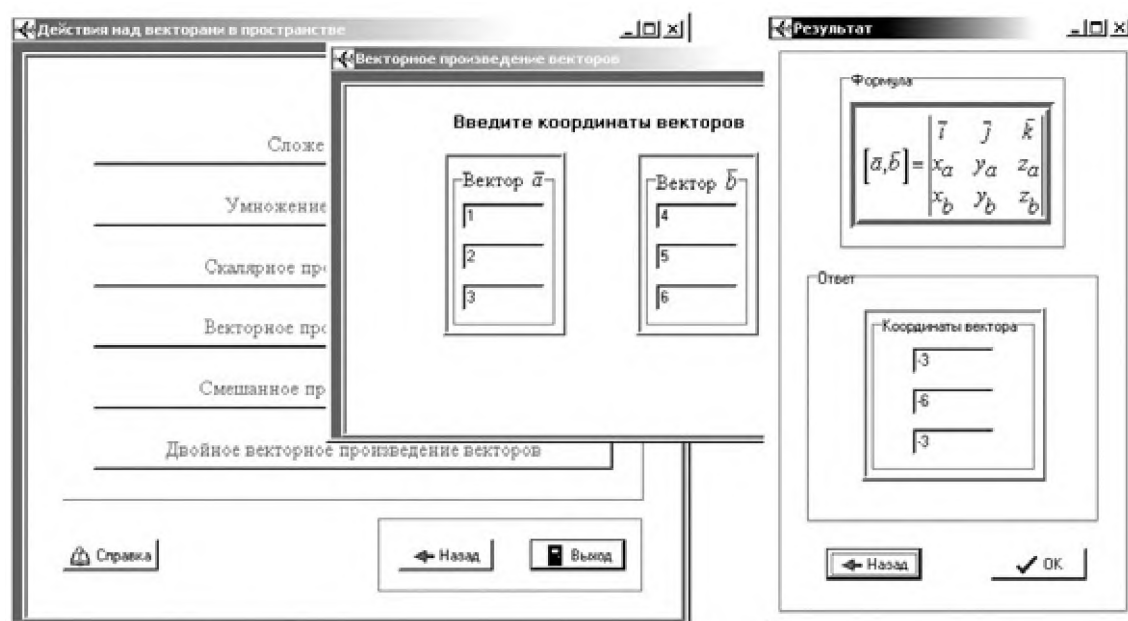


Рис. 2. Компьютерный практикум по аналитической геометрии

Эти программные средства позволяют обучаемому получать пошаговое и итоговое решения большинства типовых задач учебного курса линейной алгебры и аналитической геометрии в диалоговом режиме. Их можно использовать как в качестве универсальных решателей с целью проверки результатов, полученных самостоятельно, так и в качестве обучающих средств при изучении методов и алгоритмов курса.

Кроме того, комплекс содержит лабораторный практикум по линейной

алгебре с системой тестирования знаний, который состоит из наборов задач по различным темам этого учебного курса (рис. 3).



Рис. 3. Лабораторный практикум по линейной алгебре

Задачи можно решать в произвольном порядке. Решение относительно более сложных задач осуществляется по шагам, согласно описанным в учебном пособии алгоритмам. При этом каждый введенный пользователем ответ автоматически проверяется, таким образом, во время всего процесса выполнения работы обучаемый в интерактивном режиме получает информацию о совершенных им ошибках и рекомендации по их устранению.

Практикум может использоваться как при организованном проведении лабораторных работ, так и при индивидуальном самостоятельном изучении методов и алгоритмов решения типовых задач линейной алгебры.

Исходные данные постановок задач практикума генерируются автоматически случайным образом при каждой попытке выполнения задания, что позволяет обучаемому многократно повторять процесс решения задачи в целях тренировки, а при проведении лабораторных работ гарантирует уникальность поставленной перед каждым студентом задачи.

В большинстве задач генерируются объекты (матрицы, системы уравнений) специального вида, обеспечивающие необходимые характеристики

решения и ответа задачи (например, целочисленность).

В качестве вспомогательных средств практикум содержит обыкновенный и специализированные матричные калькуляторы, предназначенные для упрощения рутинных расчетов.

На главной странице практикума отображаются качественные и количественные результаты выполнения заданий, по которым преподаватель может сформировать модель текущих знаний обучаемого, оценить степень его подготовленности и выдать рекомендации к устранению пробелов в знаниях и навыках.

Лабораторный практикум по линейной алгебре был создан по технологии DHTML+JavaScript и отображается в браузерах Microsoft Internet Explorer 5.5, Mozilla Firefox 1.5 или более новых.

Компьютерный учебно-методический комплекс предоставляется обучаемому на электронном носителе (CD-ROM) и не требует установки. Работа с комплексом может осуществляться на любом современном персональном компьютере, при наличии устройства чтения компакт-дисков, установленной операционной системы MS Windows, браузера Internet Explorer 6.0 с плагином Macromedia Flash Player 7.0 или более новых.

КУМК снабжен исполняемым файлом, который вызывается при автозапуске диска, и отображает меню выбора компьютерных обучающих средств.

Каждое компьютерное обучающее средство запускается в отдельном окне. Таким образом, имеется возможность параллельной работы с учебными пособиями и практикумами в условиях многооконного интерфейса.

За счет модульной структуры комплекс может быть расширен путем добавления других компьютерных обучающих средств. Для каждого нового программного средства потребуется лишь добавление в меню автозапуска кнопки вызова соответствующего исполняемого файла или корневой html-страницы.

#### Библиографический список

1. Бортакровский А. С., Пантелеев А. В. Аналитическая геометрия в примерах и задачах. — М.: Высшая школа, 2005.
2. Бортакровский А. С., Пантелеев А. В. Линейная алгебра в примерах и задачах. — М.: Высшая школа, 2005.
3. Бортакровский А. С., Пантелеев А. В. Практический курс линейной алгебры и аналитической геометрии. — М.: Логос, 2008.

## **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ПО СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ FMS UNS-1F UNIVERSAL**

Рост интенсивности воздушного движения к середине 80-х годов привел к тому, что во многих регионах обычных, проходящих через радиомаяки, трасс было уже недостаточно для обеспечения требуемой пропускной способности воздушного пространства. Стала обсуждаться возможность полетов по произвольным траекториям, не обязательно проходящим через радиомаяки. Такая навигация получила название «зональной навигации» (area navigation, RNAV), поскольку ее осуществление было возможно только при нахождении ВС в пределах зоны действия (range, area) радиомаяка. Оборудование, обеспечивающее возможность такой навигации, называется «оборудованием зональной навигации» или «оборудованием RNAV» [1].

Примерно в это время в бортовые навигационные системы стала интенсивно внедряться компьютерная техника, позволяющая определять местоположение ВС по одному или нескольким навигационным датчикам и вычислять расстояние вдоль линии пути, боковое отклонение, время полета до выбранного пункта, а также обеспечить непрерывную индикацию отклонения на приборе типа ППП или КПП, т. е. обеспечить собственно наведение.

В российской авиационной технике бортовое пилотажно-навигационное и радиоэлектронное оборудование (БРЭО, авионика) традиционно считается одним из самых слабых мест по надежности и уровню технического исполнения (это касается, впрочем, скорее элементной базы, а не принципиальных схем отечественных приборов) и вместе с тем является серьезным лимитирующим фактором при допуске отечественных воздушных судов в мировое воздушное пространство. В последние годы ИКАО и соответствующие службы отдельных стран ввели новые, более жесткие требования к БРЭО, в частности, введением в Европейском регионе в 1998 году режима базовой (B-RNAV), а затем и точной (P-RNAV) зональной навигации. В результате в большинстве случаев авионика, установленная на существующих отечественных воздушных судах, не соответствует нормам этих нововведений.

В связи с ростом авиаперевозок в России и недостатком ВС, эксплуатанты до последнего будут поддерживать «на крыле» и по необходимости модифицировать для выполнения полетов за рубеж машины, которые



и сейчас выполняют основную транспортную работу: Як-42 (63 единицы), Ту-154М (182 самолета).

В любом случае уже сегодня на отечественные самолеты часто устанавливаются приборы западных фирм. В связи с этим возникает необходимость переподготовки летного экипажа к таким судам, на которых установлена иностранная авионика.

По данным ГосНИИГА, на начало 2006 года в России эксплуатируется 114 тренажеров гражданских ВС разного типа. Дефицит тренажерной техники и нехватка времени подготовки экипажей приводит к тому, что в процессе тренинга пилотами отрабатываются только обязательные элементы выполнения полета: взлет, посадка, отработка внештатных ситуаций, а изучение работы отдельных приборов иностранного производства, необходимых для выполнения полетов, невозможно, так как модернизация существующих авиатренажеров экономически не целесообразна.

В соответствии с рекомендациями ИКАО в авиационном учебном центре МАИ (АУЦ МАИ, сертификат ФСНСТ № 019) проводятся работы по созданию электронных учебно-методических пособий для теоретической подготовки и интерактивных обучающих программ (СВТ) для отработки навыков работы членов летных экипажей с системами FMS, предназначенными для полетов в основной и точной зональной навигации.

FMS служит для обеспечения эффективности и безопасности выполнения полета ВС на основе автоматизации навигационных вычислений и комплексной обработки данных бортовых навигационных систем. В дополнение к стандартному набору функциональных возможностей система имеет две функции «BEST COMPUTED POSITION» и «Watchdog», предназначенные для выявления навигационного датчика, информация которого содержит большую погрешность, что может вызвать ошибку при вычислении лучшего положения [1].

Для ознакомления пилотов с новым принципом осуществления полетов методом зональной навигации было разработано обучающее пособие для FMS модели UNS-1F фирмы Universal. Также разработан электронный имитатор UNS-1F, который облегчит усвоение материала путем отработки летных операций в обучающей аудитории. Электронный имитатор удобен для изучения работы прибора, поддержания новых знаний на должном уровне, когда необходимо вспомнить некоторые особенности программы, прежде чем садиться за штурвал (после отпуска или болезни пилота).

Разработанная программа – это интерактивная программа, обучающая основным навыкам работы с системой самолетовождения FMS UNS-1F. Программа реализована на базе программы PowerPoint.

На экране монитора перед оператором отображаются слайды с изображением устройства UNS-1F посреди экрана.



Рис. 1. Страница данных (DATA)

Основная часть программы отображает действия функциональных элементов. Здесь описываются работа с Базами Данных, навигационная информация, работа с маршрутами, а также данные о топливе, настройка частоты и многое другое.

Структура программы имеет линейно-смысловую, но эта последовательность лишь рекомендуемая, необязательная. В любой момент в программе можно просмотреть конкретные интересующие моменты.

Работа имитатора начинается с диагностики системы, в случае успешной завершения которой система начинает проводить инициализацию местоположения. Оператор имеет возможность провести определение местоположения более удобным способом (на свое усмотрение):

- вводом координат местоположения ВС;
- определением координат с помощью ГЛОНАСС/GPS приемника;
- определением местоположения по расстоянию и радиалу до одной (двух) станций VOR или DME.

После инициализации местоположения оператор имеет возможность составить план полета:

- вставляя план полета из «базы данных компании»;
- вставляя план полета из «базы данных пилота»;
- внося необходимые точки в ручном режиме.

Также в программе реализована работа взаимодействующих систем, таких, как GNSS, DME, VOR, TAWS. Оператор может изменять парамет-



Рис. 2. Страница инициализации (INIT)

ры этих систем. Например, при работе с GNSS появляется возможность в интерактивном режим исключать или включать необходимые спутники, просматривать информацию о геометрическом факторе и т. д.

В разработанной программе после изучения программы для самопроверки оператора присутствуют контрольные вопросы, ответив на которые, он получает данные о результатах самопроверки, т. е. тем самым осуществляется самоконтроль.

Хотелось бы отметить, что для ознакомления с работой имитатора необходимо изучить Руководство полетной эксплуатации, в котором более детально прописаны действия экипажа.

Для придания большей достоверности в среде Solid Works 2007 был разработан пульт-приставка к ПК, позволяющий работать с интерактивным имитатором UNS-1F.

Разработка имитатора вычислительной системы самолетовождения UNS-1F позволит летным экипажам быть более подготовленными к полетам на отечественных самолетах, отвечающих современным требованиям международных организаций, регулирующих воздушные перевозки.

Разработанные обучающее пособие и пульт-приставка к ПК прошли апробацию в учебном центре авиакомпании «САМАРА» и получили положительный отзыв.

#### Библиографический список

1. Вовк В. И., Липин А. В., Сарайский Ю. Н. Зональная навигация. — С.-Пб.: АГА, 2004.
2. Operator's Manual. SCN 802 and 902 Flight Management Systems. Universal Avionics System Corporation. 2003.

## **КОМПЬЮТЕРНЫЙ КУРС ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИСТОРИЯ РОССИИ» НА ТЕМУ «ДИНАСТИЯ РОМАНОВЫХ. АЛЕКСЕЙ МИХАЙЛОВИЧ И ПЕТР АЛЕКСЕЕВИЧ»**

Применение персональных компьютеров позволяет упростить разработку, тиражирование и использование дидактических и научных материалов, повысить качество образования, соответствовать реалиям сегодняшнего дня. Несомненно, что грамотное и комплексное использование информационных компьютерных технологий предоставляет обучающимся, преподавателям, научным работникам возможность эффективнее распределять свое время, реализовывать творческий потенциал.

Применение компьютерной техники позволяет сделать занятие привлекательным и по-настоящему современным, осуществлять индивидуализацию обучения, объективно и своевременно проводить контроль и подведение итогов.

При разработке компьютерной обучающей среды была поставлена цель создать такую среду, которая позволяет сформировать компьютерный курс по широкому профилю гуманитарных дисциплин.

Компьютерная обучающая среда базируется на следующих принципах.

1. *Принцип квантования*: разбиение материала на разделы, состоящие из модулей, минимальных по объему, но замкнутых по содержанию.
2. *Принцип полноты*: каждый модуль имеет следующие компоненты:
  - теоретическое ядро,
  - контрольные вопросы по параграфу,
  - контрольные вопросы по главе,
  - контрольные вопросы по всему модулю,
  - самостоятельная работа,
  - комментарии.
3. *Принцип наглядности*: каждый модуль состоит из коллекции кадров с минимумом текста и визуализацией, облегчающей понимание и запоминание новой информации.
4. *Принцип ветвления*: каждый модуль связан гипертекстными ссылками с другими модулями так, чтобы у пользователя был выбор перехода в любой другой модуль. Принцип ветвления не исключает,

а даже предполагает наличие рекомендуемых переходов, реализующих последовательное изучение предмета.

5. *Принцип регулирования*: учащийся самостоятельно управляет сменой кадров, проверяет себя, отвечая на контрольные вопросы, изучает дополнительную литературу по теме, выполняет самостоятельную работу.
6. *Принцип адаптивности*: компьютерный курс допускает адаптацию к нуждам конкретного пользователя в процессе учебы, позволяет варьировать глубину и сложность изучаемого материала.
7. *Принцип собираемости*: компьютерный курс выполнен в форматах, позволяющих компоновать их в единые электронные комплексы, расширять и дополнять их новыми разделами и темами.

Созданная на основе этих принципов компьютерная обучающая среда позволяет учителю писать сценарии учебных занятий по своему усмотрению и изменять этот сценарий в каждом конкретном случае. Кроме того, обучающая среда позволяет снабжать текст большим количеством иллюстраций, видеоматериалов и звуковым сопровождением. Использование компьютерной среды дает возможность индивидуализировать самостоятельную работу обучаемого.

Разработанный компьютерный курс дает возможность преподавателю проводить лекции для большой аудитории с параллельной демонстрацией текста, рисунков, звука и видео фрагментов.

Компьютерный курс, сформированный в рамках этой обучающей среды:

- облегчает понимание изучаемого материала за счет следующих способов подачи информации: индуктивный подход, воздействие на слуховую и эмоциональную память и т.п.;
- допускает адаптацию в соответствии с потребностями учащегося, уровнем его подготовки, интеллектуальными возможностями и амбициями;
- предоставляет широчайшие возможности для самопроверки;
- играет роль бесконечно терпеливого наставника, предоставляя практически неограниченное количество разъяснений, повторений, подсказок и пр.

Работоспособность созданной компьютерной обучающей среды была апробирована при создании компьютерного курса по дисциплине «История России» на тему: «Династия Романовых. Алексей Михайлович и Петр Алексеевич».

Курс состоит из двух частей. Первая часть посвящена царствованию Алексея Михайловича Романова. Она содержит четыре главы, каждая из которых делится на параграфы. Вторая часть посвящена царствованию Петра Алексеевича Романова. Она содержит пять глав, каждая из которых также делится на параграфы (рис. 1).

