ВЕСТНИК

Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева

Выпуск 1 (22)
В 2 частях. Часть 1

Главный редактор
доктор экономических наук
профессор
Г. П. Беляков

Заместители главного редактора
доктор технических наук
профессор
И. В. Ковалев

доктор технических наук
профессор
Л. Г. Шаймарданов

Редакционная коллегия:
С. С. Аплеснин
Е. Н. Головенкин
Ю. В. Ерыгин
М. В. Краев
В. Д. Лаптенок
А. Н. Ловчиков
А. В. Медведев
В. А. Охорзин
С. И. Сенашов
В. Г. Сомов
В. В. Москвичев
К. Г. Охоткин (отв. секретарь)

Учредитель
Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева

© Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, 2009
© Коллектив авторов, 2009

К СВЕДЕНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ

«Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева» (Вестник СибГАУ) – межрегиональный научный журнал, содержащий результаты научных исследований в области естественных, технических и прикладных наук по вопросам проектирования, производства и эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники, а также экономики

Представленные в журнал статьи публикуются после обязательного рецензирования и при оформлении их в соответствии с требованиями редакции (www.vestnik.sibsau.ru)

Периодичность – 4 раза в год
Специальный выпуск – 1 раз в год

Электронная версия журнала представлена на сайте Научной электронной библиотеки – http: //www.elibrary.ru и сайте журнала (www.vestnik.sibsau.ru)

Журнал включен в каталоги:
российской прессы «Роспечать» (МАП) – 11399;
объединенный «Пресса России» – 39263

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева
Россия, 660014, Красноярск, проспект имени газеты «Красноярский рабочий, 31, П-415
Тел./факс (391)291-90-19
E-mail: vestnik@sibsau.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникации и охраны культурного наследия, свидетельство ПИ № ФС77-22189 от 27.10.2005 г.

Журнал включен ВАК России в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук»

При перепечатке или цитировании материалов из журнала «Вестник СибГАУ» ссылка обязательна

Редакторы К. С. Мирошникова, О. А. Плехова, А. И. Эберле
Редактор английского текста М. В. Карасева
Компьютерная верстка М. А. Белоусовой
Подп. в печать 19.03.2009. Формат 70×108/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Усл. печ. л. 16,2.
Уч.-изд. л. 28,5. Тираж 1000 экз. Заказ 87/44. С 24/9.
Редакционно-издательский отдел
Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та.
660014, г. Красноярск,
просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31, П-415.
Отпечатано в типографии ИП Суховольская Ю.П.
660125, г. Красноярск, ул. Водопьянова, 2-241.

УДК 629.195.2, 65.011.56

Д. Н. Пакман, М. В. Некрасов, А. Н. Антамошкин

ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В КОНТУРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

Рассматривается общая структура автоматизированной системы управления космическим аппаратом и проблемы обработки телеметрической информации в контуре автоматизированной системы управления. Предлагаются пути развития и модернизации системы обработки телеметрической информации для центра управления полетом космических аппаратов.

Ключевые слова: система управления, космический аппарат, центр управления, телеметрия.

Структура автоматизированной системы управления космическим аппаратом. Автоматизированная система управления космического аппарата (АСУ КА), рассматриваемая в [1; 2], предназначена для обеспечения работы бортовых систем космического аппарата в течение всего времени его активного существования, представляет собой совокупность бортовых и наземных средств управления с необходимым математическим обеспечением, и состоит:

– из бортового комплекса управления (БКУ);

– наземного комплекса управления (НКУ).

Вышеприведенные составляющие АСУ КА представляют собой самостоятельные функциональные звенья с решением определенных задач управления в контуре АСУ. В задачи бортового комплекса управления, описываемого в [1; 5], входит следующее:

– обеспечение приведения элементов конструкции и бортовых систем КА в рабочее состояние;

– управление работой бортовой аппаратуры КА в автономном и оперативном режимах;

– контроль и диагностика технического состояния бортовых систем;

– организация работы бортового программного обеспечения.

Необходимо отметить, что одной из важнейших задач БКУ является сбор, обработка, сжатие, хранение и выдача по требованию наземного комплекса управления телеметрической информации (ТМИ) о текущем состоянии бортовых систем.

Наземный комплекс управления рассматривается в [2; 4; 5] и предназначен для непрерывного выполнения задач управления, контроля и поддержания заданных технических и баллистических характеристик КА и орбитальной группировки (ОГ) в целом. Обеспечение решения этих задач диктует состав НКУ. Как правило, в состав НКУ включены следующие элементы:

– центр управления полетом;

– наземные командно-измерительные станции (КИС);

– станции приема телеметрической информации;

– корелляционно-фазовые пеленгаторы (КФП);

– система связи и передачи данных (ССПД).

Телеметрическая информация в контуре автоматизированной системы управления космическим аппаратом. Обеспечение задач планирования и управления КА осуществляется аппаратно-программными средствами НКУ КА, являющимся составной частью НКУ единой системы спутниковой связи. В [5] рассматриваются различные виды информации, циркулирующие структуре НКУ, основными из которых являются: разовые команды, программные команды, командно-программная информация, информация функционального контроля, баллистическая и телеметрическая информация. В сложной автоматизированной системе управления, какой является АСУ КА, особую роль играет реакция управляемого КА на управляющие воздействия, а именно телеметрическая информация. Телеметрическая информация, поступающая с передающих устройств КА по радиолинии, содержит сведения о работе и состоянии бортовой аппаратуры КА, выполнении программ работы и управляющих воздействий [1–5].

Процесс сбора телеметрической информации о состоянии КА, передачи и представления ее конечному пользователю (оператору управления, системному специалисту) представляет собой многоступенчатую процедуру, включающую в себя следующие этапы.

Этап сбора и передачи телеметрической информации, рассматриваемый в [3], выполняется бортовой аппаратурой телесигнализации (БАТС) на средствах БКУ и обеспечивает решение следующих задач:

– сбор, обработка информации от датчиков аппаратными средствами БАТС (контроллерами датчиков);

– аналогово-цифровое преобразование данных с датчичков;

– размещение данных в оперативной памяти БАТС;

– взаимодействие с бортовым цифровым вычислительным комплексом;

– формирование и выдача в бортовую командно-измерительную систему (бортовую КИС) телеметрического сообщения в виде псевдокадров.

Этап предварительной обработки телеметрической информации, рассматриваемый в [4; 5], осуществляется средствами наземной КИС в составе НКУ и обеспечивает решение следующих задач:

– прием телеметрической информации наземной КИС и осуществление идентификации, нормализации, усиления ТМ-сигнала;

– аналогово-цифровое преобразования информации средствами КИС;

– выделение синхропосылки, анализ служебной части кадра, нарезка потока ТМИ на псевдокадры;

– привязка псевдокадров к московскому декретному времени;

– формирование блоков информации для передачи в каналы связи;

– передача сформированных блоков телеметрической информации в комплекс обработки информации (КОИ) Рымник или систему автоматизированной обработки пункта (САО-П), в зависимости от этапа проведения работ.

Этап первичной обработки телеметрической информации, рассматриваемый в [4; 5], осуществляется распределенной системой обработки Рымник или системой САО-П и обеспечивает решение следующих задач:

1) в случае проведения работ через Рымник:

– обработка ТМИ средствами КОИ, выделение существенных значений, проверка на достоверность, учет калибровочных уровней, тарирование для представления параметров в физических величинах, редактирование состояния сигнальных параметров и нахождения аналоговых параметров в заданном диапазоне, обработка определяющих «ключевых» параметров, обработка различных типов параметров (сигнальных, функциональных, управляющих, разовых команд, цифровых, кодовых, временных);

– передача ТМИ по каналам связи в сектор сбора данных (ССД), осуществляющий коммутацию информационных потоков между наземными измерительными пунктами и центрами управления полетами различных ОГ КА;

– передача ТМИ в сектор обработки телеметрической информации (СОТИ);

2) в случае проведения работ через САО-П производится передача телеметрической информации по соответствующему протоколу информационного взаимодействия в систему автоматизированной обработки центра (САО-Ц).

Окончательный этап – *этап вторичной обработки, анализа и представления информации*, рассматриваемый в [4], проводится по результатам первичной обработки и позволяет путем заданных расчетов определить необходимые характеристики работы бортовых систем. Этап осуществляется аппаратно-программными средствами ЦУП, входящими в состав НКУ и обеспечивает решение следующих задач:

– прием информационных потоков от СОТИ или САО-Ц;

– распределение потоков телеметрии по рабочим станциям ЦУП;

– расчет первичных, вторичных параметров и параметров алгоритма обобщенного контроля;

– анализ результатов обработки телеметрической информации;

– представление результатов операторам управления и системным специалистам.

Общая схема приема-передачи ТМИ представлена на рис. 1.

Структурно-функциональная схема центра управления полетом космического аппарата и циркуляция телеметрической информации в контуре ЦУП КА. В настоящее время ЦУПы КА организуются на базе аппаратно-программного комплекса [4; 5], включающего следующие функциональные сектора (рис. 2).

Сектор управления, основными задачами которого являются:

– проведение оперативного сеанса управления с КА, включая отработку как заранее подготовленных программ управления, так и программ управления или команд, вводимых оператором в реальном масштабе времени;

– регистрация и обработка квитанций, поступающих от средств НКУ и бортовой аппаратуры КА, автоматизированный контроль выполнения программы управления по поступающей ТМИ и квитанциям;

– прием, обработка, отображение и анализ информации о результатах работы и состоянии наземных средств НКУ;

– выдача рекомендаций по управлению КА, в том числе в нештатных (аварийных) режимах с выдачей алгоритмов по их устранению;

– дистанционное управление и контроль станциями приема КИС, КФП;

– сбор и накопление статистической информации по проведенным сеансам управления, по выданным управляющим воздействиям (с учетом их классификации по видам), о состоянии орбитальной группировки по результатам обработки ТМИ и отчетов БЦВМ.

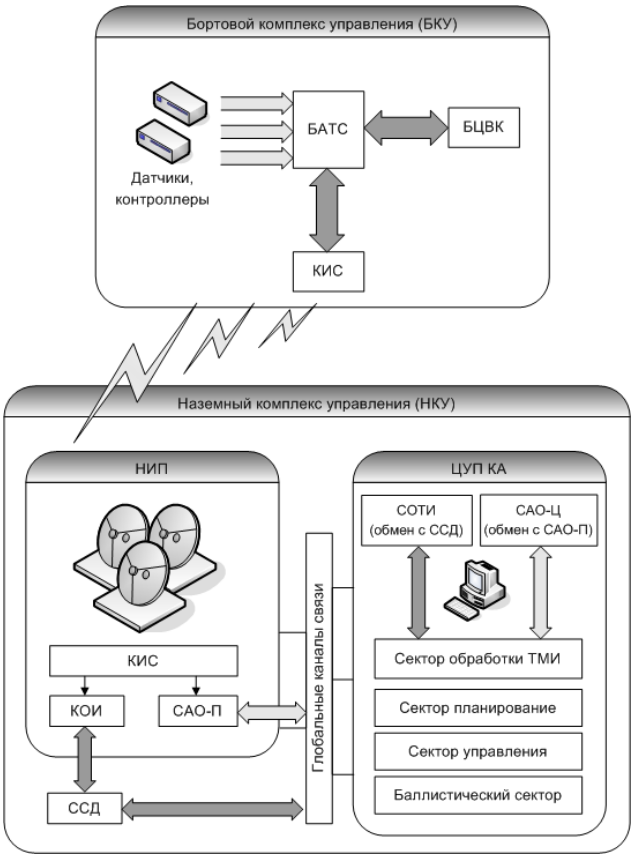


Рис. 1. Потоки телеметрической информации в контуре АСУ КА

Сектор планирования, основными задачами которого являются:

– автоматизированные работы по реализации планов развертывания, восполнения и поддержания орбитальной группировки КА;

– формирование, отображение и корректировка долгосрочных и оперативных планов работы КА и НКУ для обеспечения реализации штатного технологического цик-

ла управления на разных этапах функционирования всех КА ОГ, в том числе и при возникновении нештатных ситуаций;

– формирование технологических данных для проведения сеансов связи с КА (ТДСС) и перекачка их на средства управления;

– расчет программ управления и массивов командно-программной информации для КА.

Баллистический сектор, основными задачами которого являются:

– прием и обработка измерений текущих навигационных параметров с КИС и КФП;

– расчет баллистических характеристик КА из состава ОГ, определение орбитальных параметров КА, разработка планов коррекции орбит КА, расчет интерференции (влияния солнечного излучения на работу антенных систем наземных станций) и обеспечение операторов управления необходимой баллистической информацией (тени Луны и Земли, зоны радиовидимости, целеуказания для наведения антенн наземных станций, зоны обслуживания);

– подготовка массивов командно-программной информации для их закладки на борт КА в сеансах управления (в части обеспечения работы бортового баллистического программного обеспечения);

– подготовка исходных технологических данных на запуск ракетоносителя с КА и обеспечение ими подразделений и служб НКУ.

Сектор обработки телеметрической информации, основными задачами которого являются:

– получение и обработка телеметрической информации в режиме непосредственного приема;

– прием и обработка отчетов БЦВМ;

– автоматизированный обобщенный контроль и диагностика состояния КА по ТМИ в течение всего срока активного существования;

– дистанционное управление и контроль станциями приема ТМИ;

– обмен различными видами информации с элементами НКУ, внешними организациями и комплексами;

– представление результатов обработки телеметрической информации системным специалистам и операторам управления.

Для решения общей целевой задачи управления КА и поддержания его активного существования между секторами ЦУП осуществляется информационно-логическое взаимодействие. Частью этого взаимодействия является и обмен телеметрической информацией (рис. 2). Информационное взаимодействие между секторами осу-

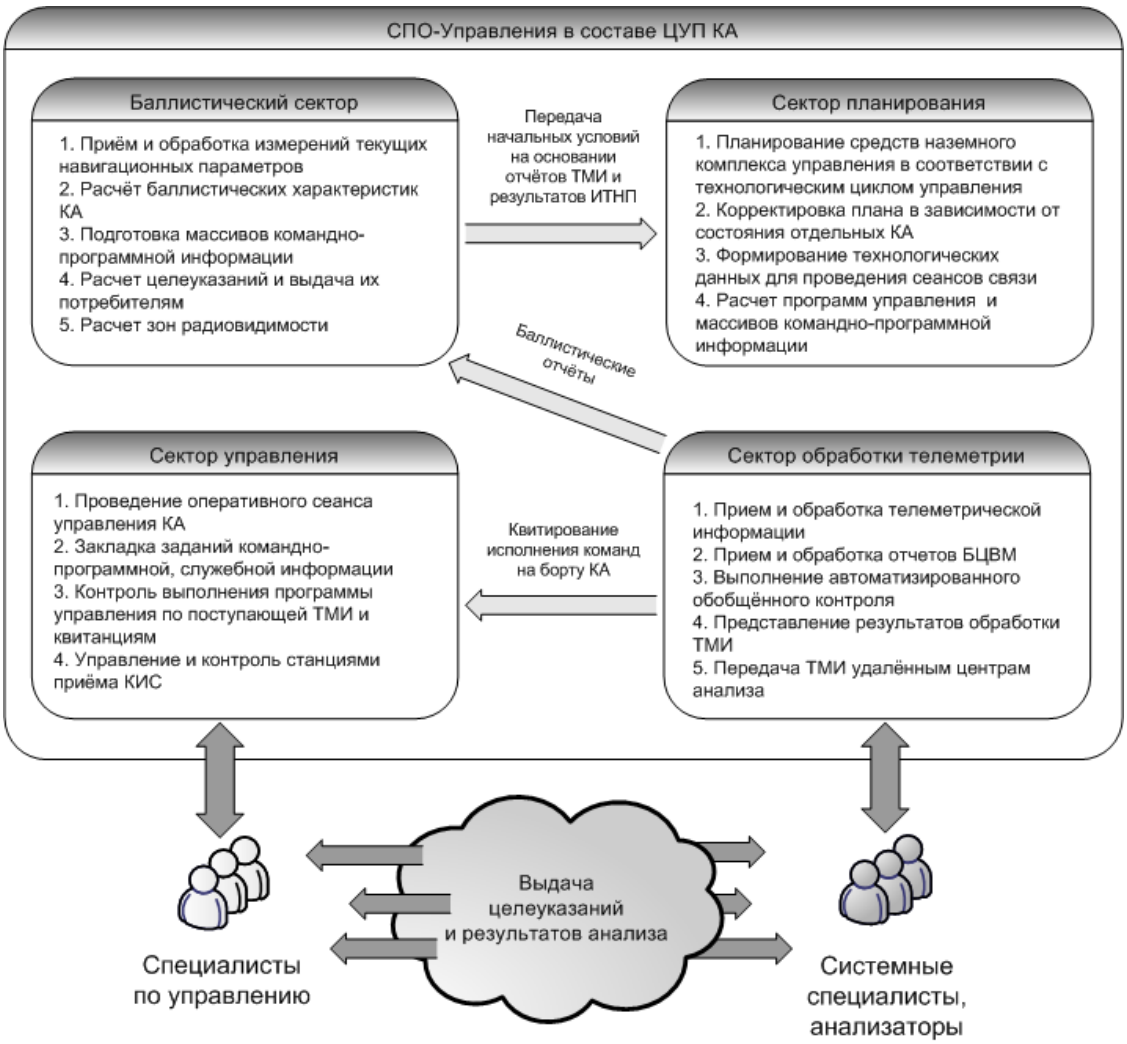


Рис. 2. Циркуляция ТМИ внутри СПО ЦУП КА

ществляется на программном уровне с использованием локально-вычислительной сети ЦУП.

Основными потребителями ТМИ в ЦУП КА являются операторы управления (анализаторы) и системные специалисты. В их задачи, в частности, входит анализ состояния всех КА ОГ и выбор на его основе стратегии по управлению космическими аппаратами.

Специальное программное обеспечение обработки телеметрической информации. Специальное программное обеспечение обработки телеметрической информации (СПО ОТИ) является частью специального программного обеспечения управления ЦУП КА и представляет собой комплекс программ, обеспечивающий решение перечня задач телеметрического сектора программно-аппаратного комплекса ЦУП [4]. Для удобства функционирования и эксплуатации СПО ОТИ разбито на несколько программных комплексов:

– проведения сеанса обработки (КП ПСО);

– рабочего места телеметриста (КП РМТМ);

– проведения внесеансных работ (КП ПВРТМ).

Для более эффективного решения локальных задач телеметрического сектора используется клиент-серверная архитектура распределенных вычислений.

Комплекс программ проведения сеанса обработки (КП ПСО), представляющий собой серверную часть в терминах архитектуры клиент-сервер, обеспечивает:

– взаимодействие с внешними программными комплексами (СОТИ, САО-Ц), обеспечивающими взаимодействие с наземными измерительным пунктами в части управления проведением телеметрических сеансов;

– настройку на работу по конкретному изделию, в зависимости от плана работ;

– получение по локальной вычислительной сети и обработку полных (сокращенных) потоков всех видов телеметрической информации;

– оперативное отображение значений ТМ-параметров на экран оператора сектора управления;

– организацию файлов-архивов телеметрической информации на локальном диске.

Комплекс программ рабочего места телеметриста (КП РМТМ). Данный комплекс представляет собой клиентскую часть в структуре клиент-сервер. КП РМТМ обеспечивает:

– получение ТМИ с сервера КП ПСО;

– обработку, анализ полученной информации и представление результатов обработки системным специалистам и операторам управления.

Комплекс программ проведения внесеансных работ с телеметрической информацией (КП ПВРТМ) предназначен для проведения работ, связанных с просмотром и документированием результатов обработки ТМИ, находящихся в архиве ЦУПа; а также для просмотра и печати файлов с результатами документирования всех видов телеметрической информации.