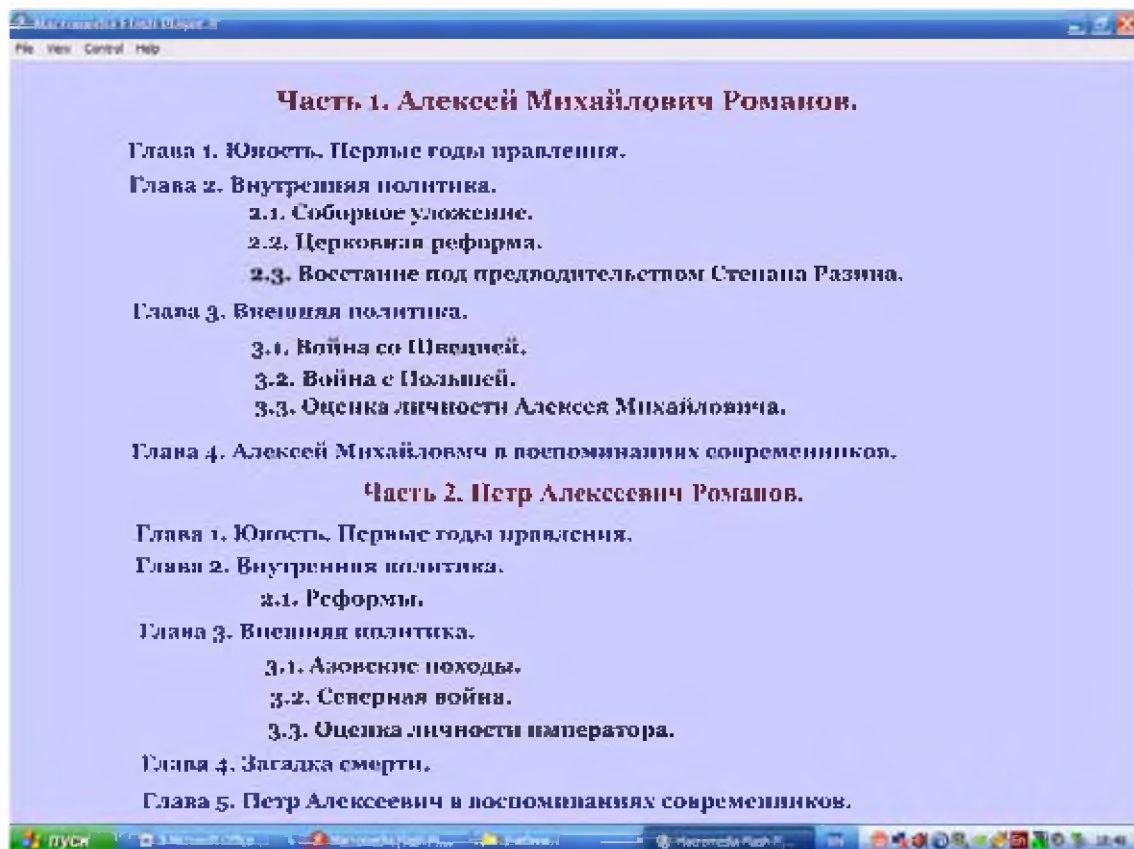


Рис. 1. Вид меню выбора темы

Каждая часть подразделяется на главы и параграфы. Наполнение учебника в соответствии с оглавлением содержит терминальные тексты с большим количеством иллюстраций и звуковым сопровождением, что позволяет акцентировать внимание обучаемого на основных исторических событиях каждой из эпох. Кроме того, обучаемый имеет возможность ознакомиться с дополнительными материалами, которые предоставляются ему по запросу обучаемого.

Контроль знаний в объеме параграфа, главы, части, курса осуществляется путем постановки обучаемому тестовых заданий, а также в форме контролируемой самостоятельной работы по написанию сочинений на заданные темы. В курсе использованы тестовые задания закрытого типа. Результаты контроля знаний предоставляются обучаемому в форме протокола, в котором указаны: тестовые задания, выбранный обучаемым верный ответ, итоговая оценка. По результатам тестирования обучаемый получает

возможность продолжить самостоятельную работу над материалом, руководствуясь рекомендациями, сделанными с учётом его ошибок, а также дополнительными материалами. Изучаемый материал считается освоенным удовлетворительно, если правильных ответов в тесте не менее 75 %.

Основная часть компьютерного курса реализована с помощью технологий Macromedia Flash. Модуль проверки знаний написан на JavaScript и просматривается с помощью Microsoft Internet Explorer.

Разработанный компьютерный курс обладает следующими достоинствами.

- Маленький размер файла позволяет быстро передать его по сети.
- Формат описания данных совместим со всеми основными операционными системами.
- Не требует установки внешних ресурсов, кроме Flash Player, который уже встроен во все современные браузеры.
- Фильмы могут воспроизводиться без потери качества при различных разрешениях.
- Принцип деления фильма на кадры позволяет разделить каждый модуль на разделы, а разделы – на фреймы, в каждом из которых содержится некоторый законченный фрагмент курса.
- Есть поддержка технологии гипертекста, что позволяет реализовать систему перекрестных ссылок, отправляющих к нужному фрагменту курса.
- Поддерживается создание программируемых интерактивных элементов (кнопок, видеоклипов и т.п.), что позволяет создавать развитые интерактивные приложения со сложной структурой.

Разработанный компьютерный курс ориентирован на широкий круг пользователей, интересующихся историей России, а также может быть использован в качестве учебного пособия при изучении данной темы в курсе «История России».

#### Библиографический список

1. Р. Рейнхардт, С. Дауд. Flash MX 2004. Библия пользователя. — М.: Диалектика, 2005.
2. Г. Розенцвейг. Macromedia Flash 8. Создание игр с помощью ActionScript. — М.: ДМК.
3. Требования к компьютерному учебнику для дистанционного образования [Электронный ресурс]. [http://edu.nstu.ru/do\\_work/treb\\_el\\_uch.doc](http://edu.nstu.ru/do_work/treb_el_uch.doc).
4. Соловьёв С. М. История России. Т. X, XI и XII. — М.: Терра, 1998.

5. Седов П. В. Закат Московского царства, царский двор конца XVII века. — СПб.: Петербургский институт истории, изд-во «Дмитрий Буланин», 2006.
6. Буганов В. И. Петр Великий и его время. — М: Наука, 1989.
7. История Северной войны 1700–1721 гг. / Отв. ред. И. И. Ростунов. — М.: Наука, 1987.
8. <http://bibliotekar.ru/rusRomanov/2.html>



# **СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В. А. Лашина

*ООО «Время действовать»*

## **НЕМАТЕРИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЕРСОНАЛА**

Обеспечение качества на этапах проектно-конструкторских работ, производства изделий, обслуживания и ремонта авиационной техники зависит, в том числе, от персональной мотивации работников авиационно-промышленного комплекса (АПК). Общеэкономический кризис, приведший к редуцированию доходности отечественного авиационного производства, удерживает уровень заработной платы работников АПК на низком уровне, что снижает мотивацию к работе, порождает низкоуровневую производительность и формальное отношение к профессиональной деятельности [1]. В связи с этим падение качества на всех этапах работ АПК неизбежно.

В сложившихся демотивирующих условиях деятельности для решения задачи управления качеством работ возможным решением может стать создание системы нематериальной мотивации работников АПК. Система нематериальной мотивации состоит из набора методов, направленных на активизацию внутренней мотивации работников АПК. Применение системы нематериальной мотивации в АПК позволит поддержать мотивацию работников на высоком уровне и тем самым обеспечить качество работы на всех этапах работ АПК. Система нематериальной мотивации основывается на рейтинге мотиваторов, полученном в результате исследования состояния проектно-конструкторских работ в ведущих индустриальных странах [2].

*Чувство сопричастности как мотивирующий фактор.* Процесс проектирования и конструирования авиационной техники объединяет огромное количество людей в единую организацию, внутри которой каждый работник выполняет важную и значимую функцию. При планировании итоговых сроков и качества конечного результата выполненных работ учитываются ресурсы всех отделов АПК в их взаимосвязи. Реализация утвержденного плана в целом зависит от профессиональной и качественной работы

Рейтинг мотивирующих факторов

Мотивирующие факторы	Шкала
Чувство сопричастности	1
Информированность	2
Активное участие в принятии решений	3
Признание заслуг	4
Профессиональное развитие	5

каждого отдела, входящего в состав АПК, и от каждого сотрудника отдела в частности (табл. 1).

Процесс проектирования и конструирования — это единый, длительный процесс, который разбит на подзадачи для разных отделов организации. При всей эффективности дискретного подхода к решению конечной задачи возникает следующая проблема: сотрудники, мотивированные на решение частной задачи отдела, нередко утрачивают чувство сопричастности к единому процессу создания авиационной техники. Это, в свою очередь, может порождать сугубо формальное отношение к работе, недобросовестность, падение качества работ.

Проблема утраты чувства сопричастности может быть решена введением практики регулярного информирования рядовых сотрудников о дальнейшем развитии проекта, о достижениях либо сложностях на последующих этапах реализации задачи. Каждый сотрудник, приложивший усилия в направлении общей цели, должен «держать руку на пульсе», знать и понимать, каким образом его вклад отразился на общем деле, морально участвовать в процессе реализации всей задачи до конца наравне с руководителями. Когда сотрудник рассматривает свою работу как часть общего дела, престижность его деятельности повышается и, как следствие, растет мотивация к достижению высококачественных результатов.

*Информированность как мотивирующий фактор.* Информационная осведомленность работников обеспечивает им чувство уверенности в себе и доверия к руководству. Неуверенность является плодотворной почвой для различных слухов и заставляет сотрудников проявлять беспокойство относительно своего будущего. Чем выше чувство неуверенности у работников, тем ниже их производительность труда и качество выполняемой работы. Чтобы повысить мотивацию работников к качественному выполнению задач, необходимо поддерживать информационную осведомленность персонала. Сотрудники должны знать, что им нужно делать и почему, чего от них ждут их руководители и насколько то, что происходит в других отделах и за пределами АПК, касается их собственной работы.

Способы информирования:

- *Сообщения через информационную сеть.* Информация, получаемая из компьютера, является наиболее удобным способом передачи фактических данных и новостей.
- *Внутренняя радиосеть АПК.* Использование внутренней радиосети АПК может быть очень эффективно, но все же это система односторонней связи.
- *Циркуляры и другие письменные сообщения.* Используются в том числе для информирования круга работников, не имеющих доступа к компьютеру.
- *Личные контакты, организационные собрания, планерки.* Компьютерная сеть, рассылающая сообщения каждому сотруднику организации, не сможет стать адекватной заменой непосредственных контактов между руководством и персоналом .
- *Неформальные контакты.* Играют важную роль в установлении открытых коммуникаций.

*Активное участие в принятии решений как мотивирующий фактор.* Активное участие в процессе принятия решений предоставляет возможность работникам по реализации профессиональных навыков. Удовлетворение этой потребности профессионального признания существенно повышает мотивацию персонала к работе, а решения, принятые совместно с сотрудниками принимаются с большей инициативой и ответственностью, чем продиктованные руководством. Привлекая работников к обсуждению способов реализации задачи, руководитель оставляет право окончательного решения за собой, следуя правилам организационной иерархии. При этом возможность партнерства в совместной деятельности порождает у сотрудников чувство принадлежности к организации, тем самым повышая мотивацию к достижению высококачественных результатов.

*Признание заслуг как мотивирующий фактор.* Обратная связь — это обсуждение и оценка позиции, действий и результатов работы других людей. Отсутствие обратной связи существенно снижает мотивацию сотрудников к работе. Большое количество работников испытывают недостаток оценки результатов своей профессиональной деятельности со стороны руководителей. От того, удовлетворяют или нет в АПК потребности работника в признании, напрямую зависит производительность и качество выполняемой работы. Когда сотрудник рассматривает свою работу как важную часть общего дела, — мотивация к работе повышается, если поставленная цель будет достигнута. Обратная связь от руководителя подтверждает факт

достижения цели и подчеркивает, что личный вклад работника является важным элементом совместной работы. Наличие ответной реакции со стороны руководства побуждает сотрудников и в дальнейшем добиваться высоких показателей качества работы.

Обратная связь по результатам работы может быть положительная или отрицательная. И в том и другом случае она должна быть конструктивной и работать на повышение мотивации работника к собственному развитию и повышению качества деятельности.

*Профессиональное развитие как мотивирующий фактор.* Постоянное повышение профессионального уровня является не только обязательным условием качественного выполнения своей работы, это также и важный мотивирующий фактор. Более высокий уровень профессиональной подготовки повышает уверенность сотрудников в себе и степень их личной вовлеченности в рабочий процесс.

Принято считать, что единственным способом повышения профессиональной квалификации является специализированное обучение. В то же время повысить профессиональный уровень возможно путем делегирования сотрудникам новых развивающих задач, требующих профессионального совершенствования. Например, участие в проектных группах в качестве наставника либо руководителя развивает управленческие навыки работника.

Использование вышеперечисленных методов нематериальной мотивации работников АПК позволит поддерживать высокое качество работ на всех этапах производственного цикла за счет повышения мотивации, инициативы и ответственности сотрудников. Предложенная система нематериальной мотивации сотрудников АПК не предполагает увеличения размера ФОТ, а также существенных затрат на внедрение.

#### Библиографический список

1. Дмитриев О. Н., Копёнкин В. А. Кадровые ресурсы как одна из основных проблем в авиационно-промышленном комплексе Российской Федерации / Проектирование, конструирование и производство авиационной техники. — М.: Изд-во МАИ, 2005.
2. Хагеманн Г. Руководство по мотивации. — М.: НИРРО, 2003.

## **РОЛЬ СООТНОШЕНИЯ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И СОЦИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В МЕСТНОМ САМОУПРАВЛЕНИИ**

Современный этап развития местного самоуправления начинается с принятия в 1991 году Федерального закона «О местном самоуправлении в Российской Федерации» (№ 1550–I от 6 июля 1991 г.), послужившего началом возрождения местного самоуправления (МСУ) в России. С этого года начался период формирования законодательной базы для создания органов МСУ. Позже на федеральном уровне была принята Конституция РФ, определившая основные принципы местного самоуправления в стране, подписана и ратифицирована Европейская Хартия местного самоуправления, достигнуто Соглашение о развитии местного самоуправления стран Содружества, принято два федеральных закона «Об основных принципах местного самоуправления в Российской Федерации» — в 1997 г. и в 2003 г. Разработаны и приняты законы субъектов федерации о МСУ и другие нормативно-правовые акты.

Местное самоуправление, ориентированное на участие населения в решении местных вопросов, обеспечивает его как в силу обращения к социально-экономическим интересам, политической мотивации граждан, так и посредством правового регулирования местного самоуправления.

Поэтому социальная активность населения здесь понимается как личная мотивированная деятельность граждан по решению вопросов местного значения посредством их участия в различных формах местного самоуправления.

Социально-значимыми аспектами нормативной составляющей местного самоуправления являются: доступность органов управления, их подконтрольность, возможность отзыва и досрочного прекращения полномочий выборных лиц местного самоуправления и депутатов местных представительных органов, объем прав граждан и обязанностей органов местного самоуправления. Существенной также является сфера компетенции местного самоуправления по перечню подконтрольных ему вопросов местного значения.

Рассматриваемый здесь вопрос звучит так: соответствует ли нормативная база местного самоуправления целям и функциям местного самоуправ-

ления как социального института, дающего возможность населению проявлять активность? Обеспечивают ли изменения в федеральном законодательстве доступность граждан к их праву на самоуправление?

Социальные институты в рамках функционального анализа Р.Мертоня рассматриваются как совокупность явных и латентных функций. Институт местного самоуправления можно рассматривать в контексте данного подхода.

В таком случае к **явным функциям** МСУ относятся:

1. Улучшение понимания специфики и первоочередности проблем муниципальных образований.
2. Возможность граждан проявлять самостоятельность, инициативу, энергию, предприимчивость (люди перестают ждать всех благ от правительства, полагаются на себя).
3. Обеспечение социальной справедливости (путем привлечения участия в управлении различных социальных групп, слоев на уровне местного самоуправления в решении проблем своего жизнеобеспечения).
4. Формирование гражданского общества.
5. Предоставление каждому индивиду возможности удовлетворить потребность в самовыражении, самореализации путем участия в различных формах местного самоуправления.
6. Организация социально-экономического развития территории.
7. Расширение бюджетной самостоятельности местного сообщества.
8. Демократизация власти (помогает преодолеть отчуждение власти от народа) и др.

К **латентным функциям** самоуправления можно отнести следующие.

1. Социализация личности.
2. Формирование социальных норм и ценностей и традиций местного сообщества.
3. Формирование ответственности граждан за среду обитания.
4. Обеспечение устойчивости общества как социальной системы.

Исходя из особенностей рассматриваемого вопроса, нас интересуют только те явные функции, которые связаны с законодательным регулированием активности населения в сфере местного самоуправления.

Характер связи «активности» населения и «развитости законодательства» можно представить в виде матрицы (табл. 1), в рамках которой можно выделить четыре ситуации в зависимости от соотношения степени ак-

тивности населения в сфере местного самоуправления и степени развитости законодательства о МСУ.

Таблица 1

*Соотношение активности населения и степени развитости законодательства о местном самоуправлении*

	Неразвитое законодательство	Развитое законодательство
Низкая активность	А	В
Высокая активность	Б	Г

**Ситуации А.** «Низкая активность — Неразвитое законодательство». Система МСУ по своим характеристикам близка к командно-административной системе. Органы местного самоуправления, предполагающие участие населения, имеют высокую степень бюрокритизации и подавляют интерес населения к участию в различных формах МСУ. Органы местного самоуправления превращаются в нижнюю ступень в иерархии государственного управления.

**Ситуация Б.** «Высокая активность — Неразвитое законодательство» характеризуется активным процессом создания локальных форм самоуправления (домовые, уличные комитеты, группы народного контроля и т. д.) на уровне отдельных поселков, микрорайонов при слабо развитой законодательной базе. Самоорганизующиеся граждане на уровне первичных представлений о юридическом оформлении своих сообществ утверждают Положения и Уставы на тех условиях общественных и публично-правовых отношений, которые передают истинный смысл характера МСУ.

**Ситуация В.** «Низкая активность — Развитое законодательство» отражает стремление государства поддержать местное самоуправление. Помощь государства заключается в совершенствовании нормативной базы. Но способно ли государство дать гражданам такой правовой механизм, который поможет при поддержке «закона» активизировать свою «активность» населения? Этот вопрос социально значим в силу того, что состояние «Развитое законодательство» может оказаться заполненным такими нормами закона, которые погубят инициативу граждан.

Здесь местное самоуправление оказывается в точке бифуркации, делающей возможным несколько путей его дальнейшего развития. Если исследования покажут, что «законодательство», расширяющее права граждан, не в состоянии реализовать потребности, интерес и готовность участия общества в системе МСУ, то ситуация так и останется в пределах ситуации В. «Законодательство», хоть и дополненное рядом статей, но оставляющее граждан в прежнем социально-правовом положении, приведет к ситуации А: «Низкая активность — Неразвитое законодательство».

**Ситуация Г.** «Высокая активность — Развитое законодательство» возникает в том случае, когда законодательство расширяет гражданские права населения, тем самым дополнительно мотивируя участие. Данная ситуация соответствует желаемому образу действий граждан в системе местного самоуправления.