Существующая схема взаимодействия СПО ОТИ представлена на рис. 3.

Предложения по усовершенствованию специального программного обеспечения обработки телеметрической информации. В настоящее время программные средства обработки, анализа и представления телеметрической информации в центрах управления космическими аппаратами морально устарели и не соответствуют современным требованиям и возможностям. В то же время с развитием самой платформы космического аппарата растет потребность в обработке все большего потока информации с максимально удобным представлением ее результатов оператору управления или системному специалисту. Данная потребность может быть удовлетворена за счет разработки новых особых алгоритмов, позволяющих осуществлять наиболее эффективную обработку и анализ телеметрических данных и представление их результатов.

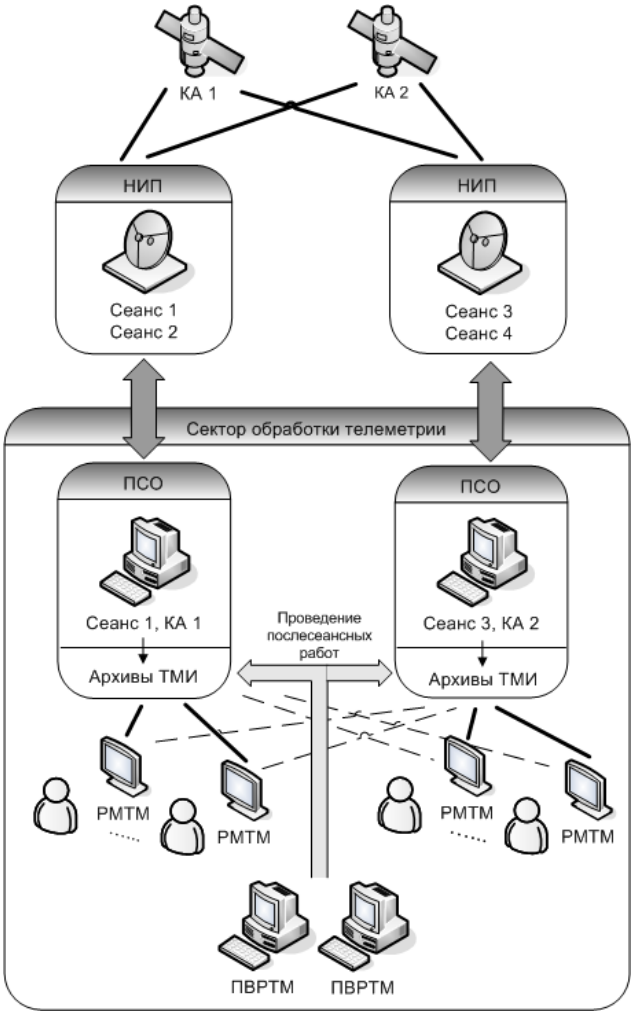


Рис. 3. Существующая схема взаимодействия СПО ОТИ

В существующей схеме обработки ТМИ сервер проведения сеанса обработки (КП ПСО) обеспечивает однопоточный режим работы. То есть проведение сеанса возможно только с одним аппаратом. В режиме проведения параллельных сеансов связи с КА для обеспечения нескольких потоков телеметрии необходима организация соответствующего количества телеметрических серверов на различных ПЭВМ. Данная ситуация ухудшает оперативность работы телеметрического сектора, поскольку увеличивается время настройки клиентов на телеметрический сеанс и возникает проблема размещения телеметрических архивов, создаваемых серверами для послесеансного анализа.

Система приема ТМИ требует модернизации. Основная суть модернизации в части приема телеметрической информации в ЦУП КА изложена в [6] и заключается в переходе от однопоточной системы приема ТМИ к многопоточный. Этот переход предполагает проведение тщательного исследования существующей телеметрической системы, а также ряда серьезных мероприятий по доработке существующих и, возможно, разработке новых программных комплексов обработки ТМИ. По результатом предварительного исследования недостатков системы приема телеметрии предлагаются следующие направления деятельности:

1) свести к минимуму функции представления результатов обработки информации на сервере обработки ТМИ и максимально сосредоточиться на возможностях одновременной организации сеансов приема ТМИ по нескольким направлениям, т. е. по нескольким КА, нескольким НИП, от различных источников СОТИ или САО-Ц;

2) пересмотреть концепцию организации сеансов в связи с внедрением многопоточной системы обработки телеметрии. Это неизбежно приведет к доработке протокола сетевого взаимодействия между КП ПСО и абонентами КП РМТМ, а также необходимости разработки отдельного протокола, поддерживающего многопоточную передачу информации между КП ПСО и удаленными центрами анализа и обработки информации, территориально расположенными вне ЦУП;

3) спроектировать и организовать централизованное хранение телеметрических архивов во избежание избыточности, дублирования данных, что также позволит решить вопросы обеспечения безопасности засекреченной информации;

4) в связи с чрезмерным ростом объемов телеметрической информации предложить «приемлемый» алгоритм сжатия, адаптируемый для использования в реальном масштабе времени.

В работе [7] рассматриваются предложения по усовершенствованию способов представления результатов обработки телеметрической информации.

На данном этапе в СПО ОТИ реализована упрощенная логика обработки телеметрической информации с точки зрения обобщенного контроля, однако не реализована необходимая для полноценной оценки многоуровневая логика расчета параметров обобщенного контроля. В связи с этим предлагается следующее:

1) разработать и внедрить алгоритмы, позволяющие проводить многоуровневый обобщенный контроль телеметрической информации, получаемой с КА;

2) разработать и внедрить алгоритмы, позволяющие работать со структурами исходных данных на обработку ТМИ с целью дальнейшего проведения обобщенного контроля информации.

В существующей системе обработки телеметрической информации реализовано только текстово-табличное представление результатов обработки ТМИ. Это, безусловно, снижает оперативность и качество оценки параметров в момент проведения сеанса связи с КА, когда принятие правильного решения по сложившейся ситуации должно происходить максимально быстро и быть эффективным. В связи с этим предлагается провести следующую работу:

1) разработать программное обеспечение мнемонического представления телеметрической модели космического аппарата, решающее следующие задачи:

– обеспечение обработки первичных телеметрических параметров;

– реализацию алгоритмов обобщенного контроля телеметрических параметров;

– оценку результатов полученных в результате обработки ТМИ;

– формирование и представление оператору мнемонической схемы для заданной системы КА с учетом полученных результатов оценки ТМИ;

– реализацию редактора мнемонических схем с возможностью создания оптимального схематичного представления систем КА и задания параметров оценки их состояния;

– реализацию графического представления динамики изменения телеметрических параметров.

2) разработать и реализовать протокол сопряжения СПО мнемонического представления и СПО приема-передачи ТМИ.

Кроме того, предлагаемые решения должны обеспечивать максимальную независимость от платформы КА.

Модернизированная схема обработки телеметрической информации средствами СПО ОТИ с учетом выработанных предложений представлена на рис. 4.

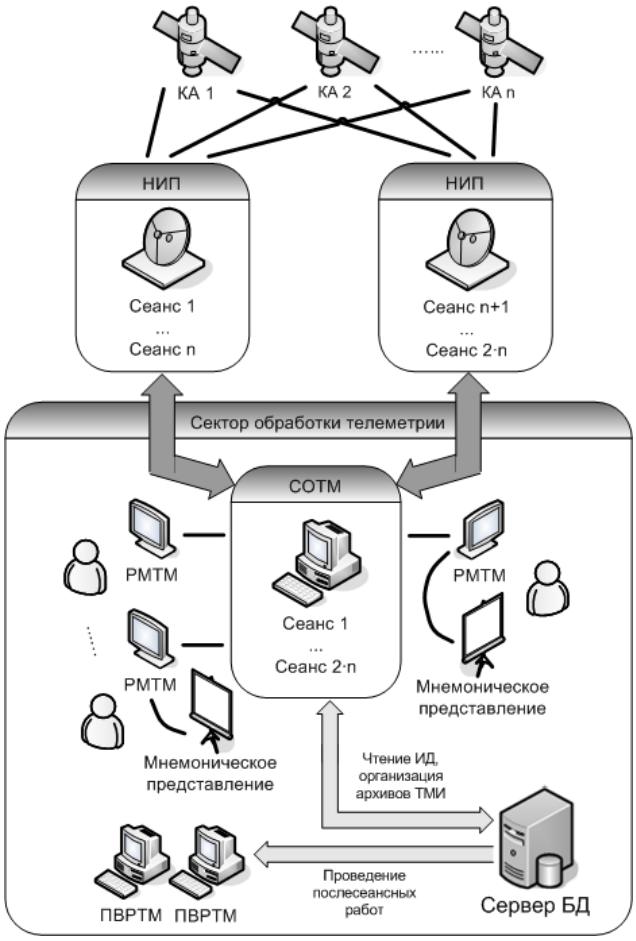


Рис. 4. Модернизированная схема взаимодействия СПО ОТИ

Таким образом, предложенные решения по усовершенствованию программного обеспечения СПО ЦУП КА в области обработки телеметрии нашли первое частное применение в центре управления полетами орбитальной группировкой космических аппаратов «Экспресс-АМ». На практике было доказано повышение качества и оперативности управления КА. На данный момент программное обеспечение разрабатывается в области универсальности и независимости общей структуры СПО ОТИ от платформы КА, создаваемых ОАО «ИСС», и средств, предоставляемых наземным комплексом управления.

Библиографический список

1. Спутниковые системы связи и вещания. 2007. Вып. 2. С прил. на CD-диске : науч. техн. справочно-аналит. изд. М. : Радиотехника, 2008.

2. Соловьев, Ю. А. Системы спутниковой навигации / Ю. А. Соловьев. М. : Эко-Трендз, 2000.

3. Бортовая телеметрическая аппаратура космических летательных аппаратов / С. М. Переверткин, А. В. Кантов, Н. Ф. Бородин, Т. С. Щербакова. М., 1977.

4. 14Ф136.ИЭ19. Ч.1. Изделие 14Ф136. Инструкция по обработке информации. Общие сведения по обработке информации. Железногорск, 2003.

5. Построение основного и резервного центров управления полетом орбитальной группировкой космических аппаратов гражданских спутниковых систем связи и вещания государственного назначения : эскиз. проект. Кн. 1. Организационно-техническое построение ЦУП и РЦУП. Железногорск, 2000.

6. Некрасов, М. В. Разработка концепций создания многопоточной системы обработки телеметрической информации в центрах управления полетом военного назначения / М. В. Некрасов, Д. Н. Пакман, А. Б. Вершин // Материалы науч.-техн. конф. молодых специалистов. Секция проектирования и управления космических аппаратов и систем. Железногорск, 2008. С. 103–108.

7. Пакман, Д. Н. Предложения по развитию информационно-телеметрического обеспечения в центре управления полетом космического аппарата в части мнемонического представления / Д. Н. Пакман, М. В. Некрасов, А. Б. Вершин // Материалы науч.-техн. конф. молодых специалистов. Секция проектирования и управления космических аппаратов и систем. Железногорск, 2008. С. 109–115.

D. N. Pakman, M. V. Nekrasov, A. N. Antamoshkin

THE PROBLEMS OF TELEMETRIC DATA PROCESSING IN THE LOOP OF SPACECRAFTS COMPUTER-AIDED CONTROL SYSTEM

The general structure of the spacecraft computer-aided control system and the problems of telemetric data processing in the loop of the computer-aided control system are considered. The ways of development and modernization of the telemetric data processing system for the spacecraft flight control center are suggested.

Keywords: control system, spacecraft, control center, telemetry.

УДК 519.21

Т. А. Ширяева

К ВОПРОСУ О ВРЕМЕНИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

Представлено решение вопроса о замене нормы пространства непрерывных функций C(K) некоторым ее приближением и об оценке погрешности этого приближения.

Ключевые слова: банаховы пространства, случайные поля.

Известно, что под сложной системой понимают совокупность функционально связанных разнородных устройств, предназначенных для выполнения определенных функций и решения стоящих перед системой задач [1]. Одной из важных характеристик работы системы является время ее безотказной работы. Часто эту характеристику считают случайной величиной [1; 2]. Но можно рассмотреть и другой подход: определить время безотказной работы системы как случайную функцию многих переменных $\xi(t_1, ..., t_d) = \xi(t)$, где $d = 1, 2, ...$, т. е. случайным полем [3]. Если использовать такую математическую модель, то для ее описания и исследования методов математического анализа оказывается недостаточно, приходится обращаться к методам функционального анализа. В частности, если предполагать, что случайное поле $\xi(x_1, ..., x_d)$ принадлежит пространству непрерывных функций $C(K)$, где $K = [0, 1]^d$ – d-мерный куб со стороной единичной длины из евклидова пространства K_d, то норма этого пространства

$$\left|\xi\right|_C = \max_{(t_1, ..., t_d)} \left|\xi(t_1, ..., t_d)\right|$$

не является дифференцируемой функцией ни по Фреше,

ни по Гато. Но чтобы оценить вероятности вида $P(|\xi|_C < r)$, где $r \in R_1$, требуется наличие дифференцируемости. Поэтому возникает необходимость заменить норму пространства $C(K)$ некоторым ее приближением и, соответственно, оценить погрешность этого приближения.

Пусть $X(t)$ – случайная функция банахова пространства $C(K)$ с указанной выше нормой. Рассмотрим следующий функционал, определенный с помощью n-мерного интеграла:

$$F(X) = \\ = \frac{1}{h}\ln\int\left(e^{hx(t)} + e^{-hx(t)}\right)dt = \frac{2}{h}\int \operatorname{ch}\, hx(t)dt, \qquad (1)$$

где $h > 0$.

Рассмотрим, насколько хорошо приближает этот функционал норму пространства $C(K)$. Не имея никаких дополнительных условий, на $X(t)$ найти оценку погрешности вряд ли возможно. Одной из наиболее доступных при наблюдении характеристик случайной функции являются ее приращения.

Поэтому естественным образом возникают условия на приращения функции $X(t)$. Пусть с вероятностью 1 случайная функция $X(t)$ удовлетворяет условию Гельдера:

$$|X(t) - X(s)| \le M|t-s|^{\alpha}, \qquad (2)$$

где некоторая константа $M > 0, 0 < \alpha < 1$.

Расстояние в R_d определено обычным образом:

$$|t-s| = \sqrt{\sum_{i=1}^{d}(t_i - s_i)^2}.$$

Тогда справедлива следующая оценка.

Теорема. Если $X(t)$ удовлетворяет условию (2) то:

$$-\frac{1}{h}\ln 2 \le |X|_C - F(X) \le \\ \le \frac{1}{h}\left(M + \frac{d}{\alpha}\ln h + \ln\Gamma\left(\frac{d}{2}+1\right) + \frac{2}{d}\ln\pi\right),$$

где $\Gamma(z) = \int_0^{\infty} x^{z-1}e^{-x}dx$ – гамма-функция, $\pi = 3{,}1415\ldots$

Доказательство

Оценим выражение $|X|_C - F(X)$ сверху и снизу. Сначала найдем оценку снизу:

$$|X|_C - F(X) = \\ = \frac{1}{h}\ln e^{h|X|_C} - \frac{2}{h}\ln\int \operatorname{ch}\, hX(t)dt = \\ = \frac{1}{h}\left(\int_K \frac{e^{hX(t)} + e^{-hX(t)}}{e^{h|X|_C}}dt\right)^{-1}.$$

Так как $\dfrac{e^{\pm hX(t)}}{e^{h|X|_C}} \le 1,$

то

$$|X|_C - F(X) \le 2\int_K dt = 2\ (K) = 2,$$

где $\mu(K)$ – мера множества, а $K = [0, 1]^d$. Функция $y = \ln x$ является возрастающей, поэтому

$$|X|_C - F(X) \le \frac{1}{h}\ln(2)^{-1} = -\frac{1}{h}\ln 2.$$

Найдем оценку сверху. Обозначим

$$I = \int_K e^{h(X(t)-|X|_C)}dt + \int_K e^{h(-X(t)-|X|_C)}dt.$$

Каждый из интегралов неотрицателен, поэтому I не менее каждого слагаемого.

Пусть t_0 – точка, где достигается значение максимума, т. е.

$$|X_0(t)| = \max_{t\in K}|X(t)| = |X|_C.$$

Так как $X(t)$ удовлетворяет условию (2), то

$$I_1 = \int_K e^{h(X(t)-X(t_0))}dt + \int_{|t-t_0|\le\delta} e^{-hM|t-t_0|^{\alpha}}dt.$$

Выберем «±» следующим образом: пусть

$$|t-t_0|^{\alpha} = \frac{1}{h}.$$

Тогда

$$\delta = |t-t_0|^{\frac{1}{\alpha}}.$$

Поэтому

$$I_1 = e^{-M}\mu\left\{t : |t-t_0| \le h^{-\frac{1}{\alpha}}\right\},$$

где $\mu(Q)$ – мера множества Q.

В данном случае

$$Q = \left\{t : |t-t_0| \le h^{-\frac{1}{\alpha}}\right\}$$

есть шар в евклидовом пространстве R_d с центром в точке t_0 и радиусом $h^{-\frac{1}{\alpha}}$.

Используя формулу объема шара в d-мерном пространстве, получаем следующее:

$$\mu(Q) = \frac{\pi^{\frac{d}{z}}}{\Gamma(\frac{d}{z}+1)}\cdot\left(h^{-\frac{1}{\alpha}}\right)^d,$$

где $\Gamma(z) = \int_0^{\infty} x^{z-1}e^{-x}dx$ – гамма-функция, $\pi = 3{,}1415926$ [4].

Поэтому

$$I_1 = e^{-M}\frac{\pi^{\frac{d}{z}}}{\Gamma(\frac{d}{z}+1)}\cdot h^{-\frac{d}{\alpha}}.$$

Тогда

$$|X|_C - F(X) \le \frac{1}{h}\ln\left(e^{-M}\frac{\pi^{\frac{d}{z}}}{\Gamma(\frac{d}{z}+1)}\cdot h^{-\frac{d}{\alpha}}\right)^{-1} = \\ = \frac{1}{h}\left(M + \frac{d}{2}\ln h + \ln\Gamma\left(\frac{d}{2}+1\right) + \frac{2}{d}\ln\pi\right).$$

Теорема доказана.

Обозначим

$$\varphi(h) = \frac{1}{h}\left(M + \frac{d}{2}\ln h + \ln\Gamma\left(\frac{d}{2}+1\right) + \frac{2}{d}\ln\pi\right).$$

Замечание 1. Если размерность пространства R_d есть четное число, т. е. $d = 2k$, $k = 1, 2, \ldots$, тогда

$$\Gamma\left(\frac{d}{2}+1\right) = k!.$$

Поэтому

$$\varphi(h) = \frac{1}{h}\left(M + \frac{2k}{\alpha}\ln h + \sum_{i=2}^{k}\ln l + \frac{1}{k}\ln\pi\right) \le \\ \le \frac{1}{h}\left(M + \frac{2k}{\alpha}\ln h + k\cdot\ln k - \frac{1}{k}\ln\pi\right).$$

Если размерность пространства R_d есть нечетное число, т. е. $d = 2k + 1$; $k = 0, 1, 2, ...$, то, используя следующее свойство гамма-функции [4]:

$$v\left(z+\frac{1}{2}\right)=\frac{\sqrt{\pi}}{2^{2z-1}}\cdot\frac{v(2z)}{\Gamma(z)},$$

получаем, что

$$\varphi(h)=\frac{1}{h}\left(\begin{array}{l}M+\dfrac{2k+1}{2}\ln h+(2k+1)\times\\ \times\ln(2k+1)-(k+2)+\left(\dfrac{1}{k}+\dfrac{1}{2}\right)\ln\pi\end{array}\right).$$

Замечание 2. В погрешности приближения нормы $|X|$ с случайного поля $X(t)$ параметры M, α, d являются фиксированными, исключением является параметр h. Очевидно, что чем больше h, тем лучше приближение.