Современное состояние местного самоуправления в России можно рассматривать как ситуацию В. Редакция нового Федерального закона «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации», принятого в 2003 году, с одной стороны, дает широкие возможности для проявления активности населения в сфере местного самоуправления. С другой стороны, если рассматривать закон с точки зрения реализации инициатив граждан, то можно выделить ряд аспектов, усложняющих эту процедуру. Например, процедура отзыва выборного должностного лица исполнительного органа местного самоуправления или депутата представительного органа по сравнению с выбором указанных лиц сложнее, требует более высокой активности населения.

Так, для того чтобы выбрать депутата в городской Совет, необходимо, чтобы большинство пришедших избирателей проголосовали за этого депутата. При этом ему не обязательно собирать подписи в поддержку своего выдвижения. В соответствии с действующим законодательством о выборах достаточно внести денежный залог и зарегистрироваться в качестве кандидата.

Чтобы отозвать выборное, лицо необходимо:

- 1) в судебном порядке доказать его конкретные противоправные решения или действия (бездействие) (в законе указано множественное число, т. е. единичный случай не может служить основанием отзыва). Также не указано, противоправные действия в какой сфере могут повлечь отзыв. С другой стороны, существуют факты, которые вызывают общественное порицание и недовольство избирателей, но по ним не было судебного разбирательства или эти нормы не урегулированы законом. Нет ответственности за невыполнение предвыборной программы или наказов избирателей;
- 2) собрать подписи (количество их должно быть определено законом субъекта для проведения местного референдума) для проведения местного референдума по отзыву депутата;
- 3) за отзыв должно проголосовать не менее половины избирателей, зарегистрированных в избирательном округе. То есть явка избирателей должна быть более 50 %, поскольку трудно представить себе ситуацию, чтобы все 50 % пришедших в день голосования избирателей



были однозначно настроены проголосовать за отзыв депутата.

Данная процедура отзыва является неэффективной и, скорее, может служить дополнительным фактором для снижения социальной активности населения, поскольку подтверждает, что если один раз человека избрали в органы власти, то его практически нет возможности отозвать.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что законодательная база местного самоуправления представляет собой противоречивые основы для его развития. С одной стороны, декларируется независимость муниципального уровня управления от государственного, различные формы развития инициатив граждан, а с другой — эти формы часто представляют собой очень формализованный подход, имеющий большие сложности для их осуществления.

В качестве показателя активности жителей наиболее часто используются показатели явки избирателей в день голосования на избирательные участки. По материалам сайта Центральной избирательной комиссии Российской Федерации, в период с 10 октября 2004 г. по май 2005 г. число выборов, проведённых в Московской области, в муниципальные органы власти и референдумов составило 41. Интерес население проявляет к выборам Главы муниципального образования выше, чем к выборам в представительные органы, особенно, если происходят дополнительные или повторные выборы в совет депутатов. Явка на выборах глав от 30,7 % (г. Электросталь) до 51 % (г. Лыткарино), в то время как целый ряд выборов депутатов не состоялся из-за низкой явки избирателей (г. Жуковский, г. Протвино, г. Щербинка, Зарайский р-н, г. Красноармейск). Такие различия в активности избирателей являются не следствием различия в законодательных основ выборов, а отражением отношения населения к органам местной власти, различием степени их влияния на местные дела.

Анализ показал, что законодательство скорее является не мотивом социальной активности населения в сфере местного самоуправления, а создает условия для ее реализации. Определяющими факторами увеличения степени участия населения в жизни муниципальных образований являются не правовые, а социокультурные факторы.

## **ПОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МОЛОДЕЖИ**

В современной литературе теме «молодежь и политика», «молодежная политика» уделяется немало внимания. Особенно этим вопросом заинтересовались в конце 90-х годов; тогда было проведено глубокое изучение, дополненное какими-то теоретическими фактами причин явлений в рамках исследуемой темы.

Сегодня особый интерес представляют: отношение молодых людей к политическому процессу; печальные тенденции развития аполитичности в молодежной среде; полное равнодушие к современной как внутренней, так и внешней политике государства.

Анализ поведения молодежи как особой социальной группы играет значительную роль при оценке современного политического процесса. Степень вовлеченности молодежи в политическую жизнь, освоение молодыми людьми политических прав, политических ориентаций, обеспечивающих принятие того или иного политического порядка, определяют устойчивость развития социума — ведь именно молодежи предстоит формировать политическую элиту завтрашнего дня [2].

Молодежь, как отмечает И. Ильинский, — это «ящик Пандоры», с одной стороны и «сосуд с джином внутри» — с другой. Молодежь может стать опасной для общества силой, разрушительницей традиций, культуры, а может сотворить чудеса, в которые пока даже не верится.

Ряд исследователей утверждают, что молодежи, как реального явления не существует, это искусственно созданное, абстрактное понятие, глубоко теоретическая конструкция, и обосновывают это тем, что данная социально-возрастная группа особо подвижна, четкие границы её определить нелегко. Однако бесспорен тот факт, что в России проживает около 30 млн. человек в возрасте от 14 до 30 лет и многочисленность этой группы заставляет обратить на нее внимание [3].

Исторически молодежь играла важную роль в политической жизни государства, однако сейчас от былой активности не осталось и следа. Многие авторы, объясняя сегодняшнее отношение молодежи к политике, пеняют на советское время, утверждая, что в то время молодежная политика была нацелена на то, чтобы новое поколение ничем не отличалось от предыдущего, чтобы с детских лет у человека было материалистическое мировоззрение, а единственной идеологией был коммунизм. Закрытость

тоталитарной системы, мифологизация сознания молодежи парализовывали ее способность к самосознанию, саморазвитию. С конца 50-х годов после публичного развенчания культа личности Сталина начинает формироваться нигилистическое течение. Наступает разочарование советской действительностью, формируется отрицание не только коммунистических ценностей, но и идеалов в целом. Появились тенденции тотального увлечения западной культурой, возникают движение бардов, представителями которого были Визбор, Высоцкий, Окуджава, различные рок-течения.

С началом перестройки железный занавес фактически пал, что становится основой появления антикоммунистических идей. Когда же стало понятным, что перестройка не оправдывает ожиданий масс, в молодежной среде зарождается экстремизм. Немалую роль в этом сыграл тоталитарный режим прошлых лет, сопровождавшийся репрессиями. Так, согласно опросу, проведенному в 1989 году, 15 % молодых людей считали, что в целях демократизации возможно применение насилия. С 1986 года прошел ряд массовых националистических выступлений, закончившихся кровопролитием, причем до 80 % участников составляла молодежь. «Новая Россия» не предоставила молодежи новых идеалов взамен развенчанных самостоятельно же это сделать для народа, который десятки лет фактически был лишен возможности самостоятельно мыслить, анализировать происходящие в политической сфере события, принимавшего все так, как это подавалось компартией, — весьма затруднительно.

Молодежь в сложившихся условиях фактически разделилась: на тех, кто активно ищет ту самую идею, и на тех, кто в лучшем случае просто далек от политики, в худшем — наркотики, алкоголь и т. д. Достаточно привести несколько данных из исследований, чтобы понять, что среди молодых людей, имеющих вредные привычки уже много, и, возможно, вскоре будет еще больше. Так, за последние 10–15 лет возраст, когда подростки начинают увлекаться алкоголем, снизился с 15,2 лет до 10; те же показатели по наркотикам еще более удручающие: с 17,6 до 11,5 лет(!).

В целом это свидетельствует о подрастании поколения граждан, которые не смогут активно проявлять сознательный интерес к политической жизни государства.

Между тем, сегодняшнее молодое поколение выросло в принципиально ином историческом и социальном пространстве, в условиях не традиционной, а инновационной социальной структуры, в свободной (или условно свободной) стране; это поколение, «которое не носило красных галстуков, не ходило на комсомольские собрания и не пело осанну вождям, которое не подвергали остракизму за длинные волосы или короткие юбки».

Что же оказывает непосредственное влияние на формирование политических взглядов молодых людей, да и в целом на их отношение к политике?

С этой целью проведено исследование студенческой молодежи. Для начала необходимо понять, насколько политическая действительность в целом интересует молодежь. При ответе на вопрос о наличии в окружении респондентов знакомых, активно интересующихся политикой, 70 % респондентов ответили, что таковых не много; 12 % — что таких вовсе нет. Лишь оставшиеся 18 % уверены, что их окружают люди, активно интересующиеся политической жизнью государства. Таким образом, окружение респондентов состоит в основном из людей, фактически не интересующихся политикой, ожидать от опрашиваемого живого интереса к политике не приходится. На вопрос о том, насколько часто респондент обсуждает с друзьями, знакомыми политические события в стране, в мире, 50 % опрошенных ответили, что крайне редко, когда произойдет что-нибудь чрезвычайно важное; 34 % — регулярно и 16 % — никогда (табл. 1).

Таблица 1

*Зависимость между наличием у респондента знакомых, интересующихся политикой, и частотой обсуждения политических тем*

	Регулярно	Крайне редко, когда произойдет что-нибудь чрезвычайно важное	Никогда
Да, таких большинство	66,7 %	33,3 %	0
Да, но их не много	50 %	50 %	0
Возможно, но их очень мало	19,1 %	66,6 %	14,3 %
Точно нет	0	17 %	83 %

Можно сделать вывод, что регулярно обсуждают политические события респонденты, в окружении которых имеются лица интересующиеся политикой, и напротив, молодые люди, окруженные людьми, которые к политическим событиям остаются равнодушными, крайне редко обсуждают изменения в жизни государства. Соответственно аполитичность окружения негативно сказывается на степени заинтересованности самого молодого человека.

Интерес к изменениям в политической жизни страны, таким, как, реформы, новые законы, указы и т. д., проявляют лишь 20 % респондентов; 22 % вовсе не интересуются информацией подобного рода; 58 % отметили, что целенаправленно не стремятся ознакомиться с подобными законопроектами. Таким образом, подавляющее большинство респондентов

попросту не знают, как изменяется российская политическая система.

На вопрос о том, принимали ли респонденты участие в политических митингах, 68 % опрошенных ответили «нет», остальные ушли от ответов.

Тем не менее, 42 % респондентов исправно посещают избирательные участки в период выборов; еще 22 % признались, что при наличии свободного времени обязательно примут участие в выборах, т. е. выражают свою политическую позицию посредством голосования более 60 % опрошенных. Однако перед тем как проголосовать за того или иного кандидата, менее трети опрошенных знакомятся с его программой в полном объеме; 30 % никогда не знакомятся и 48 % знакомятся мельком. Таким образом, отдавая свой голос на выборах, подавляющее число респондентов (78 %) зачастую не знакомы с программой кандидатов (табл. 2).

Таблица 2

*Зависимость регулярности участия респондентов в выборах от степени их осведомленности касательно программ кандидатов*

Участие в выборах	Знакомлюсь, всегда, в полном объеме	Знакомлюсь, перед выборами, мельком	Нет, никогда не знакомлюсь
Да, всегда	38,1 %	52,4 %	9,5 %
Да, если есть свободное время	27,3 %	45,4 %	27,3 %
Редко	0	33,4 %	66,6 %
Нет, не принимаю	0	55,6 %	44,4 %

Подавляющее большинство тех, кто принимает участие в выборах, знакомятся с программой кандидатов мельком перед выборами, т. е. отдают свой голос не потому, что поддерживают какие-то политические начинания, идеи кандидата.

Нельзя не упомянуть о роли родителей в формировании политических взглядов молодых респондентов, находящихся в том возрасте, когда на них воздействуют в первую очередь СМИ, влияющие как на отношение к власти, так и на политические взгляды в целом. 54 % респондентов, однако, отметили, что их голос всегда совпадает с голосом их родителей (табл. 3).

Подавляющее большинство тех, чей голос всегда совпадает с голосом родителей, либо знакомятся с программой кандидатов мельком, либо не знакомятся с ней вовсе, т. е. полностью полагаются на выбор старших.

Что касается лидеров российских политических партий, то в этом вопросе респонденты оказались достаточно осведомлены, т. е., не будучи знакомыми с программами партий, лидеров их могут назвать многие: 42 % способны назвать большую часть партий и 30 % — лидеров самых извест-

Зависимость уровня знакомства с программой кандидата и мнения родителей

Совпадение с мнением родителей / Уровень ознакомления с программой	Да, всегда, в полном объеме	Да, перед выборами, мельком	Нет, никогда
Всегда	18,6 %	40,7 %	40,7 %
Редко	26,3 %	63,1 %	10,6 %
никогда	25 %	25 %	50 %

ных партий. Респондентов попросили назвать лидеров шести российских партий, лидеров четырёх партий из шести назвали более 72 % опрошенных; несколько меньше респондентов указали лидера партии СПС — 64 %. Наиболее известным среди всех вариантов является лидер КПРФ Г. Зюганов, его назвали 80 % опрошенных. Наименее известным оказался лидер партии Справедливая Россия С. Миронов, однако необходимо отметить, что это наименее известная из всех представленных партий.

Отчасти причину незаинтересованности молодежи политической жизнью государства, выпускаемыми законопроектами можно объяснить тем, что подавляющее большинство опрошенных не видит возможности изменить государственную политику. Так, 82 % опрошенных считают, что они никак не могут повлиять на политику государства. Из оставшихся 18 % 54,5 % респондентов уверены, что могут способствовать изменению политики государства с помощью участия в политических организациях, еще 27,3 % — участвуя в митингах, а оставшиеся 18,2 % — отдавая свой голос на выборах.

В ходе опроса около половины опрошенных (48 %) высказали свое доверие действующей власти, в то время как 46 % респондентов выразили недоверие; 56,5 % в качестве причины назвали коррупцию.

О внешнеполитическом курсе РФ 58 % респондентов высказались одобрительно, 32 % — негативно. Внутриэкономическую политику 20 % опрошенных оценило эффективной, 44 % опрошенных назвали ее эффективной отчасти, 28 % — неэффективной. Таким образом, одобряя внешнеполитический курс страны, респонденты выражают далеко не полную удовлетворенность внутриэкономической политикой своего государства.

Как отмечалось, респонденты нередко узнают о новых законопроектах не из первоисточника, т. е. информация поступает либо от знакомых, либо, что наиболее вероятно, из СМИ.

В одном из вопросов респондентов попросили назвать главный источник, из которого они получают информацию об изменениях в политической жизни государства. Более половины опрошенных (54 %) назвали

телевидение, еще 34 % — интернет. Т. е., несмотря на стремительное развитие интернет-технологий, и по сей день главным источником получения информации является телевидение. Молодые люди зачастую относятся некритично к информации, получаемой из СМИ (более 70 % респондентов).

Наиболее полно и достоверно, по мнению респондентов, освещают политические события: ОРТ (22 %) и ТВЦ (22 %); НТВ (20 %); РТР (18 %) и Рен-ТВ (18 %). В табл. 4 представлены результаты оценки степени доверия к телеканалам.

Таблица 4

*Уровень доверия к электронным СМИ*

	Телеканалы ВГТРК	Другие телеканалы	Итого
Доверяю (скорее, да)	62,6 %	37,4 %	100 %
Не доверяю	21,7 %	78,3 %	100 %
Затрудняюсь ответить	0	100 %	100 %

Очевидно, что большая часть респондентов, высказавших недоверие действующей власти, являются зрителями каналов, не входящих в ВГТРК.

При оценке объективности информации, получаемой из СМИ, 56 % процентов респондентов отмечают, что информация подобного рода объективна отчасти; 22 % респондентов отметили, что она необъективна вовсе и столько же склонны доверять ей.

Как уже отмечалось, немалую роль в отсутствии интереса к политике играет тот факт, что молодежь в большинстве своем не видит возможности повлиять на политику государства. Те же, кто чувствует в себе силы что-то изменить, считают, что это можно сделать в основном участвуя в политических организациях.

Противоречивые итоги получились в результате анализа данных об отношении респондентов к действующей власти. Молодые люди выразили сколь значительную поддержку экс-президенту РФ В. Путину (80 %), столь значительное неодобрение государственной думе РФ, при этом немалая часть опрошенных (46 %) высказала недоверие действующей власти. Таким образом, можно сделать вывод, что В. Путин воспринимается несколько обособленно, как самостоятельный игрок на политической арене. Относительно деятельности московской городской думы и лично мэра Москвы Ю. Лужкова респонденты отзывались в 90 % случаев положительно.

Особое внимание необходимо уделить вопросу о молодежных полити-

ческих организациях. Сразу стоит отметить, что большая часть опрошенных не состоит в подобных объединениях и в ближайшее время не планирует к ним примкнуть. Те же, кто намерен вступить в ряды той или иной организации, в качестве основной причины называют то, что взгляды этих организаций схожи со взглядами респондентов. Нельзя не упомянуть и про отношение к политическим партиям. Не будучи знакомыми с программой партии «Единая Россия», более половины респондентов намерены отдать свой голос на выборах именно за нее.

Несмотря на то, что подавляющее большинство респондентов исправно посещают выборы и отдают свои голоса, выражая тем самым свою гражданскую позицию, необходимо отметить неосознанность выбора, зачастую незнание программ кандидатов, следовательно, голос молодых людей в большей степени не есть выражение политических пристрастий, а влияние родителей, СМИ, рекламы. Молодые люди, смотря лишь на внешний вид кандидата, знают его в лицо, называют фамилии лидеров партий, тем не менее, от их идей они далеки.

Таким образом, можно сделать вывод, что подавляющая часть молодежи не проявляет интереса к политической жизни государства, либо этот интерес незначителен. Отсутствие активной политической позиции, которая выражается в том, чтобы осознанно отдавать свой голос на выборах, анализировать новые указы, законопроекты, не может не вызывать опасения, так как именно нынешнее поколение молодежи в будущем должно стать реальной политической силой, влияющей на политику государства и определяющей ее.