Самое плохое приближение возможно при

$$h=e^{1-\frac{\alpha}{d}\left(M+\ln\Gamma\left(\frac{d}{2}+1\right)+\frac{2}{d}\ln\pi\right)}.$$

Библиографический список

1. Барзилович, Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем / Е. Ю. Барзилович. М. : Высш. шк., 1982.

2. Барзилович, Е. Ю. Вопросы математической теории надежности / Е. Ю. Барзилович, Ю. К. Беляев, В. А. Каштанов и др. М. : Высш. шк., 1983.

3 Ширяева, Т. А. О некоторых верхних вероятностных оценках в теории надежности вычислительных систем : дис. ... канд. физ.-мат. наук / Т. А. Ширяева. Красноярск, 2002.

4. Фихтенгольц, Г. М. Курс дифференциального исчисления : в 3 т. Т. 3 / Г. М. Фихтенгольц. СПб. : Лань, 1997.

T. A. Shiryaeva

TO THE PROBLEM ABOUT THE NON-FAILURE OPERATION TIME OF THE SOPHISTICATED SYSTEM

The problem solution of the replacement space norm of continuous functions C(K) by some its approximation and the error estimation of this approximation is presented.

Keywords: banach spaces, random fields.

УДК 621.313.3

В. И. Иванчура, В. В. Суханов, Н. А. Никулин

УРАВНЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ МНОГОФАЗНОГО ЛИНЕЙНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОПЕРЕЧНЫМ ПОТОКОМ

Приведены результаты теоретического исследования электромагнитного поля одностороннего линейного асинхронного двигателя с поперечным магнитным потоком на базе трехмерной модели с учетом пространственных гармоник. Получены аналитические зависимости дифференциальных параметров электромагнитного поля в функции геометрии и линейной токовой нагрузки двигателя с произвольным числом фаз.

Ключевые слова: линейный асинхронный двигатель, магнитный поток, индукция, электромагнитное поле, переменный ток, обмотка, фаза, многофазная система.

Стремление эффективного использования активного объема электрической машины требует совершенствования методов их расчета, в максимальной степени базирующихся на аналитических соотношениях, позволяющих наиболее полно исследовать взаимосвязи между геометрией машины и ее выходными характеристиками. Определение дифференциальных параметров электромагнитного поля (E, H) во всем объеме электрической машины с учетом ее конструктивной анизотропии дает более точные расчеты.

При аналитическом исследовании электромагнитного поля в линейных асинхронных машинах используется математическая модель машины в виде совокупности сплошных ортотропных сред. Для большинства линейных асинхронных двигателей (ЛАД) могут быть определены следующие характерные зоны: активный слой индуктора, воздушный зазор, сплошная проводящая среды [1–3]. Размеры зон при выбранной системе координат не зависят от числа фаз моделируемой машины.

Практика создания индукционных машин показывает, что фактически во всех случаях пазы статора остаются открытыми. Дискретное размещение обмоток в открытых пазах статора создает в рабочем зазоре наряду с основной гармоникой поля также определенное количество высших пространственных гармоник [4].

С помощью модели бесконечно длинного и широкого индуктора определим характер распределения магнитного поля основной и высших пространственных гармо-

ник в рабочем зазоре. Что касается последних, то даже такая короткая машина, как двухполюсная, имеет по длине для пятой гармоники 10 полюсов, для седьмой – 14 и т. д., т. е. для определения поля, создаваемого высшими пространственными гармониками, приближение бесконечно длинной машины оказывается достаточным.

Реальный m-фазный индуктор состоит из mn отдельных электромагнитов, где m – число фаз, n – число элементов в одной фазе. Каждый электромагнит может иметь обмотку в виде катушек, охватывающих сердечник только одного элемента (сосредоточенная обмотка), или в виде отдельных катушек, охватывающих несколько элементов (распределенная обмотка). Бегущее магнитное поле создается с помощью подключения обмотки к соответствующим фазам сети (инвертора). Количество фаз многофазных линейных асинхронных двигателей можно представить как $m = m(\delta, h) = 2^{\delta}(2h + 1)$; $\delta, h = 0, 1, 2, \ldots$ и выделить три вида числа фаз: $m(\delta = 0, h \neq 0)$ – нечетное; $m(\delta \neq 0, h = 0)$ – четное; $m(\delta \neq 0, h \neq 0)$ – четно-нечетное. По конструктивному исполнению многофазные асинхронные двигатели делятся на симметричные и несимметричные, что определяется расположением фазных обмоток на статоре. Целесообразность введения несимметрии объясняется следующими причинами. В общем случае двигатель может быть выполнен симметричным при любом числе фаз. Однако такое исполнение с четно-нечетным числом фаз не оптимально по пульсациям тягового усилия при несинусоидальном напряжении. Для двигателей с такими числами фаз оптимально несимметричное исполнение. Симметричное исполнение оптимально только для двигателей с нечетным и четным числами фаз.

Для индуктора с $q = 1$ характерно то, что токи, текущие в любых расположенных рядом элементах, различаются по фазе на постоянный угол. Этот угол, в принципе, может быть произвольным, но, поскольку ширина фазной зоны в реальных индукторах может составлять только 60, 90 и 120, будем считать, что упомянутый угол сдвига фазы равен $2\pi/m$.

Система токов представляет собой суперпозицию из m подсистем при условии, что каждая следующая подсистема сдвинута вдоль оси x на расстояние $2\tau/m$ и переменный ток, протекающий в относящихся к ней проводниках, сдвинут по фазе на угол $2\pi/m$:

$$\Delta = \frac{wIe^{j\omega t}}{p\tau} \times \times \sum_{k=1}^{m} e^{j\frac{2\pi(k-1)(n\pm1)}{m}} \left(\frac{1}{2} + \sum_{k=1}^{m} \cos n\beta_x \left(x + \frac{2k\tau}{m}\right)\right). \quad (1)$$

Множитель $\sum_{k=1}^{m} e^{j\frac{2\pi(k-1)(n\pm1)}{m}}$ в зависимости от n и m имеет следующие значения:

$$\sum_{k=1}^{m} e^{j\frac{2\pi(k-1)(n\pm1)}{m}} = = \begin{cases} m \to [n \pm 1] = am, \\ 0 \to [n \pm 1] \neq am \end{cases} a = 0, 1, 2, 3, \ldots . \quad (2)$$

Анализ (2) показывает, что при $m > 4$ отдельные группы гармоник приобретают принципиально новые свойства, отличающие их от гармоник в системах $m \leq 4$. При питании симметричной трехфазной нагрузки, соединенной в звезду без нулевого провода, симметричной системой напряжений в фазных токах и напряжениях присутствуют только гармоники прямой и обратной последовательностей, составляющие класс синхронных гармоник [5].

В системах с $m > 4$ гармоники фазных напряжений и токов по их свойствам делятся на три класса:

– синхронные: $n = adm + \nu$;

– асинхронные: $[(a-1)dm + 2] < (n \neq ac) < (adm - 2)$;

– сквозные: $n = ac$,

где $d = 1$ для четных m; $d = 2$ для нечетных m; $c = m/2b$ – целое число; $a, b = 0, 1, 2, \ldots$; $\nu = \pm 1$. Свойства гармоник каждого класса выявляются из анализа их операторов фазовых смещений $a(n, m, k) = 2\pi n(k-1)/m$ с учетом (2).

Для синхронных гармоник $a(n, m, k) = \nu 2\pi(k-1)/m$, откуда следует, что они имеют чередование фаз, совпадающее с прямым ($\nu = +1$) или обратным ($\nu = -1$) чередованием фаз на первой гармонике. То есть класс синхронных составляют гармоники прямой и обратной последовательностей, в том числе и первая. Поля, создаваемые ими, движутся в пространстве синхронно с их частотой в прямом и обратном направлениях.

Чередование фаз на асинхронных и первой гармониках не совпадают. Например, в пятифазной системе чередование фаз на третьих гармониках 1–3–5–2–4. Это явление приводит к тому, что поля, создаваемые асинхронными гармониками, вращаются в пространстве в прямом или обратном направлениях не синхронно с их частотой, а на одном периоде частоты совершают более одного оборота. Синхронные и асинхронные гармоники присутствуют в спектрах при любом $m > 4$.

Существование сквозных гармоник возможно только при четно-нечетном $m = 2^{\delta}(2h + 1)$ в нерасщепленных системах. Порядок этих гармоник может быть представлен выражением $n = am/2^{\delta}$, с учетом которого $a(n, m, k) = a\pi(k-1)/(2^{\delta}/2)$. Из последнего выражения видно, что в $2^{\delta}/2$ симметричных $(2h + 1)$-фазных подсистемах операторы фазовых смещений отличаются на 180° от операторов в других $2^{\delta}/2$-подсистемах. Причем во всех фазах одной подсистемы сквозные гармоники имеют разные операторы. Эта особенность приводит к тому, что результирующее поле, создаваемое каждой сквозной гармоникой в m-фазной системе, равно нулю.

Выражение (1) можно упростить следующим образом:

$$\Delta = \frac{wmI}{p\tau} e^{j\omega t} \times \times \left(e^{-j\beta_x x} + \sum_{\nu=1}^{\infty} \left(e^{-j(1-\nu m)\beta_x x} + e^{-j(1+\nu m)\beta_x x}\right)\right). \quad (3)$$

Как видно, разложение линейной токовой нагрузки рассматриваемого индуктора в ряд Фурье содержит пространственные гармоники не со всеми номерами, а только с $\nu m - 1$ и $\nu m + 1$, $(\nu \geq 1)$. Показатель степени у экспоненты в (3) для гармоник с номерами $\nu m - 1$ отрицательный. Это означает, что данные гармоники бегут в положительном направлении оси x. Гармоники с номерами $\nu m + 1$ бегут в отрицательном направлении оси x.

Токовый слой имеет пространственно-периодическое распределение линейной нагрузки по двум взаимно перпендикулярным направлениям (рис. 1). Он распределен

синусоидально, бежит вдоль оси *x* и имеет синусоидальное распределение вдоль оси *z*.

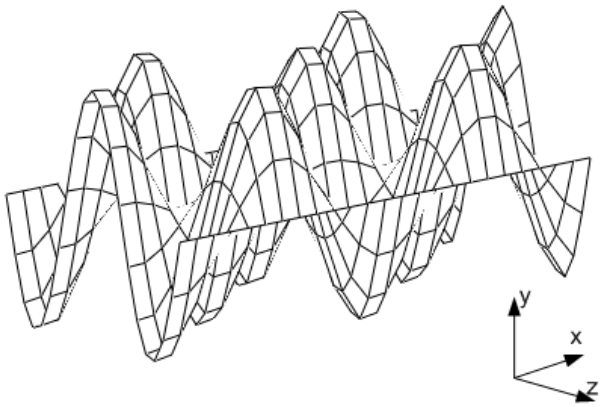


Рис. 1. Распределение линейной нагрузки

То есть описывается следующим уравнением:

$$\Delta = \frac{wmI}{p\tau} e^{j\omega t} \times \times (e^{-j\beta_x x} + \sum_{\nu=1}^{\infty} (e^{-j(1-\nu m)\beta_x x} + e^{-j(1+\nu m)\beta_x x})) \cos\beta_z z. \quad (4)$$

Расчетная модель линейной индукционной машины с поперечным магнитным потоком представлена на рис. 2. При построении расчетной модели приняты основные допущения: сердечник индуктора моделируется бесконечно длинной в поперечном и продольном направлениях средой с μ_{-3} и ρ_3; на поверхности сердечника расположен бесконечно тонкий токовый настил с линейной плотностью (4); система координат жестко связана с индуктором, который отстоит от электропроводного рабочего тела на расстоянии δ; вторичный элемент представлен, как твердое тело с параметрами μ_{-2} и $\rho_2 = \infty$, который движется со скоростью υ в направлении бегущего электромагнитного поля, создаваемого индуктором; среда 1 представляет собой воздушный зазор с параметрами $\mu_{-1} = \mu_{-0}$ и $\rho_1 = 0$.

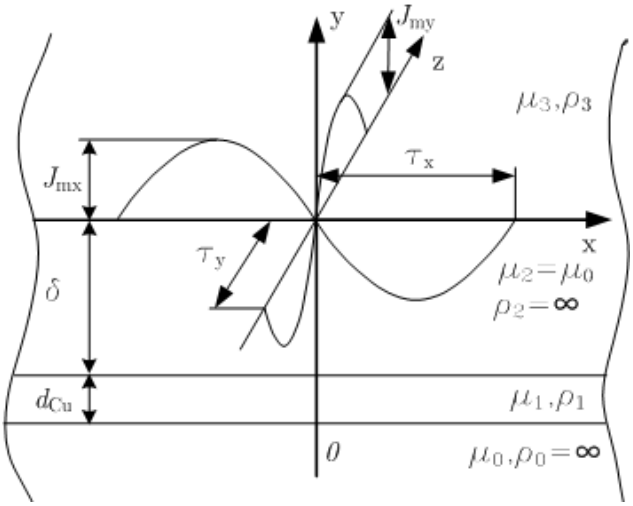


Рис. 2. Математическая модель одностороннего ЛАДПП

При заданном пространственно-временном законе изменения линейной токовой нагрузки, электромагнитное поле в любой области машины описывается уравнениями Максвелла:

$$\text{rot}\, H = J, \quad (5)$$

$$\text{rot}\, E = -\frac{\partial B}{\partial t}, \quad (6)$$

$$\text{div}\, B = 0, \quad (7)$$

$$B = \mu_0 H. \quad (8)$$

Ток определяется из уравнения

$$J = \gamma E. \quad (9)$$

Вводя вектор-потенциал *A*, получим

$$B = \text{rot}\, A. \quad (10)$$

Из (6) и (10) следует

$$E = -\frac{\partial A}{\partial t}. \quad (11)$$

Если вектор-потенциал выбран из условия $\text{div} A = 0$, то из (5) и (10) получим

$$C^2 A = -\mu J. \quad (12)$$

Подставляя значения *J* из (9) и *E* из (11) в уравнение (12), получим

$$C^2 A = -\mu \frac{dA}{dt}. \quad (13)$$

Это основное уравнение поля записано для вектор-потенциала *A* движущейся среды.

Скорость вторичного элемента имеет только одну составляющую по оси *x*, поэтому можно записать

$$\frac{dA}{dt} = \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial A}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial t} = \frac{\partial A}{\partial t} + \upsilon \frac{\partial A}{\partial x}. \quad (14)$$

Из уравнений (13) и (14) получим

$$\nabla^2 A = \mu\gamma \frac{\partial A}{\partial t} + \upsilon\mu\gamma \frac{\partial A}{\partial x}. \quad (15)$$

В данном уравнении υ – скорость движения вторичного элемента в направлении оси *x*. Считаем, что токи индуктора и вторичного элемента не имеют *y*-составляющей. Следовательно, можно допустить, что вектор-потенциал, обусловленный указанными токами, также не будет иметь ψ-составляющей [4; 5]

$$\frac{\partial^2 A_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 A_x}{\partial z^2} = = \mu\gamma \frac{\partial A_x}{\partial t} + \upsilon\mu\gamma \frac{\partial A_x}{\partial x}, \quad (16)$$

$$\frac{\partial^2 A_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 A_z}{\partial z^2} = = \mu\gamma \frac{\partial A_z}{\partial t} + \upsilon\mu\gamma \frac{\partial A_z}{\partial x}. \quad (17)$$

Общие решения уравнений для вектор-потенциала получим в следующем виде:

$$A_{1x}(x,y,z) = j\frac{wmI}{2p\tau}\mu_2 \times \times \sum_{\nu=0}^{\infty} [\frac{1}{\beta_{2n}} \frac{U_n}{K_n} \frac{\beta_z}{n\beta_x} e^{-jn\beta_x x}]_{n=\nu m\pm 1} \sin\beta_z z, \quad (18)$$

$$A_{1z}(x,y,z) = \frac{wmI}{2p\tau}\mu_2 \times \times \sum_{\nu=0}^{\infty} [\frac{U_n}{K_n} e^{-jn\beta_x x}]_{n=\nu m\pm 1} \cos\beta_z z. \quad (19)$$

Общие решения уравнений для напряженностей электрического поля получим в следующем виде:

$$E_{1x} = \omega \frac{wmI}{2p\tau} e^{j\omega t} \mu_2 \times$$
$$\times \sum_{\nu=0}^{\infty} [\frac{1}{\beta_{2n}} \frac{U_n}{K_n} \frac{\beta_z}{n\beta_x} e^{-jn\beta_x x}]_{n=\nu m\pm 1} \sin \beta_z z, \quad (20)$$

$$E_{1z} = -j\omega \frac{wmI}{2p\tau} e^{j\omega t} \mu_2 \times$$
$$\times \sum_{\nu=0}^{\infty} [\frac{1}{\beta_{2n}} \frac{U_n}{K_n} e^{-jn\beta_x x}]_{n=\nu m\pm 1} \cos \beta_z z. \quad (21)$$

Общие решения уравнений для напряженностей магнитного поля получим в виде

$$H_{1x} = \frac{wmI}{2p\tau} e^{j\omega t} \frac{\mu_2}{\mu_1} \times$$
$$\times \sum_{\nu=0}^{\infty} [\frac{1}{\beta_{2n}} \frac{U'_n}{K_n} e^{-jn\beta_x x}]_{n=\nu m\pm 1} \cos \beta_z z, \quad (22)$$

$$H_{1y} = j \frac{wmI}{2p\tau} e^{j\omega t} \frac{\mu_2}{\mu_1} \times$$
$$\times \sum_{\nu=0}^{\infty} [\frac{1}{\beta_{2n}} \frac{U_n}{K_n} \frac{n^2\beta_x{}^2 + \beta_z{}^2}{n\beta_x} e^{-jn\beta_x x}]_{n=\nu m\pm 1} \cos \beta_z z, \quad (23)$$

$$H_{1z} = -j \frac{wmI}{2p\tau} e^{j\omega t} \frac{\mu_2}{\mu_1} \times$$
$$\times \sum_{\nu=0}^{\infty} [\frac{1}{\beta_{2n}} \frac{U'_n}{K_n} e^{-jn\beta_x x}]_{n=\nu m\pm 1} \sin \beta_z z, \quad (24)$$

где

$$K_n = (\mathrm{sh}\, \beta_{2n}(a-b) + \frac{\beta_{0n}\mu_2}{\beta_{2n}\mu_0})\mathrm{ch}\, \beta_{1n} b +$$
$$+ (\frac{\beta_{0n}\mu_1}{\beta_{1n}\mu_0} \mathrm{sh}\, \beta_{2n}(a-b) +$$
$$+ \frac{\beta_{1n}\mu_2}{\beta_{2n}\mu_1} \mathrm{ch}\, \beta_{2n}(a-b))\mathrm{sh}\, \beta_{2n} b,$$

$$U_n = \mathrm{ch}\, \beta_{1n} y + \frac{\beta_{0n}\mu_1}{\beta_{1n}\mu_0} \mathrm{sh}\, \beta_{1n} y,$$

$$\beta_{0n} = \sqrt{n^2\beta_x{}^2 + \beta_z{}^2 + j\omega_n \mu_0 \gamma_0},$$

$$\beta_{1n} = \sqrt{n^2\beta_x{}^2 + \beta_z{}^2 + j\omega_n \mu_1 \gamma_1 s_n},$$

$$\beta_{2n} = \sqrt{n^2\beta_x{}^2 + \beta_z{}^2 + j\omega_n \mu_2 \gamma_2}.$$

Для каждой гармоники будет свое скольжение, поскольку скорость распространения поля, соответствующего различным гармоникам, различна.