#### Библиографический список

1. Н. Великая. Зомби или революционеры // Свободная мысль 21 века. 2005. № 9. С. 64–80.
2. И. Ильинский. Молодежь и молодежная политика. — М., 2001.
3. А. Ваторопин. Политические ориентации студенчества // СОЦИС. 2000. № 6. С. 39–43.
4. А. Арефьев. Поколение, которое теряет Россия // СОЦИС. 2002. № 2. С. 97–105.
5. Молодежь и политика: Современные очертания и история проблемы, роль государства и гражданского общества, ожидания и прогнозы. — Фонд Фридриха Наумана, 2005:
  - Е. Омельченко «Молодежь для политиков VS молодежь для себя?: Размышления о ценностях и фобиях российской молодежи». С. 9–34;
  - Д. Андреев «Феномен молодежной “управляемой пассионарности” и возможные сценарии его перспектив». С. 49–61.
6. Поколение действия и лето перемен // Знамя. 2004. № 1. С. 164–170.



7. О. Карпенко. Молодежь в современном политическом процессе // Современный гуманитарный университет. — М., 2006.
8. Кузнецов В. Н. Социология молодежи. — М.: Гардарики, 2005.
9. [www.nashi.su](http://www.nashi.su) — официальный сайт молодежного движения «НАШИ».
10. [www.fom.ru](http://www.fom.ru) — «Фонд “Общественное мнение”».
11. [www.newsru.com](http://www.newsru.com)
12. [www.akm2017.nm.ru](http://www.akm2017.nm.ru) — официальный сайт молодежной организации «Авангард красной молодежи».
13. Оганов П. М. Хрестоматия — Исследование феномена молодежи в отечественной социологии — ретроспективный анализ концепций и подходов — М., 2003.
14. В. Семенова «Социология молодежи». — М.: Изд-во Института социологии РАН, 1998.
15. Кравченко А. И. Социология девиантности. — М., 2001.

А. В. Коньшева

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

## **ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РУССКИХ О САМИХ СЕБЕ**

Сегодня, в пору оживления этнических процессов, проблема межнациональных отношений, национального самосознания, соотношения общечеловеческих и национальных ценностей вызывает не только академический, но и общественный интерес.

Бесспорно, главными действующими лицами на арене мировой истории являются этносы, каждый со своими особенностями мышления, поведения и мировосприятия. Прошлый двадцатый век ознаменовался своеобразным «этническим парадоксом»: с одной стороны, в сознании людей закрепились «общечеловеческие» ценности и «глобальное» мышление, а с другой — на политической карте мира число новых государств продолжает расти, что сопровождается многочисленными кризисами межнациональных отношений и распадом федеративных государств. Этнический фактор, несомненно, сегодня вновь становится еще не до конца осознанным двигателем многих политических процессов [1].

Наиболее сложно обстоит дело в многонациональных государствах, где от стабильности национальных отношений напрямую зависит и устойчивость всей социальной системы, а национальная политика является одним из ведущих приоритетов в функционировании государства. Именно таким государством и является Российская Федерация.

Для России, с ее богатой и противоречивой историей, и для нас, русских, в свете произошедших в конце прошлого столетия событий, а также процессов и явлений, имеющих место в настоящее время в нашей стране, подобная тематика представляет особый интерес, который и будет хотя бы частично удовлетворен с помощью данного небольшого исследования. Ниже представлены результаты анкетного опроса.

**Этнонациональные представления русских.** Для большинства русских Родина ассоциируется, прежде всего, с названием их страны — России, хотя даже среди молодежи многие называли Родиной страну, которой уже давно не существует — СССР.

Несмотря на то, что для большинства опрошенных имеет значение их национальность и они ею удовлетворены, респонденты достаточно толерантны в отношении других национальностей. Качества, вызывающие у опрошенных неприязнь, относятся, скорее, не к представителям другой национальности, а в большей степени к конкретным личностям, независимо от их национальной принадлежности.

Понятие национальности, по-видимому, для респондентов — не врожденное, а приобретенное и определяется желанием самого человека, пониманием и осознанием себя частью некоторой этнической группы (табл. 1).

Таблица 1

*Факторы, определяющие национальность человека, по мнению респондентов (в %)*

Фактор, определяющий национальность человека	
Желание самого человека	40
Родной язык	36
Место рождения	28
Место проживания	20
Национальность матери	20
Другое	14
Национальность отца	12

Именно поэтому язык, как основное коммуникативное средство, по мнению респондентов, — основной как этноконсолидирующий, так и этнодифференцирующий признак. Важны для респондентов и их традиции, а вот государство в данном вопросе занимает гораздо менее значимое место. Это говорит о том, что при определении национальности для опрошенных большее значение имеют не формальные признаки, а осмысленное единство с определенной этнической общностью (табл. 2).

Если говорить о роли гендерного фактора, то мужчины несколько больше привержены к традициям и для них очень важен образ жизни, а женщины более религиозны.

Среди жителей Москвы и Подмосковья большее число опрошенных

Таблица 2

Этноконсолидирующие и этнодифференцирующие факторы, по мнению респондентов (в %)

Этноконсолидирующие признаки		Этнодифференцирующие признаки	
Язык	74	Язык	60
Традиции	46	Религия	50
Историческое прошлое	38	Традиции	38
Государство	38	Государство	38
Образ жизни	36	Характер	30
Поведение	24	Историческое прошлое	26
Религия	20	Образ жизни	24
Характер	14	Внешность	18
Внешность	10	Поведение	16

считают Родиной родной край, а у людей других регионов России, Родина в большей степени ассоциируется с названием страны. Этот факт позволяет выявить некоторую тенденцию к обособлению жителей мегаполиса от регионов страны.

**Патриотизм.** Хотя большинство опрошенных считают себя патриотами и хотят жить в России, многие хотели бы жить и в других странах. Вероятнее всего, это связано, с более стабильной экономической ситуацией в названных странах и более высоким уровнем благосостояния населения этих стран.

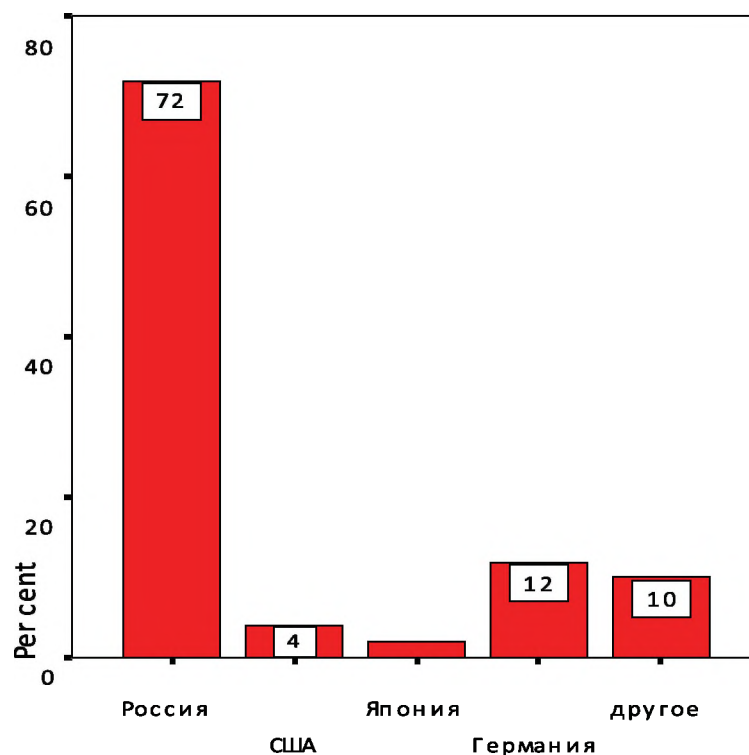


Рис. 1. Распределение ответов респондентов на вопрос: «В какой стране вы бы хотели жить?»

Историческое прошлое и природа России, по-видимому, являются для респондентов достоянием (табл. 3).

Таблица 3

*Характеристики патриота по мнению респондентов (в %)*

Патриот может		Патриот не может	
<i>Утверждение</i>		<i>Утверждение</i>	
Критиковать власть	88	Быть равнодушным к родной природе	76
Намеренно избегать службы в армии	72	Не знать историю своей страны	74
Не знать текста гимна своей страны	74	Уезжать жить и работать за границу	62
Не ходить на выборы	72		
Предпочитать иностранную литературу и искусство	66		

Интересно и то, что относительно небольшое число опрошенных считают, что патриот должен именно своими делами приносить пользу Родине — это говорит о пассивности населения в отношении государства.

**Ценностные ориентации русских с точки зрения опрошенных.** Называя традиционные русские праздники, респонденты давали самые разнообразные ответы. У многих такая формулировка вопроса вызвала затруднение. Традиционные русские праздники ассоциируются у респондентов с религиозными праздниками и, как это ни удивительно, с праздниками советской эпохи, что говорит, возможно, о смешении двух культур в сознании людей и рождении новой — российской — культуры, не похожей ни на одну из известных мировых культур современности (табл. 4).

Таблица 4

*Праздники, отмечаемые респондентами*

Масленица	51
Новый год	46
Пасха	38
Рождество	18
День победы	12

Можно говорить о возрождении религиозности и духовности в людях после окончания перестройки, однако нельзя не отметить колоссального увеличения значения материальных ценностей для респондентов, что свидетельствует о возрастании их благосостояния в целом.

Сравнивая ценностные ориентации мужчин и женщин, можно заметить более агрессивную мужскую жизненную позицию и настроенную на продолжение рода — женскую. То, что главной ценностью для респондентов является на данный момент семья, подтверждают многие исследования —

прежде всего это говорит о преодолении экономического кризиса в стране и возвращении от позиции выживания к созидательной позиции, предполагающей создание семьи (табл. 5).

Таблица 5

*Доминирующие ценности респондентов( %)*

В целом по выборке		Мужчины		Женщины	
Семья	50	Успех	48	Семья	56
Жизнь	40	Семья	44	Жизнь	52
Достаток	38	Достаток	37	Общение	43
Общение	36	Свобода	33	Достаток	39
Успех	34	Труд	33	Духовность	30

**Собирательный образ русского человека.** Проанализировав данные, полученные в результате опроса, можно говорить о несовпадении типических кросс-культурных образцов русских людей и их действительных представлений о самих себе, формирующихся в результате социализации. Для примера рассмотрим такое качество характера, как лень. Достаточно высокий процент респондентов назвали лень одним из качеств русского человека (то есть проявили стереотипное мышление), однако при выборе жизненной позиции лень выбрали совсем немного опрошенных (здесь проявились качества, приобретенные в процессе социализации) (табл. 6, 7).

Таблица 6

*Жизненная позиция русского в оценке респондентов*

Жизненная позиция	%
Индивидуальная активность	52
Терпимость	56
Рачительность	86
Честность	84
Трудолюбие	86
Коллективизм	80
Патриотизм	74

Таким образом, можно говорить о том, что русский национальный характер не является константой, а меняется во времени под воздействием различных жизненных факторов.

**Основные выводы.** Критериями принадлежности к определенной нации респонденты назвали прежде всего желание самого человека. Также были названы язык и место рождения.

Этноконсолидирующие признаки, выявленные при исследовании, таковы: язык, традиции, государство и историческое прошлое. Гипотеза отвергается, так как государство, по мнению респондентов, не является доми-

*Доминирующие качества русского человека по мнению респондентов (в %)*

Качества характера	
Доброта, открытость	44,9
Мужество, смелость	30
Трудолюбие и терпение	30
Смекалка	28,6
Честность	20,4
Лень	20,4

нирующим признаком. Среди этнодифференцирующих признаков опрошенными были названы язык, религия, государство и традиции.

Большинство опрошенных не испытывают неприязни к представителям других национальностей, проявляют толерантное отношение к ним.

Для большинства опрошенных Родина — прежде всего Россия, для них имеет значение их национальность, и они ею удовлетворены. Большинство респондентов считают себя патриотами, хотят жить в России и испытывают прежде всего гордость за свою страну.

Опрошенные имеют определенное представление о своих традициях, уважают их и стараются поддерживать в меру своих возможностей, что опровергает гипотезу о незнании русскими своих традиций. Однако надо отметить некоторое смешение представлений о российской и советской культуре, что не могло не сказаться на ответах респондентов.

Вопрос о доминировании нематериальных ценностей однозначно интерпретировать сложно. Важнейшими ценностями на сегодняшний день для респондентов являются семья, жизнь, достаток, общение, успех. Достаток находится не на лидирующей позиции, однако, нельзя не отметить увеличение значимости материальных ценностей для опрошенных.

В ходе исследования были выявлены следующие установочные ориентиры респондентов: активность, терпимость, рачительность, честность, трудолюбие, коллективизм, патриотизм. Вопрос о нравственности или безнравственности богатства определенности не получил. По всей видимости, к традиционным установкам постепенно добавляются и рыночные, что связано прежде всего с современными условиями окружающей действительности, диктующими людям свои требования.

Попытка выявления собирательного образа русского человека увенчалась успехом. В ответах респондентов в целом не было неопределенности и противоречивости. Были названы как положительные, так и отрицательные качества характера, что говорит о достаточной самокритичности опрашиваемых. Основные качества русского человека, по мнению самих русских: доброта (открытость), мужество (смелость), трудолюбие, смекалка,

честность и лень.

В заключение хотелось бы отметить, что русский национальный характер — понятие сложное и многогранное и, несомненно, требует дальнейшего изучения.

#### Библиографический список

1. Сикевич З. В. Национальное самосознание русских (Социологический очерк). — М., 1996.

С. И. Копкарева

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ФОРМИРОВАНИЕ ПРАВОВЫХ ЦЕННОСТЕЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ**

Правовая социализация представляет собой часть общей социализации индивидов. Спектр мнений о сущности правовой социализации достаточно широк. Её определяют как процесс:

- приобретения личностью правовых знаний и опыта правового общения [1; с. 479–480];
- включения индивида в систему правоотношений данного общества на основе усвоения всей правовой культуры данного общества, в результате которого происходит замена правомерного поведения по принуждению правомерным поведением, обусловленным личностными особенностями [8; с. 114];
- освоения личностью стандартов нормативного поведения, предполагающего не только обретение соответствующих нормам права навыков социального поведения, но и развитие мотивационных структур в качестве внутренних гарантов, обеспечивающих соблюдение личностью правовых предписаний [2; с. 289–290];
- включения личности в ценностно-нормативную систему, охраняемую правом, овладения личностью правомерными способами поведения, формирования у нее чувства социальной ответственности и солидарности с правом [5; с. 343–345];
- социального становления индивида, формирования и развития его социальной сущности [6; с.108];

- выработки в ходе освоения социального опыта и культуры ценностно-нормативной ориентации личности, при которой предписания общественных норм воспринимаются ею как собственные жизненные установки [3; с. 110].

По нашему мнению, основной содержательный смысл и особенность правовой социализации индивида заключается в приобщении его к политическим и правовым нормам, ценностям, к политической и правовой культуре и практике в целом, к сознательной социально-активной деятельности, которая является универсальным способом совершенствования социальной среды и одновременно формирования личности.

В качестве целей правовой социализации называются следующие.

1. Выработка у личности адекватных и гармоничных позиций по отношению к праву и закону, привитие навыков законопослушного поведения [1; с. 480].
2. Интеграция личности в социальную систему, ее подготовка к полноценному и продуктивному существованию, к функционированию в структурах гражданского общества и государства [2; с. 290].
3. Оценка непосредственной реализации норм в юридической практике, выработка отношения к правовым институтам и учреждениям, усвоение правовой идеологии как системного, научно обоснованного отражения правовой действительности в идеях, понятиях, принципах [8; с. 117].
4. Усвоение личностью социальных ценностей, специальное формирование правовых представлений и навыков исполнительного поведения, формирование правосознания личности [5; с. 345].

В рамках любой социализации, в том числе правовой, выделяются различные агенты и каналы правовой социализации.

Под агентами социализации понимают «группы и социальные контексты, в рамках которых совершаются процессы социализации» [4; с. 82]. В качестве основных агентов социализации, например, Э. Гидденсом называются семья, группа сверстников, школа, средства массовой информации, в качестве дополнительных — работа, местная община, неформальные организации по месту жительства: добровольные общества, клубы, церкви.

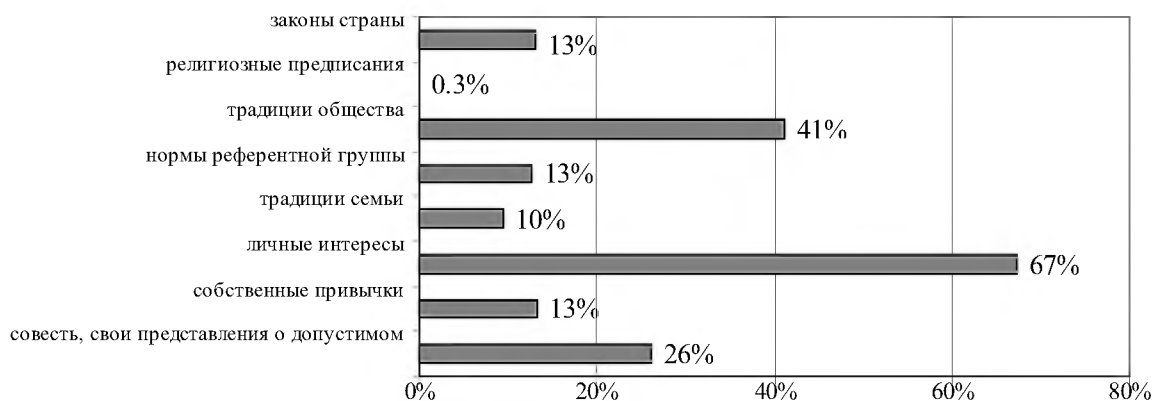
В любой социализации, в том числе правовой, различают три канала, действующих параллельно: правовая социализация посредством научения, передача опыта и «символическая» социализация.

Социологическое исследование правовых ценностей студенческой мо-



лодежи было проведено в г. Твери в 2006 году. В исследовании использовался метод анкетного опроса.

По результатам исследования были получены данные, демонстрирующие отношение студентов к различным агентам социализации, оценку степени важности нормативных систем, регулирующих поведение людей в настоящее время (рис. 1).



*Количество ответов превышает 100%, так как респонденты могли выбрать до 2-х вариантов ответов*

Рис. 1. Мнение опрошенных о том, что является основным регулятором поведения людей в российском обществе

Иерархия регуляторов поведения, по мнению студентов, выглядит следующим образом: на первом месте (67 % от числа опрошенных студентов) — личные интересы, на втором (41 %) — традиции в обществе, далее совесть (26 %), собственные привычки (13 %), законы страны (13 %), нормы референтной группы (13 %), традиции семьи (10 %), религиозные предписания (0,3 %). Личные интересы по количеству упоминаний существенно доминируют над другими регуляторами, таким образом, данные исследования демонстрируют, что большинство студентов скорее ориентируются на себя при выборе варианта поведения.

Значение семьи в формировании стратегии поведения, по мнению студентов, находится на предпоследнем месте. В то же время в определенной мере к косвенному признанию влияния семьи можно отнести вариант ответа «собственные привычки», поскольку в значительной степени они усваиваются и закладываются в рамках семьи.

Роль законов в определении поведения людей отметили 13 % опрошенных. Тем не менее, можно заметить положительную тенденцию в оценке роли законов: если в 2003 году при ответе на вопрос об определяющих регуляторах поведения людей законы упомянули 9 % опрошенных респондентов, то в 2006 году их доля возросла на 4 %.

В зависимости от того, что формирует императивы, регуляторы поведения возможно разделить на три группы.

1. Ориентация на себя: личные интересы, совесть, привычки. Распределение ответов демонстрирует, что среди студентов доминирует представление о целерациональном (по терминологии М.Вебера) поведении людей, то есть интересы. На втором месте находится ценностно-рациональное поведение — совесть. Наименьшее количество респондентов склоняются к рутинному поведению человека (привычки).
2. Ориентация на внутригрупповые нормы: семья и другие референтные группы (однокурсники, компании друзей, профессиональные сообщества, трудовой коллектив и др.).
3. Ориентация на нормы общества и государства: традиции общества, законы страны, религиозные предписания. Приоритетными в данной группе становятся конвенциональные нормы, выработанные обществом.

Обнаруживается значительный приоритет в ориентации на себя (рис. 2). Значимость в регуляции поведения людей другого полюса — общество / государство — оценивается в два раза ниже. Роль промежуточного звена, в которое можно включить групповые ценности, нормы и традиции, сводится, по мнению студентов, к минимуму.

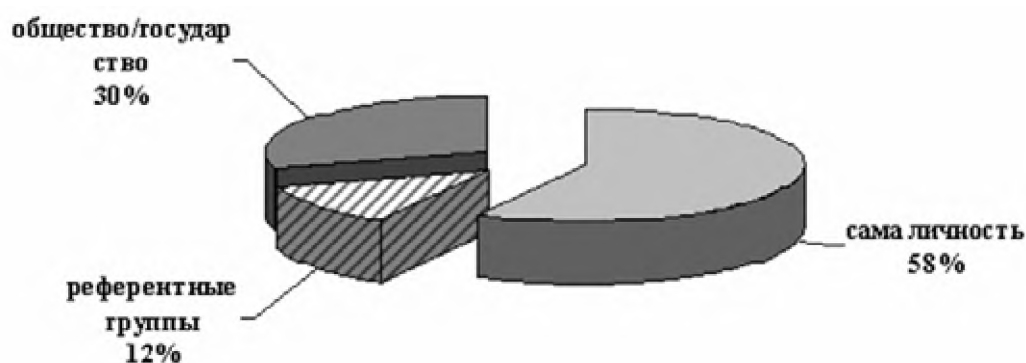
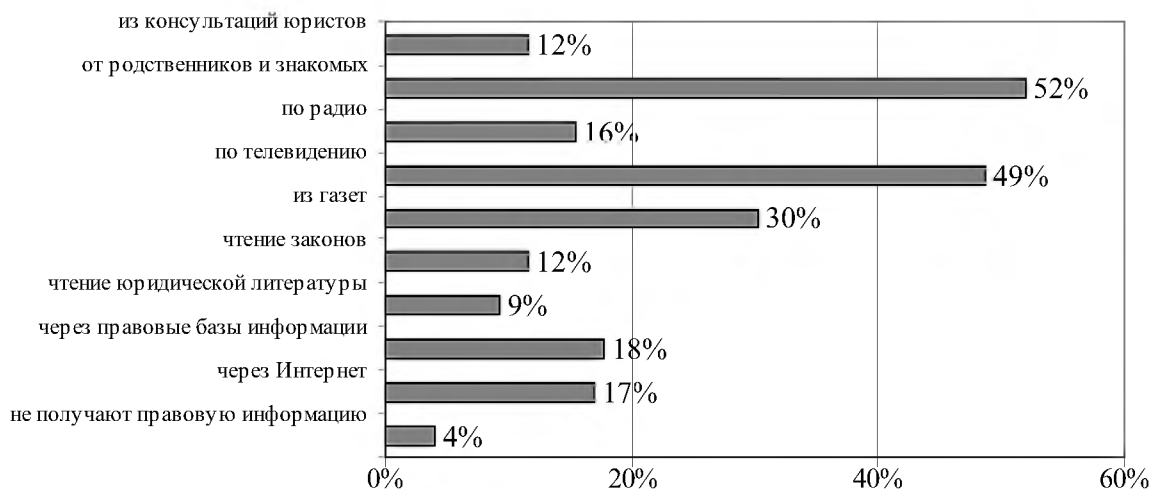


Рис. 2. Мнение студентов о значимости трех уровней социальной структуры в регулировании поведения людей

Рассмотрим роль различных каналов получения информации о правовых феноменах (рис. 3). Выяснение источника информации поможет определить, насколько достоверные и беспристрастные сведения поступают респонденту.

Данные исследования показывают, что подавляющее число респондентов (52 % опрошенных) черпает правовую информацию из личных бесед, то есть существует серьезная вероятность искажения информации.



*Количество ответов превышает 100%, так как респонденты могли выбрать до 3-х вариантов ответов*

Рис. 3. Приоритетные источники получения правовой информации (по оценке опрошенных)

В лучшем случае студент получает достоверную информация о практике применения законов, в худшем — заблуждения относительно буквы закона и правовой реальности.

При обращении к телепередачам, газетам и радиопередачам (соответственно 49 %, 30 % и 16 % опрошенных), студенты получают информацию как о принятии новых законов, так и информацию политического характера. Результаты исследования свидетельствуют, что среди телепрограмм подавляющее большинство респондентов уделяет внимание просветительным программам. В наиболее популярных среди студентов передачах «Час суда», «Суд идет», «Федеральный Судья» разыгрываются правовые дела, в первую очередь жилищные, семейные, трудовые и общегражданские споры. Так же часто упоминаемая молодежью программа «Человек и Закон» (старая авторитетная передача) в последнее время приобрела политическую окраску: освещает громкие дела и занимается политическими разоблачениями. Криминальные хроники (программы «Криминал», «Чрезвычайное происшествие», «Дежурная часть») интересуют незначительную часть респондентов (около 2 %). Тем не менее, эти данные нельзя считать исчерпывающими. Очевидно, что эти передачи рассматриваются как правовые только частью их аудитории, остальные телезрители относятся к ним, например, как к новостным передачам.

Формирование ценностей студенчества должно быть связано с процессом образования. Образование состоит в приобщении учащегося к совокупности знаний, выработке умений и навыков, необходимых для последующей профессиональной деятельности. Однако, по результатам иссле-

дования правовое, образование в вузе не входит в группу основных факторов формирования правовых ценностей студентов. Анализ результатов проверки знаний студентами норм права показал низкий уровень правовых знаний как среди студентов, не изучающих право в вузе, так и среди прослушавших курс правовой подготовки. Таким образом, существующее правовое образование, во-первых, не ставит целью формирование и развитие правовых ценностей молодежи, во-вторых, характеризуется весьма низким уровнем остаточных знаний.

Вместе с тем, как считает К. Манхейм [7], «образование может быть правильно понято лишь тогда, когда мы будем рассматривать его как один из способов воздействия на человеческое поведение и как одно из средств социального контроля» [7; с. 480]. Таким образом, образование должно быть связано с воспитанием, которое представляет собой целенаправленный процесс по приобщению к ценностям. Предполагается, что знания имеют не только практическое значение, но и изначально включают в себя ценностный аспект. Подобный постулат справедлив для частноспециальных дисциплин, изучаемых студентами — в данном случае очевидна связь с будущей профессиональной деятельностью. В случае с общеобразовательными дисциплинами (правоведение, экономика, политология, социология), направленными, в первую очередь, на формирование мировоззрения, ценностной базы и выработку умения ориентироваться и успешно действовать в современном обществе — ценность подобных знаний может не осознаваться студентами. В этом случае не только не происходит воспитательного воздействия, но и процесс обучения характеризуется низким уровнем усвоением знаний.

Остается актуальным подход К. Манхейма к образованию, который выражается в трех основных пунктах.

1. Образование формирует не человека вообще, а человека в данном обществе и для данного общества.
2. Наилучшей образовательной единицей является не индивид, а группа. Группы различаются по размерам, целям и функциям. В ходе обучения вырабатываются различные модели поведения, которым должны следовать индивиды в группах.
3. Цели образования в обществе не могут быть адекватно поняты, пока они отделены от конкретной ситуации, в которые попадает каждая возрастная группа, и от социального строя, в котором они формируются.

Таким образом, образование, с одной стороны, должно включать в себя воспитательный аспект, а с другой стороны, должно учитывать личный

жизненный опыт и социальный контекст, в котором находятся студенты.

#### Библиографический список

1. Боботов С. В. Социализация правовая // Российская социологическая энциклопедия / Под ред. Г. В. Осипова. — М., 1998.
2. Бочинин В. А., Сальников В. П. Философия права: Краткий словарь. — СПб., 2000. С. 289–290.
3. Васильев В. Л. Юридическая психология. — М., 1991.
4. Гидденс Э. Социология. — М. 1999.
5. Еникеев М. И., Кочетков О. Л. Общая, социальная и юридическая психология. Краткий энциклопедический словарь. — М., 1997.
6. Кудрявцев В. Н., Казимирчук В. П. Современная социология права. — М., 1995.
7. Манхейм К. Диагноз нашего времени. — М., 1994.
8. Сырых В. М. Социология права. — М., 2002.

О. В. Ларченко

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОНТРАФАКТНОЙ ПРОДУКЦИИ**

На современном этапе развития общества огромную роль играет сфера услуг, производство товаров широкого потребления. С развитием техники, внедрением в жизнь инноваций всё легче становится организовывать мелкие подпольные предприятия, отвечающие требованиям определённого круга потребителей, чем поддерживать крупные заводы, ведущие во многом ригидную политику по отношению к покупателям.

Простота изготовления и, несомненно, высокий спрос породили огромное количество подделок дисков, записей, книг. В связи с этим встаёт серьёзный вопрос о защите авторских прав, о мерах пресечения подобных преступных действий.

Объём производства нелегальной продукции увеличивается с каждым годом, нанося непоправимый ущерб экономике. В сфере этих событий представляется особо важным выяснить отношение потребителей к так называемому «контрафакту», причины его распространения, последствия и методы борьбы.

Целью данной работы является анализ социальных, экономических и юридических аспектов проблемы контрафактной продукции.

Вопрос контрафакта особо актуален у нас в России, где продажа подделок получает молчаливое социальное одобрение, а права производителей плохо защищены. Кроме того, проблема контрафакта затрагивает и международные отношения.

Наиболее распространёнными объектами подделок являются сравнительно простые в изготовлении продукты популярных марок, пользующиеся постоянным спросом, такие, как запчасти к иномаркам. Это обусловлено следующим: 1) возможностью быстрого получения прибыли от реализации контрафакта; 2) нежеланием популярных производителей привлекать внимание потребителей к возможности подделать их товар; 3) из-за боязни потери спроса многие торговые марки предпочитают не препятствовать распространению контрафакта.

Причинами распространения контрафакта являются несовершенство законодательной базы в области защиты товарных знаков и одобрение потребителями производства дешёвых подделок. Отсутствие серьёзных наказаний за реализацию контрафакта, а также перспектива получения огромной прибыли от продажи необлагаемой налогами части продукции привлекает в эту сферу всё больше людей.

Наиболее сильное влияние на поведение потребителей оказывают факторы культуры. Культура — первопричина, определяющая потребности и поведение человека. Традиции неуважения к авторскому праву в России очень глубоки. Первые законодательства в этой области появились у нас при Елизавете Петровне в 1754 году, т. е. на 400 лет позже, чем в Англии. У нас набор привычек уважительного отношения к авторскому праву, к интеллектуальной собственности только начинает формироваться. Причём его формированию мешает именно нематериальность соответствующих благ, которая с каждым годом будет все больше и больше возрастать. Само существование собственности основано лишь на общественном признании ее факта. При этом, в отличие от собственности на материальные объекты, отношение к правам на интеллектуальную собственность на порядок менее серьезно. Это связано с особенностями российского менталитета. Многовековые традиции коллективизма привели к размытости восприятия прав собственности.

Значительную роль в формировании такого отношения играет эфемерность преимуществ соблюдения прав интеллектуальной собственности. Особенно хорошо это видно на примере программного обеспечения. Несмотря на все попытки производителей программного обеспечения

изобразить солидность и показать преимущества лицензионного продукта, им это не удастся — хотя бы по причине отсутствия в большинстве случаев последних. По результатам опроса, проведённого ВЦИОМ в 2005 году, 44 % респондентов, пользующихся техникой для прослушивания CD, приобрели нелегальные музыкальные диски.

Поведение потребителей определяется и факторами социального порядка, такими, как референтные группы, социальные роли и статусы. Влияние на индивида оказывают и группы, к которым он не принадлежит. Человек воспроизводит предпочтения желательного коллектива, то есть группы, к которой он хочет или стремится принадлежать.

Индивид является членом множества социальных групп. Его положение в каждой из них можно охарактеризовать с точки зрения роли и статуса. Роль представляет собой набор действий, которых ожидают от индивида окружающие лица. Статус отражает положительные оценки роли со стороны общества. Покупатель часто останавливает свой выбор на товарах, по которым судят о его статусе в обществе.

Живучесть контрафакта в том, что потребители потакают его производству и распространению из желания купить как бы фирменное изделие, но значительно дешевле действительно фирменного. Люди понимают, что если бы не было контрафакта, многие престижные вещи были бы для них недоступными по цене. С другой стороны, они хотят хотя бы внешне не уступать тем, кто такими товарами владеет — это продукция «раскрученных» марок (джинсы, часы, украшения и др.). Спрос при этом всегда стимулирует предложение.

Главным и наиболее серьёзным последствием продажи контрафакта, безусловно, являются экономические потери как государства в целом, так и компаний в отдельности. С продажи поддельной продукции в государственную казну не поступают налоги, зато огромные средства затрачиваются на борьбу с контрафактом.

Не менее значительны и потери потребителей. Хотя этот вопрос более сложен. Во-первых, потребители часто сознательно делают выбор в пользу более дешёвой и доступной контрафактной продукции. Во-вторых, многие подделки формально не отличаются от авторизованной продукции. Тем не менее, потребитель легко мог пострадать — оказаться дезориентированным, лишиться необходимых услуг или столкнуться с несоответствием качества продукта.

Таким образом, ущерб, наносимый контрафактной продукцией, складывается из потерь компаний-собственников торговых марок, государственного бюджета и конечных потребителей.

Кроме прямых потерь, контрафактная продукция наносит также серьезный ущерб имиджу компаний, который впоследствии также воплощается в экономических потерях. Потребитель понимает, что купил «что-то не то», но не догадывается, что это подделка. В результате он думает, что снизилось качество оригинальной продукции, что на нем начали экономить. И при случае переключается на другой продукт данного вида.

Существенным последствием распространения контрафакта является и угроза не попасть в ВТО. Представители Всемирной Торговой Организации всерьёз опасаются, что при теперешних объёмах контрафакта в РФ огромная его часть потечёт в Европу. Этому может сильно способствовать облегчение таможенного режима.

Ещё одним последствием продажи и использования контрафакта является его негативное влияние на здоровье потребителей. Это относится ко всем видам товаров, начиная с лекарств и заканчивая сумками. При изготовлении контрафактной продукции происходит грубое нарушение санитарно-гигиенических норм, используются вредные для здоровья компоненты.

Одной из сфер производства контрафакта является производство компьютерных дисков. Тем временем доходы самих «пиратов» от продажи программного обеспечения падают. Но причиной тому отнюдь не борьба с ними правообладателей, а развитие их общего конкурента — Интернета. Многие потребители отмечают, что на самом деле они уже давно не покупали никаких дисков. Большая часть компьютеризированного населения новинки получает через Интернет и другие компьютерные сети или же копирует у знакомых, так как современные технологии цифрового копирования и хранения данных позволяют копировать что угодно, у кого угодно без всяких экономических посредников нелегального или легального характера.

Какими же средствами можно бороться с распространением подделок? На сегодняшний день наиболее часто применяемой мерой является снижение цен на оригинальную, лицензионную продукцию. К сожалению, подобные меры мало эффективны, так как сделать свой товар дешевле подделки невозможно, а снижение цен хотя бы на несколько процентов ведёт к серьёзным убыткам.

Существуют и иные экономические способы борьбы с контрафактом, которые пока мало применяются. Например, на Западе очень широко распространена схема кредитования. В лицензионном бизнесе, к сожалению, если и существуют отсрочки, то они очень маленькие. И это, не говоря о том, что лицензионная продукция требует больших финансовых вло-



жений, и она не на 100 % ликвидна. Поэтому кредитование явилось бы реальным толчком для легальных продаж.

В настоящее время мало внимания уделяется социокультурному аспекту проблемы. К формированию негативного отношения к контрафакту у населения относятся как к малоэффективному способу борьбы, требующему слишком больших усилий, огромного количества времени и дающему скромный результат.

Тем не менее, в свете всё большего увеличения количества контрафактного товара на российских рынках и явной неспособности победить это явление чисто силовыми методами, единственным оставшимся средством противостояния становится широкая общественная пропаганда. Негативное отношение к мелкорозничной торговле подделками могло бы стать высоким барьером для реализации и процветания контрафакта.