Для оценки линейного двигателя решающее значение имеет тяговое усилие, т. е. сила, действующая на подвижный элемент в направлении движения главного поля.

$$F = \iiint_V (J \times B) dV. \quad (25)$$

Принятый метод определения дифференциальных параметров электромагнитного поля позволяет получить аналитические зависимости всех этих параметров в функции геометрии и нагрузки ЛАД с произвольным числом фаз. Результаты расчетов, выполненные для номинального режима при пересчете параметров ЛАДПП при сохранении потребляемой мощности, представлены на рис. 3.

Увеличение числа фаз приводит к улучшению качества установившихся электромагнитных процессов и механических характеристик двигателя при неизменном исполнении вторичного элемента.

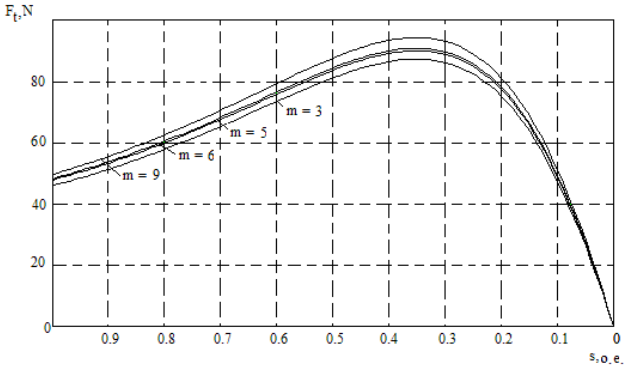


Рис. 3. Электромеханические характеристики для различных *m*

Тяговое усилие девятифазной машины увеличивается на 8,7 % по сравнению с трехфазной. При дальнейшем увеличении числа фаз улучшение характеристик незначительно.

Тяговое усилие создается лишь теми гармониками токов статора и вторичного элемента, которые участвуют в формировании тягового усилия, т. е. в обмене энергии между статором и вторичным элементом ЛАД. С увеличением числа фаз системы возрастает частота, а следовательно, уменьшается амплитуда как синхронных гармоник ЭДС и токов, так и пульсаций тягового усилия.

Также расщепление многофазной системы на симметричные подсистемы существенно улучшает качество установившихся электромагнитных процессов в ЛАД, так как из спектров фазных токов исключаются гармоники, кратные числу фаз в симметричной подсистеме. Исключаемые гармоники являются асинхронными (если число фаз нечетное) и сквозными (если число фаз четно-нечетное). Например, при расщеплении систем с числом фаз, кратным трем, на симметричные трехфазные подсистемы из спектров исключаются гармоники, кратные трем.

Библиографический список

1. Веселовский, О. Н. Линейные асинхронные двигатели / О. Н. Веселовский, А. Ю. Коняев, Ф. Н. Сарапулов. М. : Энергоатомиздат, 1991.

2. Ямамура, С. Теория линейных асинхронных двигателей : пер. с англ. / С. Ямамура. Л. : Энергоатомиздат., Ленингр. отд-ние, 1983.

3. Бражников, В. Ф. Метод анализа асинхронных многофазных двигателей с произвольным расположением обмоток при несинусоидальном напряжении питания / В. Ф. Бражников, В. И. Иванчура, Б. П. Соустин // Автоматизированные электромеханические системы. Новосибирск : НЭТИ, 1980.

4. Калнинь, Т. К. Линейные индукционные машины с поперечным магнитным потоком / Т. К. Калнинь. Рига : Зинатне, 1980.

5. Вольдек, А. И. Основы теории и методики расчета характеристик линейных асинхронных машин / А. И. Вольдек, Е. В. Толвинская // Электричество. 1975. № 9. С. 29–36.

V. I. Ivanchura, V. V. Suhanov, N. A. Nikulin

EQUATIONS OF THREE DIMENSION ELECTROMAGNETIC FIELD MODEL OF MULTIPHASE LINEAR INDUCTION MOTOR WITH TRANSVERSE FLUX

Theoretical research of an electromagnetic field of the single-sided multiphase linear induction motor with transverse flux on the basis of three-dimensional model are presented. Analytical dependencies and the differential parameters of the electromagnetic field in terms of geometry and motor linear current density with arbitrary number of phases are received.

Keywords: linear induction motor, magnetic flux, induction, electromagnetic field, alternating current, wind, phase, multiphase system.

УДК 621.393.3

С. С. Абрамов, Е. В. Кулясов, Е. В. Малинкин, В. Б. Малинкин, В. И. Панарин

ИНВАРИАНТНЫЙ МЕТОД С АСИММЕТРИЧНОЙ СТРУКТУРОЙ ПОСТРОЕНИЯ ЭХО-КОМПЕНСАТОРА

Синтезирована структура инвариантного эхо-компенсатора второго порядка с защитным временным интервалом. Приведены элементы управления подобным эхо-компенсатором. Приведен расчет основных технических характеристик.

Ключевые слова: эхо-компенсаторы, моделирование параметров, инвариантный.

Для решения проблемы «последней мили» используются многочисленные эхо-компенсаторы, принцип работы которых основан на моделировании параметров неизвестной системы. Такой принцип обработки информационных сигналов имеет ряд положительных и отрицательных сторон. Среди существенных отрицательных моментов работы подобных алгоритмов следует считать сложность их реализации в реальном масштабе времени при организации высокоскоростного дуплексного обмена, а также критичность их работы от корреляционных связей сигналов двух направлений.

Другим подходом в построении адаптивных эхо-компенсаторов является использование инвариантных соотношений, являющихся неизменными при изменении геометрических координат в выбранном пространстве.

Инвариантные методы построения эхо-компенсаторов позволили избавиться от серьезного недостатка работы классических эхо-компенсаторов. Технические характеристики инвариантных эхо-компенсаторов не зависят от корреляционных связей сигналов двух направлений.

Однако в подобных эхо-компенсаторах используются зеркально симметричные структуры и необходимо применять особые меры для устойчивой работы рекурсивных цепей.

Данная работа является продолжением исследования в области построения инвариантных эхо-компенсаторов и направлена на синтез устойчивых инвариантных алгоритмов эхо-компенсации.

Постановка задачи. Имеется канал связи, отвечающий условию стационарности. Полоса пропускания канала связи ограничена нижней и верхней частотами. В качестве эхо-компенсатора используются инвариантные алгоритмы эхо-компенсации, включающие зеркально-симметричные структуры. Необходимо синтезировать инвариантный алгоритм эхо-компенсации, не требующей дополнительных мер к устойчивой работе.

Теория. В работах [1; 2] приведены алгоритмы функционирования инвариантных эхо-компенсаторв с защитным и без защитного временных интервалов. Суть этих алгоритмов основана на использовании инвариантного соотношения энергетических спектров. При синтезе инвариантного эхо-компенсатора с защитным временным интервалом использовался инвариант, равный [1]

$$\frac{S_i(z)}{S_{i-1}(z)} = \frac{\Pi_i(z)}{\Pi_{i-1}(z)}, \qquad (1)$$

где $S_i(z)$, $S_{i-1}(z)$ – z-изображение сигнала передачи соответственно на i-м и $(i-1)$ блоках обработки; $\Pi_i(z)$, $\Pi_{i-1}(z)$ – z-изображение эхо-сигнала соответственно на i-м и $(i-1)$ блоках обработки.

При построении инвариантного алгоритма работы эхо-компенсатора без защитного временного интервала параллельно передающему устройству включен дополнительный, физически реализуемый четырехполюсник [2]. В работе [3] доказано, что если на входы параллельно работающих четырехполюсников подается одинаковое возмущающее воздействие, то отношение энергетических спектров, вычисленных на соседних блоках обработки на выходах указанных выше четырехполюсников, есть величина постоянная, т. е. является инвариантом.

В первом и втором случаях сама структура эхо-компенсатора, включенного перед приемным устройством, представляет собой зеркально симметричный четырехполюсник с передаточной характеристикой, равной

$$H(z) = \frac{1 - M_i(z) \cdot z^{-1}}{1 - M_i(z) \cdot c \cdot z^{-1}}, \quad (2)$$

где $M_i(z)$ – z-изображение управляющего коэффициента на i-м блоке обработки; $c < 1$ – дополнительный аттенюатор, включенный в рекурсивную цепь.

Если реализуется алгоритм эхо-компенсации с защитным временным интервалом, то $M_i(z)$ равно

$$M_i(z) = \frac{S_i(z)}{S_{i-1}(z)}. \quad (3)$$

Если реализован алгоритм эхо-компенсации без защитного временного интервала, то $M_i(z)$ равен:

$$M_i(z) = \frac{Q_i(z)}{Q_{i-1}(z)}. \quad (4)$$

В выражениях (3) и (4) приняты следующие обозначения:

$M_i(z)$ – z-изображение управляющего коэффициента на i-м блоке обработки;

$S_i(z)$ – z-изображение сигнала передачи на i-м блоке обработки;

$Q_i(z)$ – z-изображение сигнала, наблюдаемого на выходе дополнительного четырехполюсника, если на его вход подан сигнал $S_i(z)$.

Из теории цифровой фильтрации известно, что физически реализуемый цифровой фильтр по выражению (2) должен иметь полюс, лежащий внутри единичного круга на z плоскости [4]. Отсюда следует, что

$$M_i(z) < 1. \quad (5)$$

Для достижения условия (5), в работах [1; 2] использовались нормирующие четырехполюсники, которые были включены на информационные и управляющие входы самого эхо-компенсатора.

Однако устойчивость рекурсивной структуры любого цифрового фильтра можно обеспечить путем преобразования ее в нерекурсивную структуру.

Преобразуем передаточную рекурсивную характеристику, описываемую выражением (2) в нерекурсивную структуру:

$$\frac{1}{1 - M_i(z) \cdot c \cdot z^{-1}} = \sum_{j=0}^{K-1} \left[M_{i-j}(z) \right] \cdot z^{-j} \cdot c^j, \quad (6)$$

где $M_i(z)$ – z-изображение управляющего коэффициента на i-м блоке обработки; k – число сигналов во вновь синтезированной нерекурсивной структуре цифрового фильтра.

Структура инвариантного эхо-компенсатора первого порядка, использующая в своей работе два нерекурсивных цифровых фильтра приведена на рис. 1.

Впервые такое преобразование приведено в [5].

В первом цифровом фильтре производится компенсация эхо-сигналов. Наряду с компенсацией эхо-сигналов, в этом цифровом фильтре одновременно производится преобразования сигналов приема.

Во второй части синтезированной структуры производится восстановление сигнала приема.

Следует отметить, что синтезированная структура представляет собой однородный цифровой фильтр [4].

У двух каскадно-соединенных нерекурсивных цифровых фильтров фазочастотная характеристика будет линейной [4].

Технические характеристики. Для определения величины собственного шума необходимо знать импульсные реакции первого и второго цифровых фильтров. Импульсные реакции $h_1(nT)$ и $h_2(nT)$ необходимо определить при единичном сигнале управления $(M_i(z) = 1)$. При других значениях сигнала управления импульсные реакции линейно изменяются.

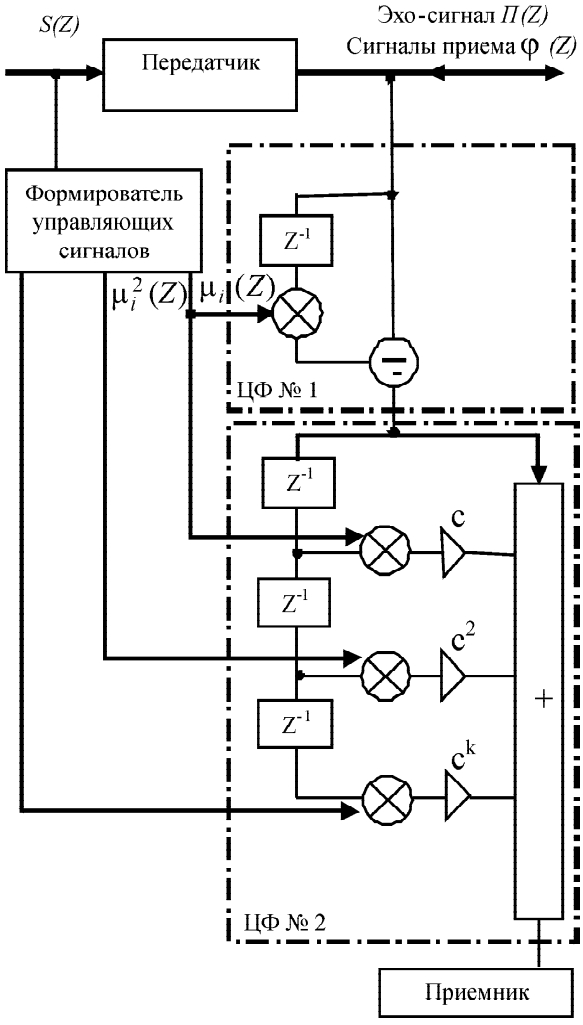


Рис. 1. Инверторный ассиметричный эхо-компенсатор

Тогда

$$h_1(nT) = \{ 1 \ -1 \},$$
$$h_2(nT) = \{ 1, c, c^2, ..., c^k \} = c^n.$$

Общая импульсная реакция всего эхо-компенсатора определяется сверткой:

$$h_\Sigma(nT) = h_1(nT) \cdot h_2(nT) = c^n - c^{n-1}, \quad (7)$$

где $c < 1$ – коэффициент передачи аттенюатора.

Мощность собственных шумов определяется известным соотношением

$$\sigma^2 = \frac{\Delta_0^2}{12} \sum_{n=0}^{K-1} h_\Sigma^2(nT) + \frac{\Delta_0^2}{12} \sum_{j=0}^{K-1} \sum_{n=0}^{K-1} h_{\Sigma j}^2(nT), \quad (8)$$

где Δ – шаг квантования в эхо-компенсаторе; Δ_0 – шаг квантования входного информационного слова; $h_\Sigma(nT)$ – определена выражением (7); $h_{\Sigma j}(nT)$ – импульсная реакция от j-го источника шума (j-й ветви) до выхода; K – число отводов в ЦФ2.

Для упрощения расчетов будем полагать что $\Delta_0 = \Delta$, $h_\Sigma(nT) = h_{\Sigma j}(nT)$. Тогда величина собственного шума определяется как

$$\sigma^2 = \frac{\Delta^2}{12}(K+1)\sum_{n=0}^{K-1} h_\Sigma^2(nT) = \\ = \frac{\Delta_0^{\ 2}}{12}(K+1)\sum_{n=0}^{K-1}(c^n - c^{n-1})^2. \quad (9)$$

Но

$$\sum_{n=0}^{K-1}(c^n - c^{n-1})^2 = \sum_{n=0}^{K-1} c^{2n}(1-\frac{1}{c})^2 = (1-\frac{1}{c})^2 \cdot \frac{c^{2k}-1}{c^2-1}.$$

Тогда общая формула расчета величины собственного шума при указанных выше ограничениях будет равна

$$\sigma^2 = \frac{\Delta_0^2}{12}(K+1)\cdot(1-\frac{1}{c})^2 \cdot \frac{c^{2k}-1}{c^2-1}. \quad (10)$$

Таким образом, синтезирован инвариантный асимметричный эхо-компенсатор и найдено аналитическое выражение для расчета собственных шумов.

Синтезированный алгоритм может быть широко применен в телекоммуникационном оборудовании для борьбы с эхо-сигналом.

Библиографический список

1. Левин, Д. Н. Инвариантный эхо-компенсатор с защитным временным интервалом / Д. Н. Левин, В. Б. Малинкин, С. С. Абрамов // Электросвязь. 2008. № 2. С. 48–49.

2. Малинкин, В. Б. Инвариантный эхо-компенсатор без защитного временного интервала и его характеристики / В. Б. Малинкин, С. С. Абрамов, Д. Н. Левин // Научный вестник НГТУ. 2007. № 2. С. 25–29.

3. Малинкин, В. Б. Инвариантные компенсаторы помех / В. Б. Малинкин, Д. Н. Левин, С. С. Абрамов. Красноярск, 2006.

4. Гольдеберг, Л. М. Цифровая обработка сигналов / Л. М. Гольдберг, Б. Д. Матюшкин, М. Н. Поляк. М. : Радио и связь, 1990.

5. Малинкин, В. Б. Повышение помехоустойчивости модифицированных фильтров Калмана в относительных компенсационных методах : дис. ... д-ра техн. наук / В. Б. Малинкин. Омск, 2003.

S. S. Abramov, E. V. Kulyasov, E. V. Malinkin, V. B. Malinkin, V. I. Panarin

INVARIANT METHOD WITH ASYMMETRIC STRUCTURE OF THE ECHO-COMPENSATOR BUILDING

The structure of the invariant echo-compensator of the second order with the defensive temporary interval is sunthesized. The elements to control such a echo-compensator and calculation of the main technical features are given.

Keywords: echo-compensator, parameters modeling, invariant.

УДК 621.3.063.8 (07)

М. Н. Петров, Д. Г. Михайлов

АНАЛИЗ НАГРУЗКИ НА СОТОВОЙ СЕТИ СТАНДАРТА GSM В г. КРАСНОЯРСКЕ

Современное развитие систем телекоммуникации характеризуется переходом на мобильные системы сотовой связи. В г. Красноярске такие системы появились недавно. Услуги сотовой связи представляют компании «ЕТК», «МТС», «Мегафон», «Билайн». Число абонентских номеров значительно превысило число стационарных. Мобильные системы имеют ряд особенностей в отличие от систем стационарных, поэтому результаты теории телетрафика не могут быть в полной мере применены к анализу, проектированию и расчету мобильных систем. Для учета специфических особенностей необходимо проводить анализ статистических данных для выяснения закономерностей изменения нагрузки.

Ключевые слова: сотовая, сеть, нагрузка, потери, обслуживание.

Для повышения эффективности работы сотовой сети необходимо постоянно анализировать интенсивность нагрузки. По результатам анализа должны вноситься коррективы в топологию построения сети с целью адаптации под условия эксплуатации.

Нагрузка, поступающая от абонентов – это основной параметр при работе сети сотовой связи. Данный параметр определяет, в каком объеме необходимо устанавливать коммутационное оборудовании (а также линейное и управляющее). Статистическое изучение количества занятых телефонных каналов и направлений на этапе эксплуатации дает возможность определить перспективы по загрузки коммутатора исходящим и входящим трафиком, и, делая из этого выводы, принимать решения о наращивании номерной емкости.

Уменьшение качества и скорости передачи в сотовой сети обусловлено, в основном, двумя факторами:

– недостаточностью производственных мощностей, способных обеспечить передачу поступающих объемов сообщений;

– несоответствием уровня производственной мощности в различные периоды времени уровню поступающей нагрузки вследствие ее неравномерности.

Следовательно, коммутационный узел должен располагать запасом мощности для обслуживания телефонных разговоров в час наибольшей нагрузки (ЧНН), так как ее поступление не является равномерным.

Интенсивность нагрузки коммутационных систем и сетей связи, измеренная 15-минутным или получасовым интервалом, обладает резко выраженной нестационарностью. Она меняется по месяцам года, дням недели и часам суток. Особенно значительны изменения интенсивности нагрузки в пределах суток. Обусловлено это нестационарностью поступающего потока вызовов. Средняя длительность обслуживания одного вызова имеет более стабильный характер и менее подвержена колебаниям.

Неравномерность нагрузки по часам суток и дням недели обусловлена режимом деловой и культурной жизни людей, временем работы госпредприятий, учреждений и организаций, ритмом городской жизни (начало и конец рабочего дня, время обеденного перерыва), программами телевидения (во время трансляции праздничных концертов, кинофильмов и спортивных соревнований нагрузка обычно снижается, часто довольно заметно, и резко повышается по окончании передачи), днями недели и числами месяца (обычно в конце месяца нагрузка несколько выше, чем в начале), а также различными факторами, присущими предприятиям связи, различием поясного времени, изменением потоков обмена по отдельным направлениям и мн. др.