В дискуссиях на данную тему звучат и предложения создать некое «единое окно» для звонков и жалоб потребителя. Подобная идея имеет весьма заманчивые перспективы. Недовольный качеством товара и подозревающий нелегальное его происхождение покупатель мог бы позвонить в это «окно» и указать точный адрес и место расположения точки сбыта контрафактной продукции. Это позволило бы проводить точечные рейды и на время закрывать мелких реализаторов подделок. Но это не устранило саму проблему, не прекратит производство контрафакта в целом. Система своеобразных «доносов» на продавцов в этом случае будет малоэффективна и повлечёт за собой ещё больший разгул коррупции.

Важный аспект состоит в стремлении россиян к так называемой социальной справедливости. Социальная справедливость в сфере экономики — это соответствие системы экономических отношений (преимущественно отношений распределения) представлениям, потребностям, интересам, господствующим в данном обществе.

В общественном сознании россиян сложились три основных критерия социальной справедливости: уравнительный, рыночный (распределение доходов по факторам производства) и трудовой. Покупатели стремятся к равному низкому уровню цен на все продукты. Высокая стоимость оригинального и качественного товара не является в представлении российских покупателей справедливой. И поэтому народонаселение продолжает голосовать рублём за дешёвый «по-справедливости» контрафакт.

Главным на сегодняшний день является создание негативного отношения у потребителей к контрафактной продукции. Необходимо сформировать в обществе представление о контрафакте как о воровстве. В этом должна помочь активная пропагандистская и разъяснительная работа среди населения с помощью СМИ.

#### Библиографический список

1. Басовский Л. Е. Маркетинг: курс лекций. — М.: ИНФРА-М, 2004.
2. ВЦИОМ: Пресс-выпуск № 201 [http://wciom.ru/arkhiv/tematicheskii-arkhiv/item/single/1232.html?no\\_cache=1&cHash=809347af2a&print=1](http://wciom.ru/arkhiv/tematicheskii-arkhiv/item/single/1232.html?no_cache=1&cHash=809347af2a&print=1)
3. Радаев В. В. Новые тенденции на рынках контрафактной продукции. — М.: ГУ ВШЭ, 2004.
4. Экономика: Учебник. 3-е изд., перераб. и доп. / Под ред. д-ра экон. наук проф. А. С. Булатова — М: Юристъ, 2000.

М. И. Гончарова, Т. М. Моисеева

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ КОММУНИКАЦИИ В ОРГАНИЗАЦИЯХ**

Было проведено социологическое исследование с целью выяснения влияния горизонтальных коммуникаций на производительность труда в различных организациях. Основные вопросы: характер горизонтальных коммуникаций и отношение к ним работников; роль руководителя; формальные нормы и правила, закрепленные в организации; степень регламентации работы сотрудников; ответственность работников за коллектив.

При проведении исследования были опрошены работники относительно однородного статуса из различных организаций офисного типа, занимающихся предпринимательской деятельностью. Среди них было 43 % мужчин и 57 % женщин.

**Влияние работы руководителя на результаты деятельности коллектива.** Для выявления мотивации персонала при поступлении на работу поставлен вопрос о причинах выбора респондентами работы в данной организации. Получены следующие данные: наиболее часто встречающимся критерием выбора вакансии является интересная работа (12,8 %); также людей привлекли работа по специальности (12,1 %), дружелюбный коллектив (12,1 %), удобный график работы (11,7 %), близкое расположение

от дома (10,3 %), а также социальные гарантии (10,3 %) в зависимости от гендерных характеристик.

Руководитель принимает непосредственное участие в работе коллектива, от него зависит складывающийся в процессе работы микроклимат и рабочая динамика. Поэтому ставилась задача поиска корреляции переменных, определяющих стиль руководства и отзывы работников о влиянии стиля руководства на деятельность коллектива.

По результатам исследования, большинство опрошенных (43 %) считают наилучшим руководителя, который советуется с подчиненными и предоставляет им инициативу, т. е. использует демократический стиль руководства, координирует деятельность коллектива. Руководитель, который минимально вмешивается в работу коллектива, не влияет на ее результаты, — так считают 19 % опрошенных. Только 16 % респондентов ответили, что руководитель с авторитарным стилем координирует работу.

Для того, чтобы выявить степень влияния стиля руководства начальника на слаженность работы его подчиненных, рассмотрены индикаторы совместной деятельности (табл. 1).

Таблица 1

*Влияние стиля руководства на слаженность работы коллектива*

		Каков стиль руководства в вашем коллективе		
		Руководитель вмешивается во всё, жесткий контроль, планирование	Консультируется с подчиненными, инициатива, контроль результатов	Минимально вмешивается в работу коллектива
На сколько баллов вы оценили бы слаженность работы вашего коллектива (по десятибалльной шкале)	2	4,8 %		
	3	14,3 %		20,8 %
	4		7,3 %	12,5 %
	5	19,0 %	14,5 %	20,8 %
	6	19,0 %	9,1 %	4,2 %
	7	9,5 %	25,5 %	4,2 %
	8	19,1 %	30,9 %	12,5 %
	9	14,3 %	10,9 %	20,8 %
	высокая		1,8 %	4,2 %
Total		100,0 %	100,0 %	100,0 %

Оценка проводилась по девятибалльной системе.

В целом большинство респондентов оценили слаженность работы бо-

лее чем в 5 баллов. 24 % оценили в 8 баллов, 17 % — в 5 баллов, 17 % — в 7 баллов и 14 % — в 9 баллов.

Из числа опрошенных, определивших стиль руководства в своей организации как демократический (55 %), 30,9 % дали оценку слаженности работы в 8 баллов, 25,5 % — 7 баллов. Респонденты, считающие, что руководитель вмешивается во все аспекты работы и осуществляет жесткий контроль (21 %), оценили слаженность в 5 баллов (19 %), 6 баллов (19 %) и 8 баллов (19 %). В коллективах с либеральным стилем управления (24 % опрошенных) по 20,8 % голосов пришлось на оценки «3», «5» и «9».

Таким образом, мы видим, что демократический стиль руководства наиболее благоприятен для слаженности деятельности сотрудников.

Респонденты не только определили существующий стиль управления, но и высказали свои предпочтения по поводу степени регламентации работы. В результате выявилась тенденция к демократизации рабочего процесса. 56 % опрошенных считают, что степень регламентации работы их коллектива должна быть средней, руководителю следует задавать только общие цели и задачи, а подчиненные будут предоставлять ему результаты для контроля.

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод, что руководитель непосредственно влияет на динамику и результативность работы коллектива. Для того, чтобы наиболее эффективно использовать трудовой потенциал сотрудников, необходимо предоставлять им инициативу и позволять самостоятельно решать определенные задачи. Также нужно поощрять не только индивидуальную, но и коллективную деятельность, давать задания не только отдельным сотрудникам, но и коллективу в целом для повышения сплоченности и слаженности работы группы.

**Существование формальных норм и отношение к ним сотрудников.** Формальные нормы — это закреплённые документально правила поведения, существующие в организации. Они оказывают сильное влияние на трудовой процесс, способы решения задач, характер горизонтальных коммуникаций, стиль управления.

На вопрос о том, есть ли в коллективе формальные нормы и правила, 45 % респондентов ответили, что нормы, существующие в их организации, касаются лишь общих моментов. Т.е. основная часть отношений не формализована, нет строгих предписаний и указаний.

35 % опрошенных руководствуются в работе только теми нормами, которые сложились в процессе работы. И только у 20 % людей все отношения и обязанности строго формализованы. Это говорит о тенденции к снижению роли формальных норм на предприятиях и замене их само-

стоятельной организацией коллективом трудового процесса.

Формальные нормы не всегда положительно влияют на деятельность коллектива. 79 % респондентов сообщили, что в их организации нет формальных норм, тормозящих работу коллектива. Но 21 % опрошенных выявили такие нормы. Из них 53 % работают в организациях со строгой формализацией и 47 % — в организациях с ограниченным количеством формальных норм.

Существует тенденция к уменьшению влияния формально принятых норм в организациях, т. к. эти нормы не всегда могут точно учесть специфику работы коллектива. Эти нормы заменяются неформальными и спонтанно возникающими правилами, появляющимися в процессе работы. Данное обстоятельство ведет к расширению сферы горизонтальных коммуникаций в производственном процессе.

**Влияние горизонтальных коммуникаций на трудовой процесс. Характер горизонтальных связей.** Результаты исследования показали, что при снижении роли формальных связей возрастает потребность в горизонтальных коммуникациях между сотрудниками. Каким должен быть характер этих связей, чтобы они положительно влияли на работу?

Для ответа на этот вопрос мы попросили респондентов охарактеризовать их отношения с другими сотрудниками. 33 % опрошенных определили эти отношения как взаимопонимание и поддержка, 21 % респондентов имеют нейтральные отношения с коллегами, 19 % — деловые. Соперничают с сотрудниками лишь 7 % опрошенных, а лицемерные отношения в коллективе только у 1 %.

В зависимости от характера коммуникаций в коллективе воздействие личных отношений с сотрудниками на работу может быть разным. Среди респондентов, которые относятся к коллегам с взаимопониманием и поддержкой, 67 % сказали, что такие отношения положительно влияют на работу, 30 % — помогают в работе. Из тех, кто охарактеризовал отношения с сотрудниками как нейтральные, 43 % ответили, что личные отношения положительно влияют, и 43 % — немного отвлекают от работы. Сторонники деловых отношений сообщили, что личные отношения также положительно влияют на трудовой процесс (47 %).

Просматривается тенденция положительного влияния доверительных отношений в коллективе на работу в целом. В ходе общения в коллективе определяются нормы и правила поведения, распределяются обязанности и задачи. По результатам опроса, 31 % респондентов говорят с сотрудниками только о работе. Используя линейные связи, коллектив постепенно готовится к инновациям. Возможные изменения в работе и необходимые

инновации обсуждают 33 % опрошенных.

36 % респондентов обсуждают с коллегами личные вопросы. Это говорит о том, что горизонтальные коммуникации используются как каналы доверительности. С одной стороны, это повышает сплоченность, а с другой стороны, может привести к конфликтным ситуациям и дезорганизации работы.

Говоря о коллективе, необходимо учитывать и фактор общественного мнения, т. е. влияния коллектива в целом на отдельных сотрудников (табл. 2).

Таблица 2

Распределение ответов на вопрос: «Насколько для вас важно мнение коллег о вас?»  
(в %)

Варианты ответов	Распределение ответов
Мне всё равно, что обо мне думают другие	19
Мне интересно отношение коллег, но оно не влияет на меня	36
Меня волнует отношение коллег ко мне, я прислушиваюсь к ним	32
Мне важно мнение коллег, я делаю так, чтобы не конфликтовать	13

Большинство респондентов (36 %) интересуются мнением коллег о них, но это мнение не влияет на их поведение; 32 % опрошенных волнует отношение коллег, они прислушиваются к сотрудникам и делают соответствующие выводы. Результаты анализа показывают, что 19 % не интересуются мнением других людей о себе. А для 13 % опрошенных очень важно мнение коллег, и они ведут себя так, чтобы не провоцировать конфликты.

Исследование показывает, что женщины больше подвержены влиянию мнения коллег. Из этого можно сделать вывод, что женские коллективы более сплоченные, но в них хуже принимают людей, точка зрения которых сильно отличается от коллективной.

**Зависимость наличия и характера горизонтальных связей от стиля руководства.** Стиль руководства влияет на все аспекты деятельности коллектива, в том числе и на горизонтальные коммуникации.

Авторитарный руководитель старается ограничить линейные связи, и в таком случае отношения между его подчиненными имеют характер нейтральный, на это указывают 29 % или деловых (19 %).

Если руководитель использует демократический стиль, то характер горизонтальных связей резко меняется. Большинство респондентов считают, что появляется взаимопонимание и поддержка (44 %), также имеют место

нейтральные отношения ( 20 %).

Для попустительского стиля управления характерно спонтанное формирование горизонтальных связей, коллектив сам определяет характер таких коммуникаций. В этом случае большинство респондентов определили отношения в коллективе как взаимопонимание и поддержка (25 %) и деловые (25 %) тоже.

Таким образом, демократический стиль управления даёт стимул для развития горизонтальных связей, а авторитарный стиль наоборот подавляет и не допускает линейные коммуникации.

**Выводы.** В ходе исследования были выдвинуты следующие гипотезы:

*1. Принятые формальные горизонтальные связи не соответствуют реальным неформальным коммуникациям.* Эта гипотеза подтвердилась. Можно утверждать, что существует тенденция к уменьшению влияния формально принятых норм в организациях, т. к. эти нормы не всегда могут точно учесть специфику работы коллектива. Некоторые из них не только не улучшают, но и тормозят работу коллектива. Эти нормы заменяются неформальными и спонтанно возникающими правилами, появляющимися в процессе работы. Это обстоятельство ведет к расширению сферы неформальных горизонтальных коммуникаций в трудовом процессе.

45 % опрошенных отметили, что формальные нормы, существующие в организации, касаются лишь общих моментов деятельности, остальные правила существуют неформально. У 35 % респондентов в коллективе вообще нет формальных норм. И только 20 % руководствуются в работе только формальными нормами.

*2. Горизонтальные коммуникационные связи часто используются как потоки доверительной информации, линейные связи используются как каналы доверительности, которые потом готовят группу к инновациям.* Данная гипотеза подтвердилась. Действительно, линейные связи часто используются как каналы доверительности, 36 % опрошенных разговаривают на работе о своих личных проблемах и интересах. Также в процессе этих коммуникаций идет подготовка группы к инновациям. Возможные изменения в организации работы обсуждают 33 % респондентов.

*3. Если руководитель использует авторитарный стиль управления, то линейные связи не характерны (он их не допускает, ограничивает их развитие, не приветствует).*

В результате исследования гипотеза подтвердилась. Руководитель, практикующий авторитарный стиль руководства, старается ограничить горизонтальные коммуникации между подчиненными. Отношения в коллективе с таким стилем руководства можно охарактеризовать как нейтральные

и деловые. При демократическом стиле управления горизонтальные связи укрепляются, развиваются и сдвигаются в сторону взаимопонимания и поддержки. При попустительском стиле линейные связи формируются спонтанно, независимо от руководителя.

В результате проделанной работы поставленные цели и задачи были выполнены. Проведено исследование горизонтальных коммуникаций и их влияния на трудовой процесс. Выдвинутые гипотезы подтвердились. Было выявлено, что стиль руководства непосредственно влияет на характер горизонтальных связей. В настоящее время существует тенденция замены декларативно принятых норм неформальными, сложившимися в процессе работы правилами поведения. Это ведет к расширению и увеличению влияния горизонтальных коммуникаций в коллективе. Поэтому актуальной проблемой современных организаций и их руководителей является контроль за линейными связями и поддержание благоприятного микроклимата в коллективе.

#### Библиографический список

1. Курс «Эффективный менеджер» BZR 654 МИМ ЛИНК, 2001 г.
2. Майкл Мескон, Майкл Альберт, Франклин Хедоури. Основы Менеджмента. — М.: Дело, 1996.
3. Горизонталь власти // Бизнес-журнал. Июнь 2005. № 11.
4. Фролов С. С. Социология организаций: Учебник. — М.: Гардарики, 2001.
5. Коваленко М. Ю., Коваленко В. А. Один руководитель — два направления // Управление персоналом. № 9–10(116).
6. Инфо-Цес. № 37.
7. Овчинникова Т. И. Кадры предприятия.
8. Мориарти С. Т. Маркетинговые коммуникации. Интегрированный подход.

Е. В. Мурадян

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕННОСТЕЙ СТУДЕНТОВ И ВЫПУСКНИКОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ КАРЬЕРЫ**

В связи с возрастанием интереса к профессиональному развитию возник интерес к феномену карьеры. Популярность этой темы отчасти объясняется тем, что сейчас обществом декларируется образ социально успеш-



ного человека как наиболее приемлемый и желательный. Это образ уверенного в себе человека, самостоятельного, решительного и достигшего карьерных успехов.

Проблема карьеры, как подчеркивают многие специалисты, связана с обсуждением социально-профессиональной мобильности — одним из важных механизмов в воспроизводстве отношений в обществе.

Обращение к проблеме карьеры связано, с другой стороны, с усилением интереса к проблеме выбора во всех сферах жизненного пространства, самовыражения, обретения «сущностного «я» в хаосе бытия.

Ещё один существенный момент, который заставляет обратить внимание на проблему построения карьеры, касается самореализации человека, его профессионального самоосуществления.

Слово «карьер» пришло к нам из французского языка. Этимологически понятие «карьер» означает: успешное продвижение вперед в области общественной, служебной, политической и научной деятельности; род занятий; профессия.

Определения карьеры, данные разными авторами, можно свести к следующим группам.

1. Карьера как вид профессиональной деятельности на отдельных этапах трудового пути человека.
2. Карьера как последовательность должностей, профессий, мест и позиций трудовой жизни человека. Сьюпер определял понятие «карьер» в его самом полном и всеобъемлющем смысле как последовательность и комбинацию ролей, которые человек выполняет в течение всей своей жизни. В такой трактовке понятие «карьер» соответствует пониманию профессии как рода занятия, выполняемого в определённые периоды трудовой жизни человека, продвижения по служебной лестнице.
3. Карьера как вид деятельности, слитый с образом жизни и включающий разные сферы жизни.
4. Карьера как профессия — призвание, деятельность, наилучшим образом исполняемая и согласующаяся с «жизненной задачей» человека.
5. Карьера как профессиональный опыт данного человека, который не может быть сведён только к профессии или профессиональной роли. Карьера обозначает широкий спектр явлений, связанных с общественной и профессиональной жизнью человека.
6. Карьера как профессиональный путь человека, движение, в процес-

се которого он сам развивается. Для понимания карьеры как профессионального жизненного пути характерно изучение развития, становление её субъекта.

Обобщая информацию, можно отметить, что для понимания природы карьеры обычно используют два основных подхода к этому феномену:

- с одной стороны, карьера — это социальная модель продвижения по работе, службе, которая имеет свои ограничения;
- карьера — история жизненного пути, пройденного индивидом.