Практически эта работа ведется на всех крупных узлах связи, однако на средних и небольших узлах этими вопросами занимаются недостаточно, что наносит существенный ущерб качеству и ведет к непроизводительным затратам трудовых ресурсов.

Базовая станция № 1

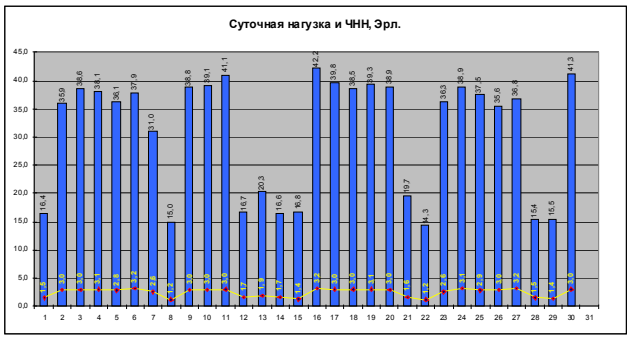


Рис. 1. Изменение нагрузки за сутки в диапазоне 900 МГц, сектор 1

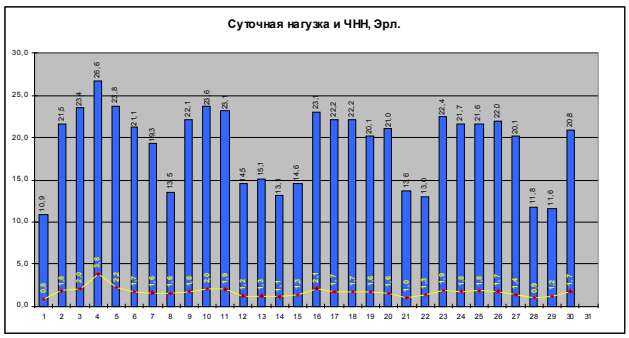


Рис. 2. Изменение нагрузки за сутки в диапазоне 900 МГц, сектор 2

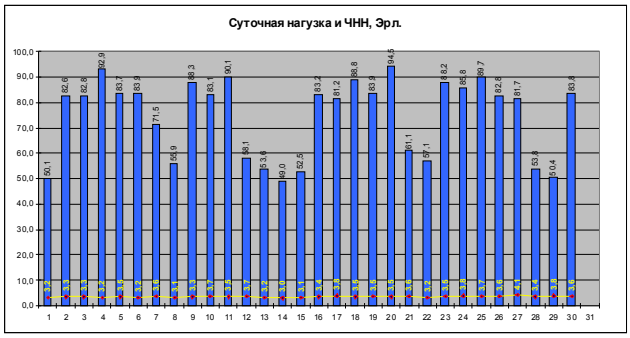


Рис. 3. Изменение нагрузки за сутки в диапазоне 900 МГц, сектор 3

Базовая станция № 2

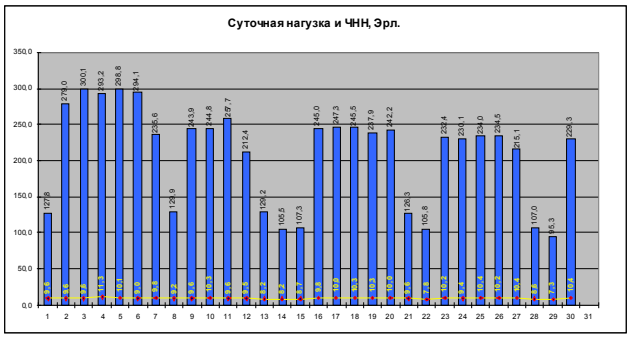


Рис. 4. Изменение нагрузки за сутки в диапазоне 900 МГц, сектор 1

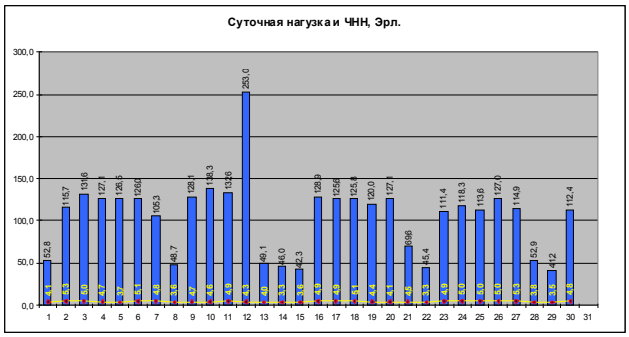


Рис. 5. Изменение нагрузки за сутки в диапазоне 900 МГц, сектор 2

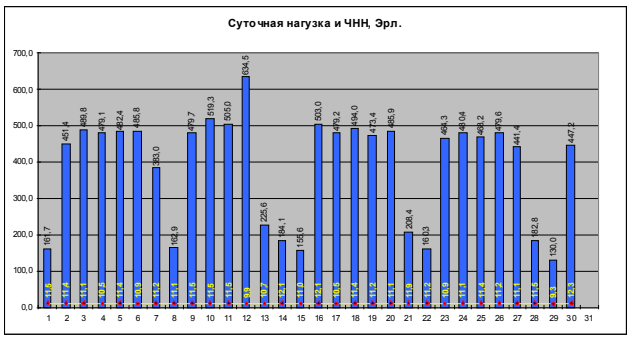


Рис. 6. Изменение нагрузки за сутки в диапазоне 900 МГц, сектор 3

Рассмотрим графики месячного распределения интенсивности нагрузок в Эрлангах (Эрл.), по up-link и down-link на примере двухдиапазонных трехсекторных базовых станций. Результаты за период с 1 июня по 30 июня 2008 г. представлены на рис. 1–12.

Базовая станция № 2 находится в центральном районе города. В данном случае она обеспечивает покрытие в основном коммерческим предприятиям. Базовая станция № 1 расположена ближе к спальному району г. Красноярска, интенсивность нагрузки заметно слабее, чем на БС № 2. Интенсивность входящей и исходящей нагрузки в различные дни месяца неодинакова, причем кроме случайных колебаний имеют место и регулярные колебания. Из графиков видно, что максимальные значения нагрузки приходятся на рабочие дни недели, на пятницу – спад нагрузки, в субботу и воскресенье – минимальные значения. Вполне оправдан спад нагрузки в период с 12 по 15 июня, так как отмечались празднования Дня Независимости Российской Федерации. Стоит обратить внимание на то, что 12 июня, БС № 2 была загружена. Это обусловлено миграцией населения с окраин в центр города на празднования.

Диапазон 900 МГц недогружен (рис. 1–6). Максимальное значение ЧНН для сектора 1 – 900 МГц на БС № 1 – 94,5 Эрл. (20 июня, пятница). Максимальное значение ЧНН для сектора 1 – 900 МГц на БС № 2 – 634,5 Эрл. (12 июня, четверг). Минимальное значение ЧНН для сектора 2 – 900 МГц на БС № 1 – 10,9 Эрл. (1 июня, воскресенье). Минимальное значение ЧНН для сектора 2 – 900 МГц на БС№ 2 – 41,2 Эрл.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: анализ нагрузки на базовых станциях сотовой сети показал, что базовая станция вторая загружена в шесть раз больше, чем первая; при высокой загрузке базовой станции большие потери вызовов абонентов; анализ нагрузки необходим для корректировки места расположения базовых станций, с целью создания оптимальных режимов работы абонентов и снижения потерь вызовов.

M. N. Petrov, D. G. Mikhailov

ANALYSIS OF LOAD ON THE CELLULAR NETWORKS OF STANDARD GSM IN KRASNOYARSK

The systems of this kind came not long ago and some companies such as «ETK», «MTS», «Megafon», «Beeline» conduct service. The customer number has sizably exceeded the stationary number. Cellular systems have some features in contrast to stationary. That is why the teletraffic results can be used for analysis, design and calculation of cellular systems. It is necessary to carry out statistics analysis for showing up the regularities of modification capacity taking into account the peculiarities.

Keywords: the cellular, network, loading, losses, service.

УДК 519.876

И. М. Митасов, А. Н. Завьялкин

МЕТОД ПОЛНОГО ПЕРЕБОРА В ЗАДАЧЕ МНОГОФАКТОРНОГО РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Рассматривается задача последовательного усложнения многофакторной регрессионной модели с полным перебором всех возможных сочетаний факторов при заданном их количестве. Предлагается программно реализуемый алгоритм полного перебора, для построения наилучшей модели при фиксированном количестве факторов, что позволяет выбрать по известным критериям значимости оптимальную модель из множества наилучших моделей для различного количества факторов.

Ключевые слова: алгоритм, факторы, модель, выборка, оптимальная.

Важной проблемой многофакторного регрессионного анализа является выбор наиболее значимых факторов и построение модели, определяющей значения моделируемого показателя в зависимости от значений этих факторов.

Проблема состоит в выборе количества факторов и состава факторов при заданном количестве.

Обычно рассматривается полный перебор для двух факторов, а затем дополнение полученных выборок факторов с помощью различных алгоритмов сокращенного перебора.

В работе предлагается метод решения указанной проблемы на основе программно реализуемого алгоритма полного перебора выборок факторов произвольной длины.

1. Постановка задачи. Линейная многофакторная модель регрессионного анализа имеет следующий вид:

$$y = \langle A, X \rangle + c, \quad (1)$$

где y – моделируемый скалярный показатель; A – вектор параметров модели; X – вектор факторов; c – скалярный параметр модели.

Построение модели (1) заключается в определении значений параметров A, c на основе выборки V следующего вида:

$$V = \left\{ y^i, X^i; i = \overline{1,m} \right\}, \quad (2)$$

где m – количество наблюдений значений характеристик y, X.

Пусть вектор X представляет собой совокупность n факторов – $x_1, x_2, \ldots, x_n$. Выбирая различные по составу выборки из n факторов по k ($k \le n$) и формируя на основе (2) соответствующие выборки V^k, получаем методом наименьших квадратов (НК) k-факторные модели показателя y.

Пусть k^* – заданное экспертами максимальное количество факторов, которое целесообразно включать в модель (1), $k^* \le n$. Если k^* не задано, то $k^* = n$.

Требуется рассмотреть значения $k = \overline{1,k^*}$, для каждого фиксированного k построить все возможные модели и выбрать наилучшую модель $(A^k_{\text{опт}}, c^k_{\text{опт}})$ по критерию следующего вида:

$$S(A^k_{\text{опт}}, c^k_{\text{опт}}) = \min_{l=\overline{1,C^k_n}} S(A^k_l, c^k_l),$$

где (A^k_l, c^k_l) определяются методом НК на основе выборки $V^k_l \in V$ следующего вида:

$$V^k_l = \left\{ y^i, x^i_j; i = \overline{1,m}; j \in (j^l_1, \ldots j^l_k) \right\}.$$

Таким образом, будут получены k^* наилучших моделей. Оптимальная модель среди k^* наилучших моделей определяется по некоторому критерию значимости увеличения количества факторов.

2. Построение *k*-факторной оптимальной модели. Количество различных моделей при фиксированном k определяется числом сочетаний C^k_n.

Если существует алгоритм последовательного выбора k факторов из n факторов, который приводит к полному перебору всех возможных выборок, то оптимальная k-факторная модель может быть найдена известной процедурой поиска минимального элемента среди C^k_n чисел, представляющих собой значение критерия НК для соответствующей модели.

Очевидно, что алгоритм выбора факторов сводится к алгоритму выбора номеров этих факторов, т. е. построение k-факторной оптимальной модели сводится к построению программно-реализуемого алгоритма генерирования выборок длины k, различных по составу из совокупности чисел $(1, 2, \ldots, n)$.

Рассмотрим следующий алгоритм генерирования выборок длины k, различных по составу из совокупности чисел $(1, 2, \ldots, n)$:

1. В качестве исходной, для выборок из совокупности $\{1, 2, \ldots, n\}$ по k чисел, рассматривается выборка $\{1, 2, \ldots, k\}$.

2. Последовательное увеличение на единицу k-го элемента исходной выборки позволяет получить исходную матрицу D выборок

$$D = \begin{pmatrix} 1\,2\,.\,. & k \\ 1\,2\,.\,. & k+1 \\ .\,.\,.\,. & . \\ .\,.\,.\,. & . \\ 1\,2\,.\,. & n \end{pmatrix}.$$

Матрица D содержит $(n - k + 1)$ строк-выборок. Все строки представляют собой выборки, различные по составу.

3. Выбирается первая строка матрицы D и из нее формируется матрица D^1 по следующему алгоритму:

3.1. На первом шаге последовательно увеличиваются на единицу элементы $(k-1, k)$ первой строки матрицы D пока на k-м месте не появится число n. Например, первой строкой матрицы D^1 будет выборка $(1, 2, \ldots, k, k+1)$.

3.2. На втором шаге последовательно увеличиваются на единицу элементы $(k-2, k-1, k)$ первой строки матрицы D и строк матрицы D^1, для которых эта операция не приводит к получению на k-м месте числа, большего n, пока на k-м месте не появится число n.

3.3. Процесс формирования различных по составу выборок из первой строки матрицы D завершается на $(k-1)$-м шаге последовательным увеличением на единицу элементов $(1, 2, \ldots, k)$ первой строки матрицы D и строк матрицы D^1, для которых эта операция не приводит к получению на k-м месте числа большего n, пока на k-м месте не появится число n.

4. Выбирается вторая строка матрицы D и из нее формируется матрица D^2 по алгоритму, аналогичному 3.1, 3.2, 3.3.

5. Процесс выбора строк матрицы D и формирования из них выборок по алгоритму, аналогичному 3.1, 3.2, 3.3, продолжается до строки $(n - k)$.

Для обоснования алгоритма необходимо доказать следующее.

Утверждение 1. Все выборки, получаемые в силу пп. 1–5 алгоритма различны по составу.

Утверждение 2. Алгоритм позволяет получить произвольную выборку $(j_1, j_2, \ldots, j_k)$ из множества выборок, различных по составу.

Доказательство. Получение новых выборок на основе первой строки матрицы D согласно алгоритму сводится к сложению этой строки со следующими строками:

$$(0, 0, \ldots 1, 1); (0, 0, \ldots 2, 2); \ldots; (0, 0, \ldots n-k, n-k);$$
$$(0, 0, \ldots 1, 1, 1); \ldots; (0, 0, \ldots; n-k; n-k; n-k);$$
$$(0, 0, \ldots 1, 1, 1, 1); \ldots (1, 1, \ldots 1) \ldots (n-k, n-k, \ldots, n-k).$$

Так как все вышеперечисленные строки различны, то их сложение с одной и той же строкой приведет к получению различных строк. Таким образом, матрица D^1 состоит из различных строк.

Формирование матриц $D^2, D^3, \ldots D^{n-k}$ представляет собой добавление к исходным строкам этих матриц выше перечисленных строк, которые использовались для формирования строк матрицы D^1 путем их сложения с исходной строкой матрицы D^1. Так как исходные строки матриц $D^2, D^3, \ldots, D^{n-k}$ отличаются только k-м элементом, то устранить это различие добавление к ним строк, изменяющих не менее двух элементов исходной выборки, невозможно.

Следовательно, строки матриц $D^1, D^2, D^3, \ldots D^{n-k}$ представляют собой различные по составу выборки из n по k чисел.

Для доказательства утверждения 2 рассмотрим произвольную выборку $(j_1, j_2, \ldots, j_k)$ из множества выборок, различных по составу.

Не ограничивая общности, можно предполагать, что $j_1 < j_2 < \ldots < j_k$. Тогда

$$j_i \geq j_{i-1} + 1, \quad i = \overline{2,k},$$

следовательно

$$j_1 + (k-1) \leq j_k \leq n. \qquad (3)$$

На первом шаге рассмотрим исходную выборку $(1, 2, \ldots, k)$ и прибавим ко всем ее элементам число $(j_1 - 1)$, тогда получим выборку $(j_1, j_1 + 1, \ldots, j_1 + (k-1))$. Такое преобразование исходной выборки соответствует алгоритму и допустимо в силу (3).

На втором шаге прибавим ко всем элементам полученной выборки, начиная со второго, число $((j_2 - j_1) - 1)$, тогда получим выборку $(j_1, j_2, j_2 + 1, \ldots j_2 + (k-2))$. Такое преобразование исходной выборки соответствует алгоритму и допустимо, так как $j_2 + (k-2) \leq j_k$.

Продолжая этот процесс, на $(k-1)$-м шаге имеем выборку $(j_1, j_2, \ldots, j_{k-1}, j_{k-1} + 1)$. Прибавим к последнему элементу этой выборки число $(j_k - j_{k-1} - 1)$ и получим произвольную выборку путем преобразования исходной выборки по пп. 1–5 алгоритма.

Таким образом, доказано, что все выборки, получаемые по пп. 1–5 алгоритма различны по составу и что любая выборка из C_k^n различных по составу выборок может быть получена на основе пп. 1–5 алгоритма.

Алгоритм последовательного формирования выборок номеров k факторов, включаемых в модель (1) позволяет найти k-факторную оптимальную модель следующим образом:

1. Рассматривается первая выборка номеров факторов и на основе исходной выборки V формируются статистические данные V_1^k. На основе этих данных методом НК строится первая модель вида (1) и вычисляется ее качество: $S_1 = S(A_1^k, c_1^k)$. Эта модель считается оптимальной и ее параметры запоминаются.

2. Рассматривается вторая выборка номеров факторов и на основе исходной выборки V формируются статистические данные V_2^k. На основе этих данных методом НК строится вторая модель вида (1) и вычисляется ее качество: $S_2 = S(A_2^k, c_2^k)$. Если $S_2 \prec S_1$, то вторая модель оптимальная, ее параметры запоминаются, а параметры предыдущей модели стираются. Если $S_1 \leq S_2$, то предыдущая модель остается оптимальной и рассматривается очередная модель.

3. Процесс рассмотрения новых выборок номеров факторов и сравнения качества новой модели и наилучшей на предыдущем шаге продолжается пока не будут рассмотрены все возможные выборки из n по k.

3. Выбор оптимальной модели из множества наилучших моделей с различным количеством факторов. Пусть на основе алгоритмов, изложенных в п. 2, получены k^* наилучших моделей, содержащих 1,2, …, k^* факторов.

Пусть $S_{\text{опт}}^k$ – значение $S(A_{\text{опт}}^k, c_{\text{опт}}^k)$ для оптимальной k-факторной модели.

Рассмотрим, например, следующий критерий значимости:

– модель, имеющая k параметров и значение критерия качества $S_{\text{опт}}^k$ лучше моделей, имеющих i параметров $(i < k)$, и значение критерия качества $\left\{S_{\text{опт}}^i; i = \overline{1, k-1}\right\}$, если выполнена следующая система условий:

$$S_{\text{опт}}^k \leq S_{\text{опт}}^i \ (i/k); \ i = \overline{1, k-1}. \qquad (4)$$

Условия (4) являются достаточно жесткими, но их можно смягчить, рассматривая вместо (i/k) коэффициент $(i + \alpha)/k$, $0 < \alpha < 1$.

4. Результаты программной реализации алгоритмов. Разработанные алгоритмы [1] реализованы в виде программы на ЯОН C++Builder 6.0.

Рассматривалась следующая модельная задача.

Пусть $m = 4$, $k^* = 2$, $n = 5$. Необходимо построить все однофакторные и двухфакторные модели. Найти наилучшую однофакторную и двухфакторную модель. Затем, среди наилучших, найти оптимальную по критерию значимости (4).

Числовые данные

$$X^1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 5 \\ -2 \end{pmatrix}, \quad X^2 = \begin{pmatrix} 2 \\ 7 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix},$$

$$X^3 = \begin{pmatrix} 5 \\ 6 \\ 8 \\ -3 \end{pmatrix}, \quad X^4 = \begin{pmatrix} 6 \\ 7 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}, \quad X^5 = \begin{pmatrix} 4 \\ 9 \\ 5 \\ -1 \end{pmatrix},$$

$$y^1 = 4, \quad y^2 = 6, \quad y^3 = 7, \quad y^4 = 11.$$

Результаты расчетов представлены в табл. 1–2.

Таблица 1

Однофакторные модели

Номер модели	Номера факторов	Параметры модели	Ошибка модели	Наилучшая модель
1	5	c = 9,093 596 a_5 = –0,492 610	13,684 729	
2	1	c = 7,915 888 a_1 = –0,523 364	18,672 897	
3	2	c = 4,576 923 a_2 = 0,538 462	22,230 769	
4	3	c = 8,885 714 a_3 = –0,471 429	10,442 857	3
5	4	c = 10,441 176 a_4 = –0,471 429	16,058 824	

Сравнивая наилучшие модели по критерию (4), получаем, что оптимальной по составу и количеству факторов является следующая модель:

$$y = 1{,}947\,781 \cdot X_1 - 1{,}612\,272 \cdot X_3 + 10{,}040\,470.$$

Таким образом, в работе получены следующие результаты: предложен и обоснован алгоритм полного перебора факторов в задаче выбора оптимального состава и количества факторов для многофакторной регрессионной модели; рассмотрены результаты применения программной реализации алгоритма на модельной задаче.

Библиографический список

1. Митасов, И. М. Автоматизированная система построения линейной многофакторной регрессионной модели оптимальной по количеству и составу факторов / И. М. Митасов, А. Н. Завьялкин. М. : ОФАП. Свидетельство № 11399 от 12.09.2008.

Таблица 2

Двухфакторные модели

Номер модели	Номера факторов	Параметры модели	Ошибка модели	Наилучшая модель
1	1, 5	c = 9,088 919 a_1 = –0,007 596 a_5 = –0,488 382	13,684 093	
2	1, 2	c = 5,262 663 a_1 = –0,557 164 a_2 = 0,602 750	13,980 463	
3	2, 3	c = 6,858 491 a_2 = 0,433 962 a_3 = –0,452 830	8,018 868	
4	3, 4	c = 11,325 592 a_3 = –0,411 919 a_4 = –0,595 092	4,670 465	
5	4, 5	c = 10 305 481 a_4 = –0,399 371 a_5 = –0,354 897	11,935 759	
6	1, 3	c = 10,040 470 a_1 = 1,947 781 a_3 = –1,612 272	0,0639 687	6
7	2, 4	c = 7,679 245 a_2 = 0,745 283 a_4 = –0,896 226	9,132 075	
8	3, 5	c = 9,053 191 a_3 = –0,390 578 a_5 = –0,115 502	10,223 404	
9	1, 4	c = 11,453 795 a_1 = –0,537 954 a_4 = –0,780 528	8,321 782	
10	2, 5	c = 5,237 928 a_2 = 1,040 825 a_5 = –0,687 445	1,528 095	

I. M. Mitasov, A. N. Zavyalkin

METHOD OF FULL SORTING OUT IN THE PROBLEM OF REGRESSIVE POLIFACTOR-ANALISIS

The paper is considers the problem of the seguential complication of the regressive polyfactor-model with full sorting out of all the possible factors combinations at their given number. There is offered the program-realized algorithm of full sorting out for the construction of the best model with the fixed number of factors, that permits to select an optimal model from the set of the best models for the different number of factors according to the well-known criteria of significans.

Keywords: algorithm, factors, model, sorting out, optimum.

УДК 51.73

Ю. М. Григорьев, М. Н. Орлова

ВЛИЯНИЕ БЛИЖНЕГО РАЗРЯДА МОЛНИИ НА ЛИНИЮ ПЕРЕДАЧИ[1]

Аналитически и численно решены задачи о волне тока и напряжения в линии передачи, возникающей при разряде молнии вблизи линии. Построенная модель учитывает зависимость тока молнии от времени.

Ключевые слова: молния, линия передачи, многолетняя мерзлота, индуцированное напряжение.

Проблема электромагнитной совместимости технических сооружений с атмосферным электричеством в условиях многолетней мерзлоты имеет особую актуальность. Одним из аспектов этой проблемы являются вопросы повышения эффективности грозозащиты линий передач. При разряде молнии вблизи кабеля между оболочкой и жилой кабеля возникают кратковременные перенапряжения, или вызванные прямым попаданием молнии, или индуцированные. Методы защиты от прямых ударов молний достаточно хорошо разработаны. Однако в регионах с высоким удельным электрическим сопротивлением грунта, к которым относятся и регионы с многолетней мерзлотой, часто наблюдаются множественные повреждения подземных кабелей вдали от точки разряда молнии даже при отсутствии прямого попадания молнии в кабель.

Общепринятый метод приближенного расчета индуцированных перенапряжений в воздушных линиях основан на вычислении электромагнитного поля, излучаемого каналом молнии. Это связано с решением системы уравнений Максвелла. С другой стороны, под действием электростатического поля грозового облака на проводниках линии передач индуцируются электрические заряды. При быстром разряде грозового облака эти заряды «высвобождаются» и, растекаясь по линии передач, образуют волну тока и напряжения (ВТН), в результате которой появляются так называемые грозовые перенапряжения. По мнению авторов, при отсутствии прямого попадания молнии основной причиной повреждений подземных кабелей, протянутых в плохо проводящей земле, является возникновение ВТН. Явление ВТН также может инициировать аварийные явления в ЛЭП и трубопроводах, расположенных в регионах с многолетней мерзлотой. Есть сведения о том, что на линии передач, расположенные в полярных и субполярных широтах, интенсивные геомагнитные возмущения оказывают сильное влияние, вплоть до аварий.

В предыдущих работах авторов аналитически и численно решены задачи о ВТН в предположении о мгновенном характере разряде молнии, рассмотрены случаи разряда молнии в землю и между двумя облаками [1; 2]. В нашей работе [3] представлена математическая модель ВТН, учитывающая зависимость тока молнии от времени и аналитически решена задача о ВТН. В данной статье приведен другой вид решения для случая произвольных погонных параметров *R*, *C*, *L*, *G*, проведены новые численные расчеты.

Математическая модель. Рассмотрим линию передач с одним проводником. Ось x направим вдоль этого бесконечного проводника. Проводник характеризуется распределенными параметрами R, C, L, G – сопротивлением, емкостью, индуктивностью и коэффициентом утечки, рассчитанными на единицу длины. Грозовое облако моделируем точечным зарядом Q, расположенным на высоте *h* над кабелем и на высоте $h+l$ над проводящим полупространством (проводящий слой земли), параметр *l* описывает толщину многолетнемерзлого слоя грунта. Следовательно, проводник находится в поле заряда и его электростатического изображения (рис. 1).

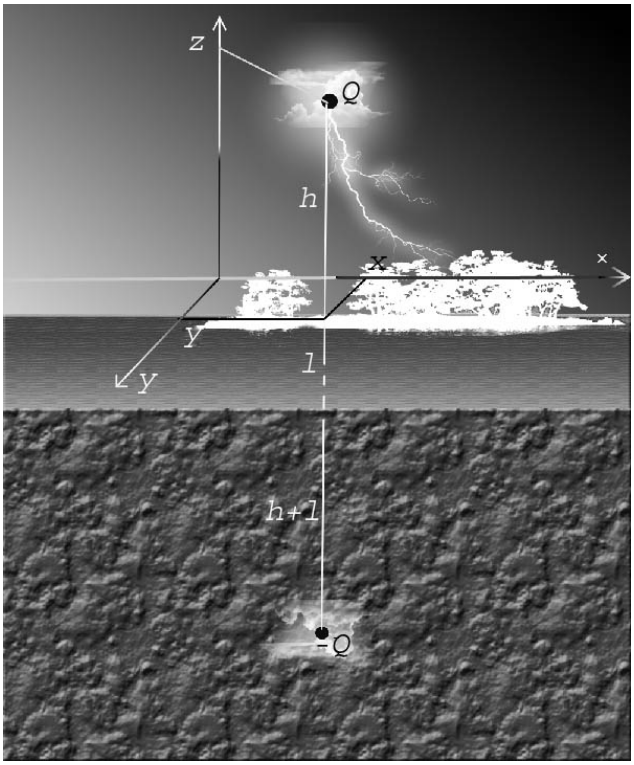


Рис. 1. Геометрия модели

Проводник считаем заземленной в бесконечно удаленной точке, потенциал Земли $v = 0$, т. е. индуцированные на проводнике заряды создают такой потенциал, который компенсирует потенциал, создаваемый двумя точечными зарядами Q и $-Q$.

Пусть в момент времени $t = 0$ облако начинает разряжаться, зависимость заряда облака от времени выражается функцией $Q(t)$, $t > 0$, тогда ток молнии равняется $dQ(t)/dt$. При уменьшении заряда облака на dQ за время dt те заряды на линии, которые компенсировали потенциал заряда dQ (и его изображение $-dQ$), стано-

[1] Работа поддержана грантом № 06-08-96020 конкурса РФФИ-Дальний Восток.

вятся свободными и начнут «разбегаться», возбуждая ВТН в линии. Другими словами, разряд грозового облака эквивалентен действию некоторого источника зарядов в линии. За время dt на элементе dx этот источник вырабатывает количество зарядов dq_1, равное

$$dq_1 = Cdxdu = Cf(x)dxdQ, \quad (1)$$

где

$$f(x) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{\sqrt{h^2+x^2}} - \frac{1}{\sqrt{(2l+h)^2+x^2}}\right), \quad (2)$$

такой вид функции соответствует тому, что заряд находится над началом координат.

Аналогично [4] выведем систему телеграфных уравнений с учетом действия такого источника зарядов. Применяя закон Ома к участку длиной dx, получаем

$$-u_x dx = iRdx + Li_t dx. \quad (3)$$

Количество зарядов, притекающих в элемент проводника dx за время dt равно

$$dq_2 = (i(x,t) - i(x+dx,t))dt = -i_x dxdt,$$

за это время dt на участке dx за счет действия указанного выше «генератора» дополнительно образуется количество зарядов dq_1. Количество заряда dq_3, которое идет на зарядку элемента dx за счет электроемкости равно

$$dq_3 = C(u(x,t+dt) - u(x,t))dx = Cu_t dxdt,$$

количество заряда dq_4, теряющегося за счет несовершенства изоляции:

$$dq_4 = Gudxdt.$$

Согласно закону сохранения заряда,

$$dq_1 + dq_2 = dq_3 + dq_4.$$

Подставляя сюда выражения для зарядов, получаем

$$Cf(x)dxdQ - i_x dxdt = Cu_t dxdt + Gudxdt.$$

Из этого соотношения и уравнения (3) получаем искомую неоднородную систему телеграфных уравнений и, добавляя нулевые начальные условия, получаем задачу Коши, описывающую ВТН в линии передачи, с учетом зависимости тока молнии от времени:

$$\begin{cases} u_x + Li_t + Ri = 0, \quad -\infty > x > \infty, \quad t > 0, \\ i_x + Cu_t + Gu = Cf(x)\dfrac{dQ}{dt}, \\ u(x,0) = 0, i(x,0) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Аналитическое решение. Аналитическое решение задачи (4), описывающей ВТН, получаем в следующем виде:

$$u(x,t) = \frac{1}{2aC}\int_{x-at}^{x}\psi\left(\zeta, t+\frac{\zeta-x}{a}\right)e^{-\lambda\frac{\zeta-x}{a}}d\zeta + \frac{1}{2aC}\times$$
$$\times\int_{x}^{x+at}\psi\left(\zeta, t-\frac{\zeta-x}{a}\right)e^{-\lambda\frac{\zeta-x}{a}}d\zeta +$$
$$+\frac{e^{\lambda t}}{2aC}\int_{x-at}^{x}d\zeta\int_{0}^{t+\frac{\zeta-x}{a}}\psi(\zeta,\tau)e^{-\lambda\tau}\left(\lambda I_0\left(k\sqrt{(t-\tau)^2-\frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}\right) -\right.$$
$$\left. -\frac{k(\tau-t)}{\sqrt{(t-\tau)^2-\frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}}I_1\left(k\sqrt{(t-\tau)^2-\frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}\right)\right)d\tau +$$
$$+\frac{e^{\lambda t}}{2aC}\int_{x}^{x+at}d\zeta\int_{0}^{t-\frac{\zeta-x}{a}}\psi(\zeta,\tau)e^{-\lambda\tau}\left(\lambda I_0\left(k\sqrt{(t-\tau)^2-\frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}\right) -\right.$$
$$\left. -\frac{k(\tau-t)}{\sqrt{(t-\tau)^2-\frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}}I_1\left(k\sqrt{(t-\tau)^2-\frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}\right)\right)d\tau +$$
$$+\frac{Rae^{-\lambda t}}{2}\int_{0}^{t}d\tau\int_{x-a(t-\tau)}^{x+a(t-\tau)}e^{-\lambda\tau}\psi(\zeta,\tau)I_0\times$$
$$\times\left(k\sqrt{(t-\tau)^2-\frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}\right)d\zeta, \quad (5)$$

$$i(x,t) = -\frac{ae^{-\lambda t}}{2}\times$$
$$\times\int_{0}^{t}e^{-\lambda\tau}(\psi(x+a(t-\tau),\tau) - \psi(x-a(t-\tau),\tau))d\tau +$$
$$+\frac{ke^{-\lambda t}}{2a}\int_{0}^{t}d\tau\int_{x-a(t-\tau)}^{x+a(t-\tau)}e^{-\lambda\tau}\frac{x-\zeta}{\sqrt{(t-\tau)^2-\frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}}\psi(\zeta,\tau)\times$$
$$\times I_1\left(k\sqrt{(t-\tau)^2-\frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}\right)d\zeta \quad (6)$$

$$\lambda = -\frac{RC+LG}{2LC},$$

$$k = \frac{|RC-LG|}{2LC}, \quad a^2 = \frac{1}{LC}.$$

Рассмотрим неискажающую линию передачи, т. е. когда погонные параметры удовлетворяют соотношению $RC = LG$. В этом случае

$$\lambda = -\frac{R}{L}, \quad k = 0,$$

и формулы для величин ВТН существенно упрощаются:

$$u(x,t) = \frac{1}{2aC}\int_{x-at}^{x}\psi\left(\zeta, t+\frac{\zeta-x}{a}\right)e^{-\lambda\frac{\zeta-x}{a}}d\zeta + \frac{1}{2aC}\times$$
$$\times\int_{x}^{x+at}\psi\left(\zeta, t-\frac{\zeta-x}{a}\right)e^{-\lambda\frac{\zeta-x}{a}}d\zeta, \quad (7)$$

$$i(x,t) = -\frac{ae^{-\lambda t}}{2}\int_{0}^{t}e^{-\lambda\tau}(\psi(x+a(t-\tau),\tau) - \psi(x-a(t-\tau),\tau))d\tau. \quad (8)$$

Прямоугольный импульс тока молнии. Рассмотрим случай, когда ток молнии имеет вид прямоугольного импульса с длительностью t_0, с амплитудой $I_0 = Q_0/t_0$, где Q_0 – первоначальный заряд облака, в этом случае заряд облака выражается функцией

$$Q(t) = Q_0(1 - \frac{t}{t_0})\eta(t_0 - t),$$

где

$$\eta = \begin{cases} 1, \text{ при } t > 0, \\ 0, \text{ при } t < 0 \end{cases}$$

– единичная функция Хевисайда.

Тогда

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{Q_0}{t_0}\eta(t_0 - t),$$

откуда

$$\psi(x,t) = Cf(x)\frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{CQ_0}{t_0} f(x)\eta(t_0 - t).$$

Таким образом, решение (5) задачи (4) будет иметь следующий вид:

$$u(x,t) = -\frac{Q_0}{2aC}\int_{x-at}^{x} f(\zeta)\eta\left(t_0 - t - \frac{\zeta - x}{a}\right)e^{-\lambda\frac{\zeta-x}{a}}d\zeta -$$
$$-\frac{Q_0}{2aC}\int_{x}^{x+at} f(\zeta)\eta\left(t_0 - t + \frac{\zeta - x}{a}\right)e^{-\lambda\frac{\zeta-x}{a}}d\zeta -$$
$$-\frac{Q_0 e^{\lambda t}}{2at_0}\int_{x-at}^{x} d\zeta \int_{0}^{t+\frac{\zeta-x}{a}} f(\zeta)e^{-\lambda\tau}\left(\lambda I_0\left(k\sqrt{(t-\tau)^2 - \frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{k(t-\tau)}{\sqrt{(t-\tau)^2 - \frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}} I_1\left(k\sqrt{(t-\tau)^2 - \frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}\right)\right)\eta(t_0 - \tau)d\tau -$$
$$-\frac{Q_0 e^{\lambda t}}{2at_0}\int_{x}^{x-at} d\zeta \int_{0}^{t-\frac{\zeta-x}{a}} f(\zeta)e^{-\lambda\tau}\left((-\lambda)I_0\left(k\sqrt{(t-\tau)^2 - \frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{k(t-\tau)}{\sqrt{(t-\tau)^2 - \frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}} I_1\left(k\sqrt{(t-\tau)^2 - \frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}\right)\right)\eta(t_0 - \tau)d\tau -$$
$$-\frac{RCQ_0 ae^{-\lambda t}}{2t_0}\int_0^t d\tau \int_{x-a(t-\tau)}^{x+a(t-\tau)} e^{-\lambda\tau} f(\zeta)I_0 \times$$
$$\times\left(k\sqrt{(t-\tau)^2 - \frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}\right)\eta(t_0 - \tau)d\zeta. \qquad (9)$$

Аналогично преобразуется формула (6) для силы тока:

$$i(x,t) = \frac{Q_0 Cae^{-\lambda t}}{2t_0} \times$$
$$\times\int_0^t e^{-\lambda\tau}(\psi(x + a(t-\tau)) - \psi(x - a(t-\tau)))\,\eta(t_0 - \tau)d\tau -$$
$$-\frac{kQ_0 Ce^{-\lambda t}}{2at_0}\int_0^t d\tau \int_{x-a(t-\tau)}^{x+a(t-\tau)} e^{-\lambda\tau}\frac{x-\zeta}{\sqrt{(t-\tau)^2 - \frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}}\psi(\zeta,\tau)\times$$
$$\times I_1\left(k\sqrt{(t-\tau)^2 - \frac{(x-\zeta)^2}{a^2}}\right)d\zeta. \qquad (10)$$

В случае неискажающей линии передач решение (7), (8) будет иметь вид

$$u(x,t) = -\frac{Q_0}{2at_0}\int_{x-at}^{x} f(\zeta)\eta\left(t_0 - t - \frac{\zeta - x}{a}\right)\frac{Q_0}{2at_0}\times$$
$$\times e^{-\lambda\frac{\zeta-x}{a}}d\zeta - \qquad (11)$$
$$\times\int_x^{x+at} f(\zeta)\eta\left(t_0 - t - \frac{\zeta - x}{a}\right)e^{-\lambda\frac{\zeta-x}{a}}d\zeta,$$

$$i(x,t) = \frac{Q_0 Cae^{-\lambda t}}{2t_0}\int_0^t e^{-\lambda\tau}(\psi(x + a(t-\tau)) - \psi(x - a(t-\tau)))\,\eta(t_0 - \tau)d\tau. \qquad (12)$$

Численные расчеты. Численные расчеты проведены для случая прямоугольного импульса тока молнии с длительностью $t_0 = 50$ мкс и амплитудой $J_0 = 20$ кА, $Q_0 = 1$ Кл при h = 1 500 м, l = 250 м (сухой грунт над вечной мерзлотой или скальный грунт, воздушная линия над ущельем), $R = 10^{-3}$ Ом/м, $C = 10^{-10}$ Ф/м, $L = 10^{-7}$ Гн/м, $G = 10^{-6}\,\frac{1}{\text{Ом}\cdot\text{м}}$.