По сути, то, как человек определяет свой профессиональный путь, во многом определяется всей «историей» его жизни. Он живёт в стране, которая находится в том или ином экономическом состоянии, что, в свою очередь, ограничивает или даёт широкие возможности для выбора.

Культура народа, к которому принадлежит человек, обычаи, которые он усваивает с детства, влияют на всю его дальнейшую жизнь, в частности, на выбор профессии и на его представления о будущей карьере. Ближайшее окружение (родственники, друзья, двор, школа и др.) формируют представления о том, какой образ жизни и занятие уместны для мужчины и для женщины; через окружающих молодой человек постепенно начинает осознавать свои способности и склонности. Семья во многом является стартовой «площадкой» в определении жизненных планов (ценностные ориентации родителей и близких, их собственный род занятий, материальное положение и то, как родственники объясняют это положение). Всё это является «историей» человека, влияющей на его выбор.

Постепенно формируется и проявляется в человеке то, что называется индивидуальными ценностями — «последним основанием» представлений человека о нравственном обустройстве мира.

Формирующиеся и не всегда явно осознаваемые ценности человека, а также доступные ему жизненные альтернативы и определяют, в конечном счёте, предпочтения человека. В результате человек останавливается на определённой профессии и принимает решение, как приобрести квалификацию, необходимую для этой профессии.

Важно подчеркнуть следующее: среди факторов, влияющих на жизненный выбор человека, индивидуальные ценности являются самым устойчивым феноменом. Многое может меняться вокруг человека, но относительно устойчивой системой в этом потоке изменений должна оставаться (и остаётся) система ценностей. Могут меняться нормы поведения, внешние проявления ценностных ориентиров, но не глубинные ценности.

Проведено исследование влияния ценностей на профессиональную

жизнь. Для всех студентов и выпускников примечательно то, что 92 % опрошенных определили для себя ценностью семью; 64 % — дружбу, т. е. для молодых людей главным является духовное благополучие, лишь потом только материальное — 50 % всех опрошенных.

Для молодых людей в возрасте 19–22 года основополагающими ценностями являются: семья (87 %); дружба (65 %); материальное благополучие (56 %).

Для молодых людей в возрасте 23–27 лет главная ценность — семья (100 %); дружба (61 %); любимая работа (44 %).

В зависимости от возраста наблюдаются различия жизненных ценностей. В возрастной группе от 19–22 лет на первом месте стоит любимая работа — 60 %. А у выпускников вуза (23–27 лет) главным является статус в обществе — 58 %. В свою очередь, по отношению к работе можно констатировать различие позиций названных возрастных групп. Респонденты в возрасте 19–22 года больше, чем молодые люди в возрасте 23–27 лет, хотят в своей профессиональной жизни занять высокие позиции — 63 %; наибольшую значимость среди выпускников имеет ценность занять должность, которая будет приносить «стабильный заработок» — 80 %, воплотить в жизнь свои проекты — 63 %.

По половому различию выявлены следующие различия: для женщин основные ценности: самосовершенствование — 75 %, любимая работа — 70 %, карьера — 66 %, для мужчин — здоровье — 62 %, статус в обществе — 50 %.

Наблюдается различие оценок основных факторов при выборе работы.

Для молодых людей возрастной группы 19–22 года основным при выборе является график работы (62 %), хорошая заработная плата (56 %). А для молодых людей возрастной группы 23–27 лет основным при выборе работы является перспектива карьерного роста (67 %) и интерес к работе (61 %).

В современных условиях основной целью молодежи становится достижение материального благополучия. На открытый вопрос: «Какие жизненные цели, по вашему мнению, чаще всего ставит перед собой современная молодежь?» ответила значительная часть респондентов. Надо отметить, что в отношении своих целей молодые люди заявляют «главное в жизни — иметь счастливую семью» (25 %), интересную работу (18 %).

В своей профессиональной жизни большинство опрошенных хотят «воплотить в жизнь свои проекты» — 38 %. Наименее популярный ответ — «работать тихо-спокойно» — 10 %.

Достаточно четко видят свои цели и имеют план по их реализации

46 %; стоящих на пути осознания своих жизненных целей — 34 %.

Осознание своих целей и наличие плана по их реализации есть у тех респондентов, которые в профессиональной жизни хотят занять высокие позиции — 52 % и воплотить в жизнь свои проекты — 48 %.

Можно сделать вывод, что, имея желание занять высокие позиции, воплотить в жизнь свои проекты, респонденты понимают, как они будут идти к этой цели и уже имеют четкое представление ее достижения. Явно выражен оптимизм по поводу того, как люди видят свое благополучие через 20 лет.

При оценке собственного благополучия в рамках шкалы от 1 до 12 баллов на сегодняшний день респонденты чаще выбирают 8 баллов. Свое благополучие в будущем, через 10 лет, респонденты оценивают в 11 баллов.

Готовы пожертвовать ради профессиональной карьеры своей семьей, любимым делом — 44 % опрошенных, причем категоричны в этом вопросе 10 %.

При ответе на вопрос: «Смогли бы вы пожертвовать своей семьей, любимым делом, если от этого будет зависеть ваша карьера» готовых пожертвовать больше среди женщин — 48 %, в то время как среди мужчин — 38 %.

На основе анализа результатов исследования можно сделать вывод, что отношение к карьере у работающих студентов и молодых работников, окончивших обучение, различается.

Студенты наиболее амбициозны во взглядах на свое профессиональное будущее, при этом для них главные ценности — семья и любимая работа, в то время как материальное благополучие не являются доминирующим в жизни, следовательно, строить свою карьеру они будут, как им кажется, не по принципу «больше денег, больше власти».

А для молодых людей, окончивших обучение, главная ценность — статус в обществе, они уже более прагматично смотрят на жизнь.

Подтверждается гипотеза о том, что с возрастом человек более осознанно относится к построению карьеры. Молодые люди, отучившиеся в вузе, главным фактором при выборе работы определяют перспективу карьерного роста и интерес к работе, а для студентов на данный момент главным является удобный график работы и хорошая заработная плата.

Прослеживается стереотипное мышление в отношении целей современной молодежи. Сами молодые люди говорят о своих сверстниках, что для них главное в жизни — это, прежде всего деньги, причем при минимуме усилий к их зарабатыванию. Но, говоря о себе, респонденты отмечают, что для них материальная составляющая жизни не стоит на первом месте.

В этом случае можно говорить либо об унифицированном отношении к целям современной молодежи, либо о том, что респонденты по отношению к себе придерживались социально одобряемых позиций.

Различное отношение к карьере обусловлено и различными индивидуальными предпочтениями, т. е. для кого-то важным является сфера деятельности его работы, интерес к своей работе, а для кого-то — возможность построить успешную карьеру или зарабатывать много денег. При этом от возраста данный выбор не зависит, все определяется только индивидуальными и личностными предпочтениями.

Надо отметить и то, что люди, стремящиеся занять высокий пост, реализовать собственные проекты, уже четко видят процесс реализации, имеют план и собственную стратегию.

Таким образом, при построении карьеры молодые люди руководствуются как своими жизненными ценностями, потребностями, так и желанием реализовать свои способности и свой потенциал.

#### Библиографический список

1. Акбиева З. С. Психология карьеры в социальном контексте профессионального служения. — М., 2005.

П. С. Сорокин, Д. О. Мынкина

*Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

### **ПРОФЕССИОНАЛИЗМ КАК УСПЕШНОСТЬ В ОЦЕНКЕ РАБОТАЮЩИХ 35–40 ЛЕТ**

Анализ хода российских реформ выявляет множество проблем, затрагивающих основные сферы жизнедеятельности человека: образование, труд, свободное время. Большинство из них связаны с поиском новых механизмов, повышающих эффективность регулирования социальных процессов. Формируются качественно иные принципы организации жизни и деятельности людей, на первый план выходят вопросы социальной активности, профессиональной компетенции, инициативности, гибкости, способности адаптироваться к быстро меняющимся условиям социальной среды. В последнее время в трудовой мотивации работников наблюдается устойчивая тенденция к профессиональному совершенствованию и профессиональному росту.

С переходом к рыночной экономике россияне оказались в вакууме, среди ни к чему не обязывающих ценностей. Начался всеобщий поиск путей обогащения, причём без всякого ограничения; новой идеологией стала тотальная свобода. Люди сосредоточены исключительно на выживании, на необходимости постоянного поиска дополнительного заработка. Коллективистские ценности сместились в индивидуалистическую и потребительскую сферу.

Несмотря на то, что стремление к профессионализму стало ходовым в общественно-политической лексике, вышеназванные проблемы актуальны и по сей день. На данном этапе развития нашего общества именно профессионализм должен стать движущей силой социальной динамики.

Объектом проведенного исследования является экономически активное население в возрасте от 35 до 40 лет, занятое на коммерческих и бюджетных предприятиях. Причём в контексте заданной исследовательской проблемы основной интерес представляют мнения работников о возможностях самореализации, о каналах преуспевания; нормы и ценности, которым они следуют в осуществлении своей деятельности, а также их трактовка значения профессионализма как фактора личной успешности и преуспевания всего общества.

Целью данного исследования являлось выяснение трудовой мотивации работников. Проведен анкетный опрос работников в возрасте 35–40 лет.

Измерены следующие параметры профессиональной деятельности:

1. Соотношение возможного изменения обязанностей и степени ответственности.
2. Соотношение субъективного представления о профессионализме и степени ответственности.
3. Соотношение целеполагания и целедостижения у респондентов.
4. Соотношение целеполагания и энергозатрат для достижения целей.
5. Соотношение важности профессиональных качеств и степени ответственности респондентов.
6. Соотношение важности профессиональных качеств и возможного изменения функциональных обязанностей.

Одним из важных параметров является удовлетворенность работой (табл. 1).

Удовлетворённость работой представляется уже неким состоянием, которое исходит из стабильности жизни людей со средним достатком, и тем более, людей с достатком ниже среднего. Это объясняется не только самим недостатком материального дохода, но и нежеланием людей пред-

Таблица 1

## Соотношение удовлетворённости работой и уровня достатка

Удовлетворенность работой		К какой категории людей по уровню достатка вы бы себя отнесли?		
Уровень достатка		Обеспеченный человек	Человек со средним достатком	Человек с достатком ниже среднего
Удовлетворены ли вы своей нынешней работой	Да	100 %	53 %	33 %
	Нет	0 %	21 %	33 %
	Затрудняюсь ответить	0 %	26 %	34 %

принимать решительные действия для коренного изменения жизненной ситуации. Этим можно объяснить и то, что четверть респондентов затруднилась оценкой удовлетворённости своей работой. Удовлетворённость работой оценивалась исходя также из характера организации (табл. 2).

Таблица 2

## Удовлетворенность работой и характер организации

Тип организации		Где вы работаете	
Уровень удовлетворенности работой		В коммерческой организации	В организации с бюджетным обеспечением
Удовлетворены ли вы своей нынешней работой	Да	42 %	60 %
	Нет	34 %	9 %
	Затрудняюсь ответить	24 %	31 %

Удовлетворённость работой практически не зависит от характера деятельности организации. Это можно объяснить только тем, что и бюджетные организации по многим параметрам, включая подход к персоналу, стали похожими на коммерческие организации (рис. 1).

Анализ результатов данных показывает, что респонденты, желая изменить источник заработка, в большинстве своём, не хотят, кроме этого, менять ничего. Естественно, при перемене места работы (не говоря уже об открытии собственного дела) будет период адаптации, но всё равно это, в понимании респондентов, должно привести к некому состоянию стабильности. Этим объясняется и небольшое количество желающих найти подработку, поскольку введение в устоявшийся образ жизни чего-либо нового будет более трудоёмким.

Наблюдаемая тенденция стремления к стабильности не только во всей профессиональной деятельности в целом, но и в повседневных обязанно-

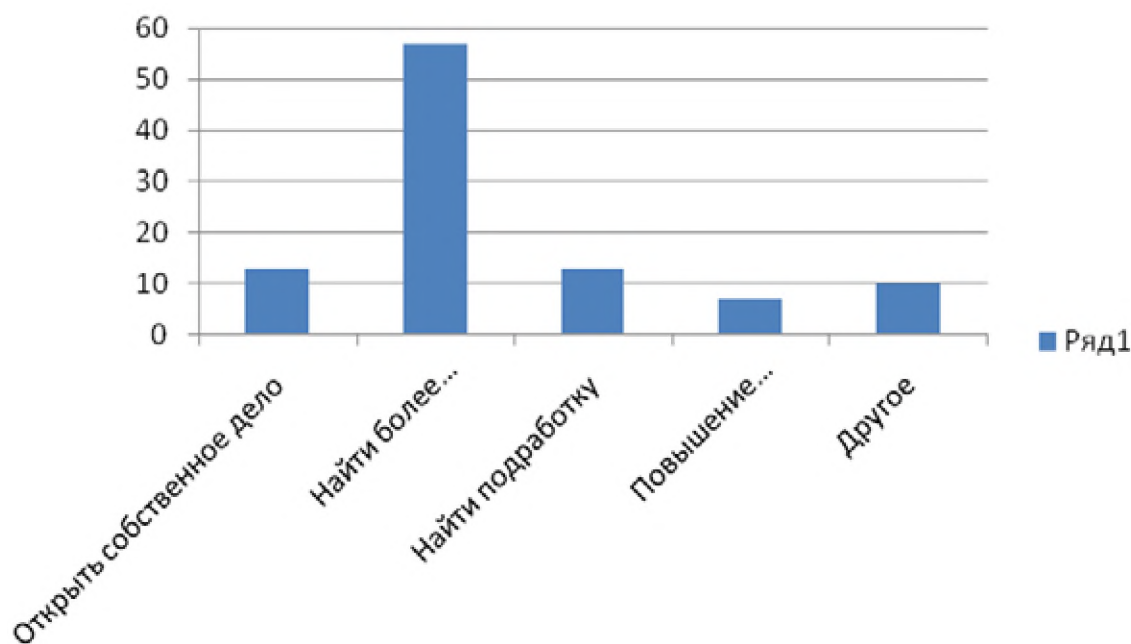


Рис. 1. Распределение ответов на вопрос «За счёт чего вы хотели бы увеличить свой заработок?»

стях здесь раскрывается довольно чётко. Также к этой тенденции можно прибавить появляющуюся здесь зависимость: чем незначительнее ответственность в рамках организации, тем больше желание изменить содержание деятельности. Под этим может подразумеваться только изменение незначительных аспектов деятельности, в котором нуждается любой человек, выполняющий рутинную деятельность.

В итоге были подтверждены две исследовательские гипотезы.

1. Профессионализм предполагает совершенствование процессов труда в рамках отдельно взятой профессии. Но для максимизации своих доходов работники всё чаще ищут возможности для дополнительного заработка.
2. Профессионализм предполагает ответственность работника за результаты деятельности в рамках профессии, и эта ответственность является этическим компонентом профессионализма. Но в российском обществе этот компонент осознаётся далеко не всеми.

Неподтверждённой осталась гипотеза о массовом переходе людей с государственных предприятий на коммерческие. Наоборот, это государственные предприятия коммерциализируются в погоне за источниками финансирования. Поэтому здесь всё идёт от противного.

Соотношение между ориентацией на профессию как самоценную деятельность и ориентацией на профессию, как целеинструментальную деятельность (ориентация на получение материальных благ) становится важ-



ным предметом исследования. Следует отметить, что самооценку профессионализма должна осознаваться не только на уровне отдельного человека, но и на уровне всего общества в целом. Пока личностные профессиональные устремления человека не получают поддержки извне, от них будет мало пользы. Для России это пока совсем нехарактерно, поэтому на данном этапе развития российского общества можно уверенно выделить преобладание отношения к профессии как к способу получения материальных благ, то есть профессионализм не стал для российского общества ещё одной ценностной ориентацией.