Результаты расчетов в разные моменты времени для безразмерной силы тока и напряжения при разряде молнии в землю приведены на рис. 2, 3.

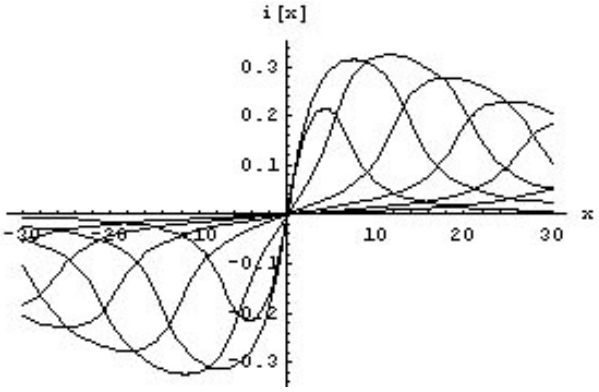


Рис. 2. Волна силы тока
для прямоугольного импульса тока молнии

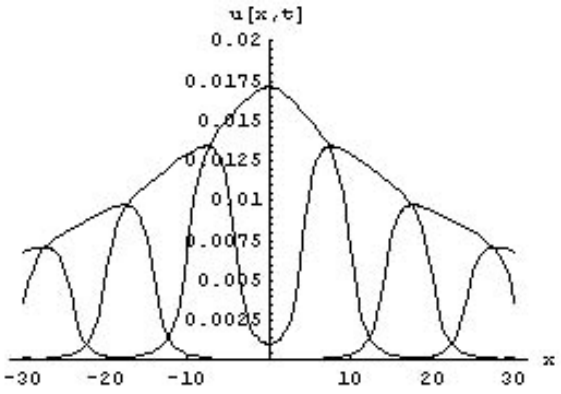


Рис. 3. Волна напряжения
для прямоугольного импульса тока молнии

Расчеты показывают, что максимальное значение силы тока в линии при приведенных выше параметрах достигается в точках, расположенных на значительном расстоянии. Сравним полученные результаты с результатами расчетов по модели с мгновенным разрядом молнии [5]. Распределения силы тока в линии при достижении ее максимального значения, рассчитанные по этим двум моделям при одинаковых параметрах, приведены на рис. 4

Видно, что максимум тока в модели с мгновенным разрядом молнии в несколько раз больше, чем в модели с учетом зависимости тока молнии от времени. Видны и различия в крутизне переднего фронта волны. Максимальные значения силы тока достигаются в разные моменты времени.

Распределения напряжения в линии при достижении ее максимального значения, рассчитанные по этим двум моделям при одинаковых параметрах, приведены на рис. 5.

Таким образом, в работе построена математическая модель ВТН, существенно отличающаяся от общепринятых моделей расчетов индуцированных перенапряжений [6; 7], в которых принято вычислять горизонтальную составляющую электрического поля излучения канала мол-

нии вблизи линии передачи. Численные расчеты по этой модели показывают, что предыдущая модель авторов с мгновенным разрядом молнии дает завышенные значения для величин ВТН. Ясно, что приведенная в данной работе модель с учетом зависимости тока молнии от времени более адекватно описывает изучаемое явление.

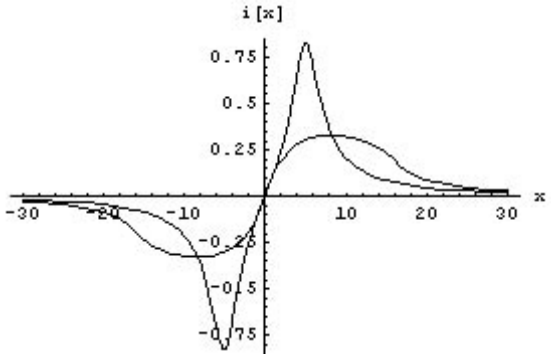


Рис. 4. Волны тока для двух математических моделей при достижении максимальных значений силы тока

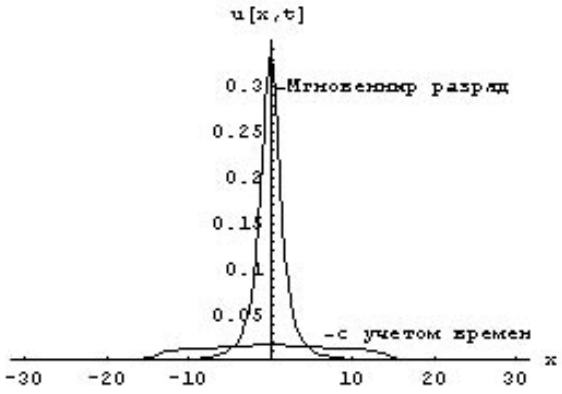


Рис. 5. Волны напряжения для двух математических моделей при достижении максимальных значений

Библиографический список

1. Григорьев, Ю. М. Исследование влияние электромагнитного воздействия на кабельные линии / Ю. М. Григорьев, В. В. Наумов, П. И. Николаев // Физика высокоширотной ионосферы и распространение электромагнитных волн. Якутск, 1988.

2. Григорьев, Ю. М. Математическая модель грозового перенапряжения в линии передачи при разряде молнии между двумя облаками / Ю. М. Григорьев, М. Н. Орлова // Динамика спл. среды. Новосибирск, 2004. Вып. 22. С. 53–56.

3. Григорьев, Ю. М. Расчет волны тока индуцированной разрядом молнии в кабельных линиях / Ю. М. Григорьев, С. Н. Еремеев, В. В. Наумов, А. А. Семенов // X Междунар. Вроцлав. симпозиум по электромагнит. совместимости (26–29 июня 1990, г. Вроцлав). Вроцлав, 1990, С. 247–252.

4. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. М. : Наука, 1977.

5. Григорьев, Ю. М. Математические модели грозовых перенапряжений в линиях передач / Ю. М. Григорьев, М. Н. Орлова // VII Лаврентьевские чтения : науч. конф. (7–11 апр. 2003, г. Якутск) : сб. ст. Якутск, 2003. Т. 1. С. 29–33.

6. Rachidi, F. Calculation methods of the horizontal component of lightning return stroke electric fields / F. Rachidi, M. Ianoz, C. A. Nucci, C. Mazzetti // XI Intern. Wroclaw Symposium and Exhibition on Electromagnetic compatibility (September 2–4 1992, Wroclaw). Wroclaw, 1992. P. 452–456.

7. Yoshihiro, B. Voltages induced on an overhead wire by lightning strikes to a nearby tall grounded object / B. Yoshirio, V. A. Rakov // IEEE transaction on electromagnetic compatibility. 2006. Febr. Vol. 48. № 1. P. 212–224.

Yu. M. Grigoriev, M. N. Orlova

INFLUENCE OF A LIGHTNING ON A TRANSMISSION LINE

Analytical and numerical solutions of a current and voltage wave problem in a transmission line while a lightning discharge are given. The presented model takes into account the time dependence of the lightning current.

Keywords: lightning, transmission line, permafrost, induced voltage.

УДК 656.256:581.51

А. Т. Когут, Н. Ю. Панфилова

ФОРМИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ

Рассматривается возможность и методика синтеза рекуррентных алгоритмов управления нелинейными объектами в форме итерационных процедур численных методов. Исследуется точность замкнутых систем при реализации в регуляторах предлагаемых методов. Проводится сравнительный анализ полученных аналитических выражений и результатов имитационного моделирования, а также синтезируемых алгоритмов.

Ключевые слова: объект, алгоритм, управление, точность, метод, уравнение.

Изучение нелинейных динамических систем относится к одной из сложных задач современной теории автоматического управления [1], где в настоящее время интенсивно развиваются два направления – траекторное управление [2] и топологические методы [3] анализа и синтеза многомерных систем. При проектировании систем управления сложными многосвязными нелинейными динамическими объектами [4], особенно в роботизированных и мехатронных комплексах, выделяют этап построения требуемых траекторий изменения физических координат, обеспечивающих согласованное движение объекта, и этап синтеза локальных регуляторов, поддерживающих заданные состояния объектов. Траекторное управление реализуется в локальных подсистемах, где необходимо сформировать такое управляющее воздействие, при котором состояние объекта или его выход изменялись бы в соответствии с требуемой траекторией или программой. Дополнительные условия, накладываемые на устойчивость и качество процессов в замкнутых системах, относят траекторное управление к классу обратных задач динамики [5; 6].

Топологический подход [1] или методы дифференциальной геометрии [3] позволяют теоретически найти такое преобразование, при котором в новых переменных состояния многомерный нелинейный объект описывается линейными уравнениями. Главная сложность заключается в существовании и определении диффеоморфизма между исходной и линеаризованной моделями. Практические результаты получены для аффинных объектов и траекторного управления, а задача синтеза локальных регуляторов решается методами обратных задач динамики [2; 5].

Проблема построения регуляторов нелинейными объектами остается особенно актуальной для траекторных задач. Одним из способов ее решения является прямое оптимальное управление [7], которое сводится к определению обратных функций. Решение существует только для зависимостей, обладающих свойством диффеоморфизма, поэтому в [7] предлагаются приближенные методы, основанные на линеаризации и приводящие к рекуррентным алгоритмам.

Рекуррентные соотношения широко используются в численных методах, поэтому и предлагается подход, основанный на применении в дискретном регуляторе алгоритмов в форме итерационных процедур. Исследуемый объект в локальной системе управления состоит из нелинейного элемента (НЭ) и линейной части [2; 5; 6]. В работе рассматривается случай одного НЭ с целью получения более простых и удобных для сравнительного анализа аналитических выражений.

Постановка задачи. Пусть дискретный стационарный объект описывается разностным уравнением

$$x_{k+1} = A\,x_k + B\,\phi\left(u_k\right),$$
$$x_0 = x\left(0\right). \qquad (1)$$

Здесь x – n-мерный вектор переменных состояния; A и B – матрица и вектор с известными постоянными параметрами размерами $n \times n$ и $n \times 1$ соответственно; u – управляющее воздействие; $\varphi(u)$ – непрерывная функция, являющаяся характеристикой нелинейного элемента, которая принадлежит классу $\varphi(u) \in C^3$, т. е. существуют ее первая, вторая и третья производные.

В системах траекторного управления для наблюдаемого вектора состояния x_{k+1} должно выполняться условие

$$x_{k+1} = g_{k+1}, \qquad (2)$$

где g – n-мерный вектор требуемого закона изменения состояния объекта (системы) или желаемая траектория движения.

В задачах обратной динамики [6; 7] подставляют равенство (2) в модель объекта (1) и по сути получают уравнение

$$g_{k+1} - A\,x_k - B\,\varphi\left(u_k\right) = 0,$$

которое можно свести к скалярному

$$B^{+}\left(g_{k+1} - A\,x_k\right) - \varphi\left(u_k\right) = 0. \qquad (3)$$

В формуле (3) под B^{+} понимается псевдообратная матрица размером $1 \times n$, для которой необходимо, чтобы соблюдались условия

$$B^{+} \cdot B = 1 \text{ и } B \cdot B^{+} \cdot R = R,$$

где R – n-мерный вектор.

Введем в рассмотрение следующую непрерывную функцию:

$$f\left(g_{k+1},\, x_k,\, u_k\right) = B^{+}\left(g_{k+1} - A\,x_k\right) - \varphi\left(u_k\right). \qquad (4)$$

Элементы векторов g_{k+1} и x_k известны, а численное значение u_k необходимо определить, поэтому $f(\cdot)$ является функцией только одного аргумента u, и выражение (4) можно записать в виде

$$f\left(u\right) = B^{+}\left(g_{k+1} - A\,x_k\right) - \varphi\left(u\right). \qquad (5)$$

Несложно убедиться, что для частных производных выполняются равенства

$$f^{(i)}\left(u\right) = -\phi^{(i)}\left(u\right), \quad i = 1,\, 2,\, \ldots \qquad (6)$$

и функция $f(u)$ также принадлежит классу $f(u) \in C^3$.

Из сравнения выражения (5) для $f(u)$ и уравнения (3) следует, что при нахождении управления $u = u_k$ должно выполняться равенство

$$f\left(u\right) = 0. \tag{7}$$

Таким образом, определение управляющего воздействия u_k сводится к задаче нахождения корня уравнения (7). При этом будем полагать, что он существует и является вещественным и единственным. В прикладной математике используют приближенные решения на основе итерационных процедур, которые и предлагается использовать как рекуррентные алгоритмы формирования u_k.

Синтез рекуррентных алгоритмов формирования управляющих воздействий. Одним из наиболее известных численных процедур первого порядка, использующих только первую производную, является метод Ньютона [8] или Ньютона–Рафсона [9], когда формируется дискретная последовательность u_k на основе следующего правила:

$$u_k = u_{k-1} - \left[f'_{k-1}\right]^{-1} f_{k-1}. \tag{8}$$

Здесь как и в дальнейшем

$$f_{k-1}^{(i)} = f^{(i)}\left(u_{k-1}\right),\ i = 0,\ 1,\ 2,\ 3. \tag{9}$$

Рекуррентные формулы методов второго порядка содержат как первую, так и вторую производную от функции $f(u)$. В общей теории численного решения нелинейного уравнения (7), приведенной и рассмотренной в работе [8], выделяются метод Чебышева, для которого строится итерационный процесс вида

$$u_k = u_{k-1} - \left[\left(f'_{k-1}\right)^3\right]^{-1} \times \times \left[f_{k-1}\left(f'_{k-1}\right)^2 + 0{,}5 f''_{k-1} f^2_{k-1}\right] \tag{10}$$

и алгоритм Хэлли, вычисляющий приближение u_k по формуле

$$u_k = u_{k-1} - -\left[\left(f'_{k-1}\right)^2 - 0{,}5 f''_{k-1} f_{k-1}\right]^{-1} f_{k-1} f'_{k-1}. \tag{11}$$

Более общие методы второго порядка, использующие линеаризацию $f(u_k)$, предлагаются в [10], и рекуррентные процедуры на их основе имеют вид

$$u_k = u_{k-1} - \left[f'_{k-1}\right]^{-1}\left[f_{k-1} + 0{,}5 f''_{k-1}\delta_k^2\right]; \tag{12}$$

$$u_k = u_{k-1} - \left[f'_{k-1} + 0{,}5 f''_{k-1}\delta_k\right]^{-1} f_{k-1}. \tag{13}$$

В выражения (12) и (13) входит величина d_k, которую рекомендуется определять следующим образом:

$$\delta_k = v_k - u_{k-1}.$$

Здесь v_k – это k-е приближение к решению уравнения (7), вычисленное с помощью любого итерационного метода.

Применение процедуры первого порядка (например, Ньютона–Рафсона) к определению v_k позволяет записать, что

$$v_k = u_{k-1} - \left[f'_{k-1}\right]^{-1} f_{k-1}; \tag{14}$$

$$\delta_k = -\left[f'_{k-1}\right]^{-1} f_{k-1}. \tag{15}$$

Подстановка d_k в форме (15) в выражение (12) приводит к рекуррентной процедуре (10), т. е. к методу Чебышева. Аналогично можно показать, что алгоритм Хэлли (11) является частным случаем итерационного процесса вида (13).

Конкретные алгоритмы определения управляющих воздействий u_k в рекуррентных формах получаются, если в выражения (8), (10) и (11) подставить формулу (5) для функции $f(u)$ и учитывать соотношение (6) для ее частных производных. Алгоритмы второго порядка, построенные на основе методов Чебышева и Хэлли, целесообразно реализовать в виде двухступенчатой процедуры. Первоначально, используя метод Ньютона–Рафсона, вычисляется значение v_k по формуле (8), затем – δ_k, а на второй ступени управляющее воздействие u_k уточняется в соответствии с выражениями (12) или (13).

Свойства итерационных процедур в прикладной математике [9] оценивают по степени приближения дискретной последовательности u_k к точному решению u^* нелинейного уравнения (7) и для этого получают и исследуют аналитические зависимости $\varepsilon_k = u_k - u^*$ от $\varepsilon_{k-1} = u_{k-1} - u^*$. Например, по показателю скорости сходимости метод Ньютона–Рафсона имеет квадратичную, а алгоритмы Чебышева и Хэлли – кубическую сходимость [8; 9]. Анализ малых отклонений $\varepsilon_{k-1} \to 0$ позволяет также говорить и о более высокой точности методов второго порядка в определении u^*, так как для них ε_k пропорциональна ε^3_{k-1}, в то время как у Ньютона–Рафсона – ε^2_{k-1}. При реализации рекуррентных процедур формирования u_k в замкнутых системах управления точность оценивается по степени близости выходной переменной к входному или задающему воздействию [1; 2; 5].

Анализ точности процессов управления в замкнутых системах. Динамическая ошибка в замкнутой системе e_{k+1} представляет собой n-мерный вектор и вычисляется по формуле

$$e_{k+1} = g_{k+1} - x_{k+1}. \tag{16}$$

Дискретное значение x_{k+1} является реакцией объекта на управляющее воздействие u_k. Допустим, что u_k формируется на основе выражения (8) метода Ньютона–Рафсона, тогда при условии, что $\delta_k \to 0$, модель (1) записывается в виде

$$x_{k+1} = A\,x_k + +B\left[\varphi_{k-1} + \varphi'_{k-1}\delta_k + 0{,}5\varphi''_{k-1}\delta_k^2 + O\left(\delta^3\right)\right]. \tag{17}$$

Здесь и в дальнейшем приняты обозначения

$$\varphi_{k-1}^{(i)} = \varphi^{(i)}\left(u_{k-1}\right),\ i = 0,\ 1,\ 2,\ 3.$$

Разность управлений δ_k определяется по формуле (15) и с учетом выражений (5) и (6) вычисляется следующим образом:

$$\delta_k = \left[\varphi'_{k-1}\right]^{-1}\left[B^+\left(g_{k+1} - A\,x_k\right) - \varphi_{k-1}\right]. \tag{18}$$

После подстановки δ_k в уравнение (17) и несложных преобразований получается

$$x_{k+1} = g_{k+1} + 0{,}5\,B\,\varphi''_{k-1}\delta_k^2 + O\left(\delta_k^3\right).$$

Динамическая ошибка (16) при реализации в системе алгоритма управления (8) на основе метода первого порядка Ньютона–Рафсона определяется выражением

$$e^{(1)}_{k+1} = -0{,}5\,B\,\varphi''_{k-1}\delta_k^2 + O\left(\delta_k^3\right) \tag{19}$$

или приближенным равенством

$$e^{(1)}_{k+1} \approx -0{,}5\,B\,\varphi''_{k-1}\delta_k^2, \tag{20}$$

которое получено из формулы (19) при $\delta_k \to 0$.

Допустим, что в системе реализуются алгоритмы управления второго порядка. Введем для разности управлений обозначение

$$\Delta u_k = u_k - u_{k-1}.$$

По аналогии с записью (17) представим уравнение объекта (1) при $\Delta u_k \to 0$ в форме

$$x_{k+1} = Ax_k + B\begin{bmatrix} \varphi_{k-1} + \varphi'_{k-1}\Delta u_k + 0,5\varphi''_{k-1}\Delta u_k^2 + \\ + \frac{1}{6}\varphi^{(3)}_{k-1}\Delta u_k^3 + O\left(\Delta u_k^4\right) \end{bmatrix}. \quad (21)$$

Оценим точность системы при формировании управления u_k в соответствии с выражением (12) метода Чебышева. Разность управлений Δu_k записывается в виде

$$\Delta u_k = \left[\varphi'_{k-1}\right]^{-1} \times \times\left[B^{+}\left(g_{k+1} - Ax_k\right) - \varphi_{k-1} - 0,5\varphi''_{k-1}\delta_k^2\right], \quad (22)$$

где δ_k определяется выражением (18).