## Алфавитный указатель авторов работ

Антуфьев В. А., профессор МАИ .....	199
Баев А. Б., студент МАИ .....	372
Баев А. В., аспирант Тамбовского ГТУ .....	372
Баригутина М. Н., аспирантка Тамбовского ГТУ .....	244
Белобжеский Л. А., доцент МАИ .....	104
Бойцов Б. В., зав. кафедрой, профессор МАИ .....	9
Борисов Д. В., студент МАИ .....	33
Бондаренко Ю. П., аспирантка МАИ .....	400
Булыгин В. С., профессор МАИ .....	298
Волкова М. Н., инженер Академии стандартизации, метрологии и сертификации ...	172
Гагарин С. А., студент МАИ .....	257
Голованов Д. В., студент МАИ .....	79
Головин Д. Л., доцент МАИ .....	190
Гончарова М. И., студентка МАИ .....	429
Грачёв В. В., студент МАИ .....	65
Гудзь А. Г., студент МАИ .....	250
Давыдова Е. В., студентка МАИ .....	179
Дроздов С. В., студент МАИ .....	85
Дутов М. А., студент МАИ .....	104
Егоров С. В., студент МАИ .....	52
Есакова О. И., студентка МАИ .....	367
Епископосян В. Э., инж. Академии стандартизации, метрологии и сертификации ...	165
Живилова С. М., аспирантка Тамбовского ГТУ .....	221
Жуковский А. К., студент МАИ .....	33, 65
Загребин Д. А., студент МАИ .....	326
Иванов К. А., студент МАИ .....	277
Иванова В. В., студентка МАИ .....	405
Игнатов Н. А., студент МАИ .....	298
Казбеков А. В., студент МАИ .....	308
Калашиников Д. С., сотрудник РСК «МиГ» .....	190
Камалетдинова Г. Р., студентка МАИ .....	353
Киндинова В. В., студентка МАИ .....	350
Кириллов М. В., студент МАИ .....	272
Князева В. В., доцент МАИ .....	312, 320
Коломенцев А. И., начальник НИО МАИ .....	360
Коломин Д. Г., аспирант БГТУ им. В. Г. Шухова .....	265
Комаров А. А., аспирант МАИ .....	284
Комаров Ю. Ю., профессор МАИ .....	21
Коновалюк М. А., студент МАИ .....	372
Коньшева А. В., студентка МАИ .....	412
Копкарёва С. И., студентка МАИ .....	418
Костин Н. С., с.н.с. МАИ .....	9
Косырихина Ю. В., аспирантка Тамбовского ГТУ .....	128
Котельников М. В., доцент МАИ .....	272

Кошелев Б. В., доцент МАИ.....	387
Кравцов В. А., доцент МАИ.....	17
Кравченко Г. Н., доцент МАИ.....	9
Кринецкий Е. О., студент МАИ.....	343
Кузнецов Ю. В., профессор МАИ.....	372
Кузнецова Е. В., доцент МАИ.....	343, 350
Кузнецова Е. С., аспирантка Тамбовского ГТУ.....	146
Лавренюк П. А., студент МАИ.....	33
Ларченко О. В., студентка МАИ.....	424
Лашина В. А., сотрудница ООО «Время действовать».....	396
Максимов Н. А., доцент МАИ.....	308, 332
Маслов Ю. В., доцент МАИ.....	110
Маркин Н. Н., доцент МАИ.....	33, 65, 72
Мартынова С. В., студентка МАИ.....	26
Моисеева Т. М., студентка МАИ.....	429
Мордасов М. М., профессор Тамбовского ГТУ.....	244
Мурадян Е. В., студентка МАИ.....	435
Мынкина Д. О., студентка МАИ.....	440
Неретин Е. С., студент МАИ.....	312
Новиков И. С., студент МАИ.....	183
Нораева Е. С., студентка МАИ.....	336
Оводенко В. Б., студентка МАИ.....	40
Омарбаев М. К., студент МАИ.....	59
Павлова Н. В., профессор МАИ.....	326
Пантелеев А. В., зав. кафедрой, профессор МАИ.....	382
Пегачкова Е. А., студентка МАИ.....	303
Потапов Ю. В., аспирант МАИ.....	210
Прядко С. П., студент МАИ.....	59
Прошина Е. Д., аспирантка Тамбовского ГТУ.....	190
Пунтус А. А., профессор МАИ.....	158, 277, 336, 353
Русишвили Э. Д., студент МАИ.....	387
Самойлов Е. А., профессор МАИ.....	52, 59
Сапожников И. И., инженер МГАУ им. В. П. Горячкина.....	139
Сидоренко А. С., профессор МАИ.....	284
Сидоров Д. М., студент МАИ.....	96
Смиян А. Б., студент МАИ.....	199
Соловьёв С. Ю., доцент МАИ.....	312, 320
Сологуб Г. Б., студент МАИ.....	382
Соломатин А. Ю., студент МАИ.....	123
Сорников А. Я., студент МАИ.....	110
Сорокин П. С., студент МАИ.....	440
Сосков В. Б., инженер Тульского государственного университета.....	237
Сосулин Ю. Г., профессор МАИ.....	250
Стрижаков Р. В., студент МАИ.....	9
Сушков К. С., студент МАИ.....	379
Тараненко В. А., профессор Люблинского технического университета (Польша).....	230

<i>Тараненко Г., аспирант Севастопольского НТУ (Украина)</i> .....	230
<i>Тимофиевич Л. Ю., аспирантка Тамбовского ГТУ</i> .....	227
<i>Тимошина Е. А., аспирантка Тамбовского ГТУ</i> .....	134
<i>Токмаков А. И., студент МАИ</i> .....	332
<i>Ульвис Н. В., аспирант МАТИ</i> .....	205
<i>Федотов О. А., аспирант МАИ, сотрудник ОАО ГСС</i> .....	21
<i>Федюшкин А. И., старший научный сотрудник ИПМ РАН</i> .....	277
<i>Фокин Ф. А., студент МАИ</i> .....	91
<i>Хлебалин К. С., студент МАИ</i> .....	158
<i>Холмогоров А. В., студент МАИ</i> .....	59
<i>Хомяков А. М., доцент МАИ</i> .....	85, 96
<i>Чепурнов М. В., аспирант Тамбовского ГТУ</i> .....	153
<i>Чепчуров М. С., доцент БГТУ им. В. Г. Шухова</i> .....	265
<i>Четоркина О. Н., студентка МАИ</i> .....	45
<i>Чечиков Ю. Б., доцент МАИ</i> .....	379
<i>Чубаров О. Ю., студент МАИ</i> .....	320
<i>Чугунова М. В., студентка МАИ</i> .....	291
<i>Чистов М. С., студент МАИ</i> .....	72
<i>Шабельский Я., аспирант Люблинского технического университета (Польша)</i> .....	230
<i>Шаронов А. В., профессор МАИ</i> .....	291
<i>Шатловская К. В., студентка МАИ</i> .....	391
<i>Шорина Е. В., студентка МАИ</i> .....	72
<i>Щукин А. В., студент МАИ</i> .....	72
<i>Якутин А. В., аспирант МАИ</i> .....	360

## Содержание

<b>БОЙЦОВ В. В. — ЧЕЛОВЕК С БОЙЦОВСКИМ ХАРАКТЕРОМ</b>	<b>3</b>
<b>ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ</b>	<b>9</b>
<i>Бойцов В. В., Кравченко Г. Н., Костин Н. С., Стрижаков Р. В.</i> Комплексная методика проектирования силовых элементов планера с применением вторичных кривых усталости . . . . .	9
<i>Кравцов В. А.</i> Возможность применения щелевого крыла на сверхзвуковых истребителях . . . . .	17
<i>Комаров Ю. Ю., Федотов О. А.</i> Планирование структуры цифрового макета изделия для повышения эффективности проектирования . . . . .	21
<i>Мартынова С. В.</i> Создание автоматизированной методики макетирования объектов с поверхностью двойной кривизны . . . . .	26
<i>Борисов Д. В., Жуковский А. К., Лавренюк П. А., Маркин Н. Н.</i> Управление самолетом с отклоняемым вектором тяги двигателя при быстром угловом вращении по крену . . . . .	33
<i>Оводенко В. Б.</i> Разработка элементов цифровой антенной решетки . . . . .	40
<i>Четоркина О. Н.</i> Пилотируемая космонавтика в Российской Федерации и перспективы ее развития . . . . .	45
<i>Егоров С. В., Самойлов Е. А.</i> Привод планетохода «Скорпион» . . . . .	52
<i>Омарбаев М. К., Самойлов Е. А., Холмогоров А. В.</i> Конструкция ног марсохода «Скорпион» . . . . .	59
<i>Грачев В. В., Жуковский А. К., Маркин Н. Н., Прядко С. П.</i> Исследование динамики снижения и подъема космического корабля при использовании космического лифта . . . . .	65
<i>Маркин Н. Н., Чистов М. С., Шорина Е. В., Щукин А. В.</i> Управление полетом в районе аэродрома . . . . .	72
<i>Голованов Д. В.</i> Исследование магнитных полей в синхронных двигателях с радиальными, радиально-тангенциальными и тангенциальными постоянными магнитами . . . . .	79
<i>Дроздов С. В., Хомяков А. М.</i> Проблемы проектирования смесительной головки камеры сгорания . . . . .	85
<i>Фокин Ф. А.</i> Исследование возможности создания асинхронно-синхронных двигателей на базе высокотемпературных сверхпроводниковых плёнок 2-го поколения . . . . .	91
<i>Сидоров Д. М., Хомяков А. М.</i> Несущая способность лопаток турбины с трещинами . . . . .	96
<i>Дутов М. А., Белобжеский Л. А.</i> Разработка методологического и алгоритмического обеспечения предварительного исследования воздействия молнии на информационно-измерительные системы воздушного судна (на примере SSJ-100) . . . . .	104
<i>Сорников А.Я., Маслов Ю.В.</i> Повышение качества твердотельного моделирования объектов авиационной техники созданием специальной базы стандартных крепежных элементов . . . . .	110

## **СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА** **123**

<i>Соломатин А. Ю.</i> Оценка конкурентоспособности космической навигационной системы ГЛОНАСС . . . . .	123
<i>Косырихина Ю. В.</i> Оценивание результативности функционирования системы менеджмента качества машиностроительного предприятия . . . . .	128
<i>Тимошина Е. А.</i> Результаты оценивания уровня развития системы менеджмента качества машиностроительного предприятия . . . . .	134
<i>Сапожников И. И.</i> Сертификатопригодность — оценочный критерий жизненного цикла изделия . . . . .	139
<i>Кузнецова Е. С.</i> Методика разработки СМК организации-поставщика компонентов для автосборочных предприятий . . . . .	146
<i>Чепурнов М. В.</i> Система «Три «Не»» как инструмент обеспечения качества в производстве комбайнов . . . . .	153
<i>Хлебалин К. С., Пунтус А. А.</i> Инвестиционная привлекательность сектора тепловой генерации . . . . .	158
<i>Епископосян В. Э.</i> Разработка методических основ обеспечения экологической безопасности на базе анализа рисков ландшафтов (на примере г. Москвы) . . . . .	165
<i>Волкова М. Н.</i> Разработка методических основ системы многофакторного контроля безопасности потребительских товаров . . . . .	172
<i>Давыдова Е. В.</i> Определение ожиданий потребителей пива «Жигулевское» . . . . .	179

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ** **183**

<i>Новиков И. С.</i> Перспективное планирование качества продукции. Разработка методического подхода к определению ключевых характеристик продукции и процессов	183
<i>Головин Д. Л., Прошина Е. Д., Калашиников Д. С.</i> Обеспечение качества при технологическом проектировании сложного изделия . . . . .	190
<i>Антуфьев Б. А., Смиян А. Б.</i> Деформация цилиндрической оболочки с прикрепленными к ней упругими пластинами . . . . .	199
<i>Ульвис Н. В.</i> Обеспечение качества в производстве тонкостенных корпусов технологическими методами . . . . .	205
<i>Потапов Ю. В.</i> Проблемы стендовых усталостных испытаний авиационных конструкций . . . . .	210
<i>Баев А. В.</i> Управление качеством процесса нанесения поливинилхлоридного покрытия ракельным способом в производстве тентовых материалов . . . . .	215
<i>Живилова С. М.</i> Управление качеством производства глифталевых грунтовок . . . . .	221
<i>Тимофиевич Л. Ю.</i> Применение контрольных карт для управления качеством производства шатунных вкладышей Д 50 . . . . .	227
<i>Шабельский Я., Тараненко Г., Тараненко В.</i> Системный подход к разработке математических моделей динамических систем металлообработки нежестких деталей . . . . .	230
<i>Сосков В. Б.</i> Комплексная оценка и разработка средств контроля параметров качества нештучной продукции пищевой и перерабатывающей промышленности . . . . .	237
<i>Баршутина М. Н., Мордасов М. М.</i> Барботажный объемметрический метод контроля качества электролитов в электрохимическом производстве . . . . .	244
<i>Гудзь А. Г., Сосулин Ю. Г.</i> Радиолокационная система обнаружения и определения местоположения людей за преградой . . . . .	250

<i>Гагарин С. А.</i> Экспериментальное исследование мехатронного модуля с трёхфазным вентильным двигателем с использованием несимметрично-диагонального метода коммутации . . . . .	257
<i>Коломин Д. Г., Чепчуров М. С.</i> Бесконтактный метод контроля качества поверхности детали и его реализация . . . . .	265

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ — ВАЖНЕЙШИЙ АСПЕКТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА** **272**

<i>Кириллов М. В., Котельников М. В.</i> Математическое моделирование процессов переноса вблизи заряженных тел цилиндрической геометрии в плазме . . . . .	272
<i>Иванов К. А., Пунтус А. А., Федюшкин А. И.</i> Ламинарный пограничный слой при обтекании плоской пластины . . . . .	277
<i>Комаров А. А., Сидоренко А. С.</i> Численная модель колебаний крыла с подвеской . . . . .	284
<i>Чугунова М. В., Шаронов А. В.</i> Формирование проблемно-ориентированного математического обеспечения контроля и диагностики динамических объектов, основанного на вейвлет-преобразовании . . . . .	291
<i>Игнатов Н. А., Булыгин В. С.</i> Автоматизированная система прогнозирования динамических процессов . . . . .	298
<i>Пегачкова Е. А.</i> Синтез управления активной стабилизацией спутника на основе необходимых условий оптимальности логико-динамических систем . . . . .	303
<i>Казбеков А. В., Максимов Н. А.</i> Алгоритм автоматизированного выделения и обработки контуров в задаче распознавания летательных аппаратов . . . . .	308
<i>Князева В. В., Неретин Е. С., Соловьёв С. Ю.</i> Распределённая многоуровневая автоматизированная информационно-измерительная система учёта электрической энергии	312
<i>Князева В. В., Соловьёв С. Ю., Чубаров О. Ю.</i> Разработка устройства сбора и передачи данных «АТ-860» . . . . .	320
<i>Павлова Н. В., Загребин Д. А.</i> Программно-алгоритмическое обеспечение медицинского цвето-звукового терапевтического приборного комплекса . . . . .	326
<i>Максимов Н. А., Токмаков А. И.</i> Система автоматизированного учёта железнодорожных вагонов . . . . .	332
<i>Нораева Е. С., Пунтус А. А.</i> Математическая модель двухконтурного гидравлического сервопривода . . . . .	336
<i>Кринецкий Е. О., Кузнецова Е. В.</i> Применение имитационного моделирования для анализа функционирования автомобильного компаунд-парка . . . . .	343
<i>Киндинова В. В., Кузнецова Е. В.</i> Имитационная модель склада парфюмерной и лечебной косметики . . . . .	350
<i>Камалетдинова Г. Р., Пунтус А. А.</i> Разработка имитационной модели обслуживания экипажем систем жизнеобеспечения для наземного эксперимента . . . . .	353
<i>Якутин А. В., Коломенцев А. И.</i> Математическая модель канала реактора микро-ЖРД на унитарном топливе . . . . .	360
<i>Есакова О. И.</i> Оптимальное управление процессом «постановки» помехи в задачах оценивания вектора-состояния динамических объектов . . . . .	367
<i>Коновалюк М. А., Кузнецов Ю. В., Баев А. Б.</i> Исследование параметрической идентификации целей в сверхкороткоимпульсной радиолокации . . . . .	372

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ** **379**

*Сушков К. С., Чечиков Ю. Б.* Использование автоматизированной системы обучения при подготовке специалистов . . . . . 379

*Сологуб Г. Б., Пантелеев А. В.* Компьютерный учебно-методический комплекс по курсу «линейная алгебра и аналитическая геометрия» . . . . . 382

*Русишвили Э. Д., Кошелев Б. В.* Разработка электронного учебного пособия по системе управления полетом FMS UNS-1F universal . . . . . 387

*Шатловская К. В.* Компьютерный курс по дисциплине «История России» на тему «Династия Романовых. Алексей Михайлович и Петр Алексеевич» . . . . . 391

**СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ** **396**

*Лашина В. А.* Нематериальные методы повышения эффективности работы персонала 396

*Бондаренко Ю. П.* Роль соотношения законодательной деятельности и социальной активности населения в местном самоуправлении . . . . . 400

*Иванова В. В.* Политическая активность молодежи . . . . . 405

*Коньшева А. В.* Представление русских о самих себе . . . . . 412

*Копкарева С. И.* Формирование правовых ценностей студенческой молодежи . . . . . 418

*Ларченко О. В.* Причины и последствия распространения контрафактной продукции 424

*Гончарова М. И., Моисеева Т. М.* Горизонтальные коммуникации в организациях . . . 429

*Мурадян Е. В.* Сравнительный анализ ценностей студентов и выпускников при построении карьеры . . . . . 435

*Сорокин П. С., Мышкина Д. О.* Профессионализм как успешность в оценке работающих 35–40 лет . . . . . 440

**АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ РАБОТ** **445**



# 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.

МАИ является базовым вузом по разделу 18 «Авиационная и ракетно-космическая техника» во всероссийском открытом конкурсе на лучшую научную работу студентов по естественным, техническим и гуманитарным наукам. В этом конкурсе участвуют студенты из многих вузов Российской Федерации.

Краткие статьи на основе ваших научных работ могут быть опубликованы в нашем ежегодном сборнике публикаций.

## *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, 1-й факультет. Тел.: 158-44-76.
- Максимович Владимир Захарович, доц. каф. 101, 1-й факультет. Тел.: 158-48-65.
- Абашев Виктор Михайлович, проф. каф. 203, 2-й факультет. Тел.: 158-47-81.
- Дубенский Георгий Александрович, доц. каф. 310, 3-й факультет. Тел.: 158-46-68.
- Сосулин Юрий Георгиевич, проф. каф. 401, 4-й факультет. Тел.: 158-68-00.
- Аветисян Арташес Суренович, доц. каф. 502, 5-й факультет. Тел.: 158-44-73.
- Махров Владислав Петрович, проф. каф. 608, 6-й факультет. Тел.: 158-48-27.
- Самсонович Семен Львович, проф. каф. 702, 7-й факультет. Тел.: 158-43-50.
- Пунтус Артур Агафонович, проф. каф. 803, 8-й факультет. Тел.: 158-43-95.
- Сидоренко Александр Сергеевич, проф. каф. 906, 9-й факультет. Тел.: 158-46-30.
- Гурьева Людмила Семеновна, проф. каф. 009, 10-й факультет. Тел.: 158-49-92.
- Хомяков Анатолий Михайлович, доц. каф. КО-01, филиал «Комета». Тел.: 572-00-66.

Коллектив Совета по НИРС МАИ: Ю. Ю. Комаров, Т. В. Семенихина, Е. М. Смирнова, Р. Д. Лисин.

Адрес: 125993, Москва, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4. ГАК, к. 413<sup>Б</sup>.

Телефоны: 8 (499) 158-44-76, 8 (499) 158-41-73.

E-mail: [nirs@mai.ru](mailto:nirs@mai.ru).

WWW: <http://nirs.mai.ru>

*Желаем успехов в вашей научной деятельности!*

Д Л Я   З А М Е Т О К

Д Л Я   З А М Е Т О К

Д Л Я   З А М Е Т О К

Обеспечение качества на всех этапах жизненного цикла изделия

Компьютерная верстка Р. Д. Лисина

Подписано в печать

Бум. Формат . Печать офсетная.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж экз.

Зак.

Отпечатано с готового оригинал-макета  
в типографии Издательства МАИ.

«МАИ», Волоколамское ш., д. 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993.