Формула (22) с учетом равенства (18) переписывается как

$$\Delta u_k = \delta_k - 0,5\left[\varphi'_{k-1}\right]^{-1}\varphi''_{k-1}\delta_k^2. \quad (23)$$

После подстановки в уравнение (21) только Δu_k, определяемого выражением (22), получается, что

$$x_{k+1} = g_{k+1} + B\begin{bmatrix} 0,5\varphi''_{k-1}\Delta u_k^2 - 0,5\varphi''_{k-1}\delta_k^2 + \\ + \frac{1}{6}\varphi^{(3)}_{k-1}\Delta u_k^3 + O\left(\Delta u_k^4\right) \end{bmatrix}.$$

Представим Δu_k^2 и Δu_k^3 в виде

$$\Delta u_k^2 = \delta_k^2 - \left[\varphi'_{k-1}\right]^{-1}\varphi''_{k-1}\delta_k^3 + O\left(\delta_k^4\right),$$

$$\Delta u_k^3 = \delta_k^3 + O\left(\delta_k^4\right),$$

тогда

$$x_{k+1} = g_{k+1} + B\left[\frac{1}{6}\varphi^{(3)}_{k-1} - 0,5\left(\varphi'_{k-1}\right)^{-1}\left(\varphi''_{k-1}\right)^2\right]\delta_k^3 + O\left(\delta_k^4\right). \quad (24)$$

Введем обозначение

$$\beta_{22} = \frac{1}{6}\varphi^{(3)}_{k-1} - 0,5\left(\varphi'_{k-1}\right)^{-1}\left(\varphi''_{k-1}\right)^2. \quad (25)$$

Точность системы при использовании в устройстве управления алгоритма Чебышева (при $\delta_k \to 0$) оценивается приближенным равенством

$$e^{(22)}_{k+1} \approx -B\beta_{22}\delta_k^3. \quad (26)$$

Допустим, что в системе реализуется алгоритм Хэлли, тогда

$$\Delta u_k = \left[\varphi'_{k-1} + 0,5\varphi''_{k-1}\delta_k\right]^{-1} \times \times\left[B^{+}\left(g_{k+1} - Ax_k\right) - \varphi_{k-1}\right], \quad (27)$$

где δ_k также определяется формулой (18).

Выражение (27) при $\delta_k \to 0$ представляется рядом Тейлора вида

$$\Delta u_k = \delta_k - 0,5\left[\varphi'_{k-1}\right]^{-1}\varphi''_{k-1}\delta_k^2 + +0,25\left[\left(\varphi'_{k-1}\right)^2\right]^{-1}\left(\varphi''_{k-1}\right)^2\delta_k^3 + O\left(\delta_k^4\right). \quad (28)$$

После подстановки в уравнение объекта (21) разности Δu_k в форме (27) получается

$$x_{k+1} = g_{k+1} + B\begin{bmatrix} 0,5\varphi''_k\Delta u_k^2 - 0,5\varphi''_{k-1}\delta_k^2 + \\ +0,25(\varphi'_{k-1})^{-1}(\varphi''_{k-1})^2\delta_k^3 + \\ + \frac{1}{6}\varphi^{(3)}_{k-1}\Delta u_k^3 + O\left(\Delta u^4\right) \end{bmatrix}. \quad (29)$$

Представим выражения Δu_k^2 и Δu_k^3, используя для Δu_k формулу (28), в следующем виде:

$$\Delta u_k^2 = \delta_k^2 - \left[\varphi'_{k-1}\right]^{-1}\varphi''_{k-1}\delta_k^3 + O\left(\delta_k^4\right);$$

$$\Delta u_k^3 = \delta_k^3 + O\left(\delta_k^4\right),$$

тогда состояние объекта x_{k+1} записывается в форме

$$x_{k+1} = g_{k+1} + B\left[\frac{1}{6}\varphi^{(3)}_{k-1} - 0,25\left(\varphi'_{k-1}\right)^{-1}\left(\varphi''_{k-1}\right)^2\right]\delta_k^3 + O\left(\delta_k^4\right). \quad (30)$$

По аналогии с выражением (25) вводится

$$\beta_{21} = \frac{1}{6}\varphi^{(3)}_{k-1} - 0,25\left(\varphi'_{k-1}\right)^{-1}\left(\varphi''_{k-1}\right)^2 \quad (31)$$

и для вектора динамической ошибки при $\delta_k \to 0$ справедливо приближенное равенство

$$e^{(21)}_{k+1} \approx -B\beta_{21}\delta_k^3. \quad (32)$$

Сравнительный анализ методов второго порядка предлагается осуществлять следующим образом. Допустим, что в системе реализован идеальный алгоритм управления второго порядка с использованием δ_k^2 (примеры таких итерационных методов приводятся в [9]), тогда ошибка такой квадратичной аппроксимации определяется приближенным равенством

$$e^{(2)}_{k+1} \approx -\frac{1}{6}B\varphi^{(3)}_{k-1}\delta_k^3. \quad (33)$$

Введем для оценки степени близости приближенных алгоритмов к идеальной системе второго порядка разности

$$\Delta e^{(21)}_{k+1} = e^{(2)}_{k+1} - e^{(21)}_{k+1} \text{ и } \Delta e^{(22)}_{k+1} = e^{(2)}_{k+1} - e^{(22)}_{k+1}.$$

Определим величину δ_k^3 из выражения (32) и подставим в формулы (31) и (26). После несложных преобразований получается

$$\Delta e^{(21)}_{k+1} \approx 1,5\left[\varphi'_{k-1}\varphi^{(3)}_{k-1}\right]^{-1}\left(\varphi''_{k-1}\right)^2 e^{(2)}_{k+1}, \quad (34)$$

$$\Delta e^{(22)}_{k+1} \approx 3\left[\varphi'_{k-1}\varphi^{(3)}_{k-1}\right]^{-1}\left(\varphi''_{k-1}\right)^2 e^{(2)}_{k+1}. \quad (35)$$

Анализ выражений для дискретных значений приближенных ошибок (20), (26) и (32) при $\delta_k \to 0$ говорит о более высокой точности систем, в которых реализованы алгоритмы второго порядка. В методе Ньютона–Рафсона, в соответствии с формулой (20), динамическая ошибка $e^{(1)}_{k+1}$ пропорциональна δ_k^2, а в методах второго порядка, согласно выражениям (26) и (32), ошибки $e^{(22)}_{k+1}$ и $e^{(21)}_{k+1}$ зависят от δ_k^3, т. е. на порядок меньше. Аналогичный вывод получен и для итерационных процедур нахождения корня нелинейного уравнения [9; 10].

Формулы для оценки норм векторов приведем в силу их компактности только для соотношений (34) и (35). Допустим, что

$m_1 = \min\left|\varphi'(u)\right|$, $m_3 = \min\left|\varphi^{(3)}(u)\right|$ и $M_2 = \max\left|\varphi''(u)\right|$,

тогда

$$\left\|\Delta e^{(21)}\right\| \le \frac{1,5M_2^2}{m_1 m_3}\left\|e^{(2)}\right\| \text{ и } \left\|\Delta e^{(22)}\right\| \le \frac{3M_2^2}{m_1 m_3}\left\|e^{(2)}\right\|.$$

Полученные неравенства позволяют утверждать, что при реализации в устройстве управления алгоритма Хэлли ошибка в замкнутой системе приблизительно в 2 раза меньше, чем у аналогичной системы, использующей метод Чебышева.

Пример. Рассмотрим объект управления первого порядка, описываемый разностным уравнением

$$x_{k+1} = a\,x_k + b\,\mathrm{th}\,u_k\,,\quad x_0 = 0\,. \qquad (36)$$

Выбраны следующие значения параметров: $a = 0{,}6$ и $b = 0{,}9$. Требуемая траектория движения – единичная функция, т. е. $g_{k+1} = 1$.

Характеристика НЭ $\varphi(u) = \mathrm{th}\,u$ принадлежит классу $\varphi(u)$ O $C^{\text{ц}}$ и для нее выполняется свойство диффеоморфизма [2], поэтому существует аналитическое решение, и управляющее воздействие определяется по формуле

$$u_k = \mathrm{arcth}\left[b^{-1}\left(g_{k+1} - a\,x_k\right)\right],$$

$$u_0 = 0\,.$$

В замкнутой системе переход из нулевого состояния $x_0 = 0$ в конечное $x_1 = 1$ будет происходить за один шаг.

Рассмотрим применение приближенных алгоритмов. Построим в соответствии с формулой (5) функцию $f(u)$ для исследуемого объекта в виде

$$f\left(u\right) = b^{-1}\left(g_{k+1} - a\,x_k\right) - \mathrm{th}\,u. \qquad (37)$$

Допустим, что управляющее воздействие u_k будем формировать на основе итерационного метода Ньютона–Рафсона, поэтому, используя выражение (8), получим

$$u_k = u_{k-1} + b^{-1}\,\mathrm{ch}^2\,u_{k-1}\left[g_{k+1} - a\,x_k - b\,\mathrm{th}\,u_{k-1}\right],$$

$$u_0 = 0\,. \qquad (38)$$

Алгоритмы второго порядка могут быть получены непосредственно из формул (10) и (11) либо из процедур (12) и (13), в которых для исследуемого объекта величина δ_k равна

$$\delta_k = b^{-1}\,\mathrm{ch}^2\,u_{k-1}\left[g_{k+1} - a\,x_k - b\,\mathrm{th}\,u_{k-1}\right].$$

Графики переходных процессов в замкнутых системах, в которых реализованы рассматриваемые приближенные алгоритмы формирования управляющих воздействий, приведены на рисунке. Переход системы из нулевого состояния в конечное при использовании алгоритмов второго порядка происходит на один шаг быстрее.

Экспериментальные исследования для проверки адекватности полученных аналитических выражений проводились следующим образом. Затухание переходных процессов во всех системах происходит до пятого шага, поэтому при $k = 5$ происходит кратковременное возмущение состояния объекта на величину Δx. В системах в соответствии с алгоритмами (8), (12) или (13) вырабатывается управляющее воздействие u_k, которое компенсирует появившееся отклонение Δx практически за два шага (см. рисунок). Теоретические значения ошибок рассчитывались для метода Ньютона–Рафсона по формуле (20), а алгоритмов Чебышева и Хэлли – соответственно по выражениям (26) и (31), в которых использовались δ_k, полученные в результате моделирования. Экспериментальные ошибки вычислялись непосредственно по формуле (16).

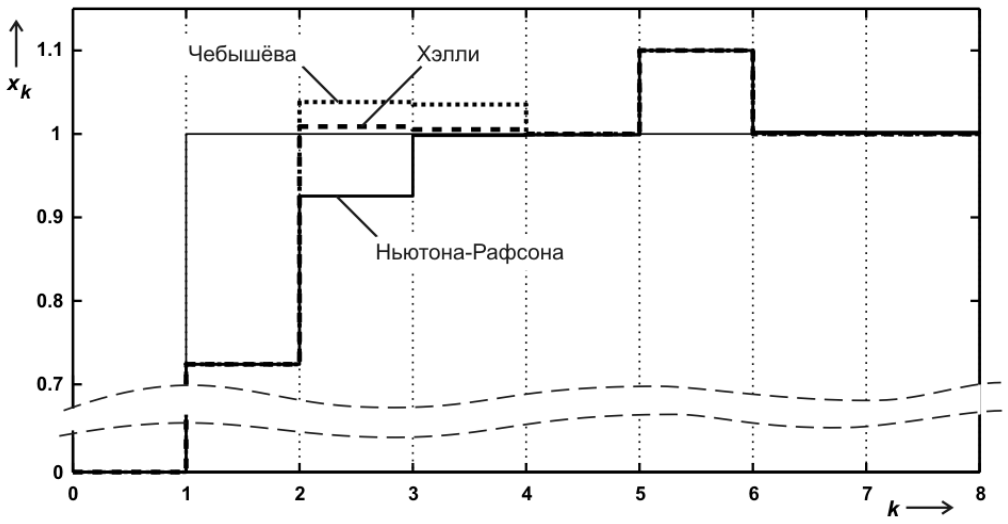
Результаты моделирования при $\Delta x = 0{,}1$ всех трех систем в виде теоретических и экспериментальных значений ошибок приведены в табл. 1.

Сравнительный анализ приведенной информации подтверждает, во-первых, адекватность полученных аналитических выражений, во-вторых, тот факт, что точность систем, в которых реализованы алгоритмы второго порядка выше, и, в-третьих, что меньшую ошибку имеет система с алгоритмом Хэлли (приблизительно в 2 раза).

Моделирование проводилось и для других значений отклонений состояния объекта и при $\Delta x = 0{,}7$ (см. табл. 2).

Произошло ухудшение показателя точности во всех системах и возросло расхождение между экспериментальными и теоретическими значениями, так как ошибки зависят от δ_k и необходимо, чтобы $\delta_k \to 0$, а при больших Δx это условие не выполняется.

Возмущение Δx практически компенсируется по-прежнему за два шага. Целесообразно в регуляторах применять двухступенчатые приближенные алгоритмы, особенно на первых шагах формирования воздействия u_k. Вначале вычисляются значения v_k методом первого порядка, затем, если ошибка δ_k достаточно большая, то уточняется значение u_k предлагаемыми алгоритмами управления.



Переходные процессы в системах при различных методах управления

Таким образом, в работе была рассмотрена задача траекторного управления дискретным многомерным объектом с одним нелинейным элементом. Введена новая нелинейная функция, которая при заданных значениях требуемой траектории и наблюдаемого вектора состояния зависит только от одного аргумента – управления. Рекуррентными алгоритмами являются итерационные процедуры нахождения корня нелинейного уравнения.

Методика формирования и исследования приближенных алгоритмов приведена на примере трех, построенных на основе численных методов Ньютона–Рафсона, Чебышева и Хэлли. При реализации их в замкнутых системах получены аналитические выражения для точности процессов управления, которые предлагается использовать для сравнительного анализа. Моделирование систем и результаты экспериментальных исследований подтвердили адекватность полученных теоретических оценок точности.

Из вышеуказанного можно сделать вывод о возможности применения для формирования рекуррентных алгоритмов управления достаточно хорошо известных и изученных итерационных процедур решения нелинейных уравнений.

Библиографический список

1. Методы классической и современной теории автоматического управления : в 5 т. Т. 5. Методы современной теории автоматического управления / под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. М. : Изд-во Моск. гос. техн. ун-та им. Н. Э. Баумана, 2004.

2. Мирошник, И. В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы / И. В. Мирошник. СПб. : Питер, 2006.

3. Аграчев, А. А. Геометрическая теория управления / А. А. Аграчев, Ю. Л. Сачков. М. : Физматлит, 2005.

4. Нестационарные системы автоматического управления: анализ, синтез и оптимизация / под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. М. : Изд-во Моск. гос. техн. ун-та им. Н. Э. Баумана, 2007.

5. Ким, Д. П. Теория автоматического управления: в 2 т. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы / Д. П. Ким. М. : Физматлит, 2004.

6. Крутько, П. Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Нелинейные системы / П. Д. Крутько. М. : Наука, 1988.

7. Рубан, А. И. Адаптивное управление с идентификацией / А. И. Рубан. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1983.

8. Бахвалов, Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов. М. : Наука, 1973

9. Трауб, Дж. Итерационные методы решения уравнений / Дж. Трауб. М. : Мир, 1985.

10. Когут, А. Т. Полиномиальная аппроксимация в некоторых задачах оптимизации и управления / А. Т. Когут. Омск : Ом. гос. ун-т путей сообщения, 2003.

Таблица 1

Теоретические и экспериментальные ошибки системы для различных алгоритмов управления при $\Delta x = 0{,}1$

k	Метод Ньютона–Рафсона $e_k^{(1)}$		Метод Хэлли $e_k^{(21)}$		Метод Чебышева $e_k^{(22)}$	
	Теоретические	Экспериментальные	Теоретические	Экспериментальные	Теоретические	Экспериментальные
6	$2{,}3\cdot10^{-3}$	$2{,}2\cdot10^{-3}$	$1{,}4\cdot10^{-4}$	$1{,}3\cdot10^{-4}$	$2{,}2\cdot10^{-4}$	$2{,}2\cdot10^{-4}$
7	$2{,}0\cdot10^{-3}$	$2{,}0\cdot10^{-3}$	$1{,}1\cdot10^{-4}$	$1{,}2\cdot10^{-4}$	$1{,}6\cdot10^{-4}$	$1{,}7\cdot10^{-4}$
8	$2{,}3\cdot10^{-6}$	$2{,}3\cdot10^{-6}$	$1{,}3\cdot10^{-11}$	$1{,}4\cdot10^{-11}$	$6{,}7\cdot10^{-11}$	$6{,}7\cdot10^{-11}$
9	$9{,}2\cdot10^{-7}$	$9{,}3\cdot10^{-7}$	$2{,}6\cdot10^{-13}$	$2{,}6\cdot10^{-13}$	$1{,}1\cdot10^{-12}$	$1{,}1\cdot10^{-12}$
10	$5{,}3\cdot10^{-15}$	$5{,}1\cdot10^{-15}$	0	0	0	0

Таблица 2

Теоретические и экспериментальные ошибки системы для различных алгоритмов управления при $\Delta x = 0{,}7$

k	Метод Ньютона–Рафсона $e_k^{(1)}$		Метод Хэлли $e_k^{(21)}$		Метод Чебышева $e_k^{(22)}$	
	Теоретические	Экспериментальные	Теоретические	Экспериментальные	Теоретические	Экспериментальные
6	0,109 2	0,073 5	0,047 1	0,034 1	0,075 2	0,061 8
7	0,033 8	0,028 5	0,019 6	0,019 0	0,012 9	0,013 3
8	$1{,}38\cdot10^{-6}$	$1{,}38\cdot10^{-6}$	$7{,}13\cdot10^{-5}$	$7{,}85\cdot10^{-5}$	$1{,}55\cdot10^{-4}$	$1{,}66\cdot10^{-4}$
9	$1{,}92\cdot10^{-4}$	$1{,}90\cdot10^{-4}$	$9{,}53\cdot10^{-7}$	$9{,}30\cdot10^{-7}$	$4{,}87\cdot10^{-7}$	$4{,}83\cdot10^{-7}$
10	$5{,}67\cdot10^{-8}$	$5{,}67\cdot10^{-8}$	$7{,}30\cdot10^{-14}$	$7{,}33\cdot10^{-14}$	$1{,}03\cdot10^{-12}$	$1{,}04\cdot10^{-12}$

A. T. Kogut, N. Yu. Panfilova

FORMATION OF ALGORITHMS OF OPERATING INFLUENCES ON THE BASIS OF NUMERICAL METHODS

Possibility and technique of synthesis recurrent algorithms of control by nonlinear objects in the form of iterative procedures of numerical methods is considered. Accuracy of the closed systems is investigated at realisation in regulators offered methods. The comparative analysis of the received analytical expressions and results of imitating modelling, and also synthesised algorithms is carried out.

Keywords: object, algorithm, management, accuracy, method, equation.

УДК 681.332.53/519.676

Е. И. Алгазин, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин

ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ ИНВАРИАНТНЫМ МЕТОДОМ ПРИ НАЛИЧИИ АДДИТИВНОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ГАУССОВСКОЙ ПОМЕХИ С КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИЕЙ ОБЩЕГО ВИДА

Рассматривается инвариантная система обработки информации, основанная на синхронном детектировании. При расчете параметров такой системы принято допущение, что отсчеты поднесущей зашумлены аддитивно помехой, отсчеты которой коррелированы между собой. Произведено сравнение количественных оценок работы такой системы с количественными показателями известной инвариантной системы при некоррелированности отсчетов шума и их слабой корреляции.

Ключевые слова: помехоустойчивость, инвариант, вероятность попарного перехода, отношение сигнал/шум, коэффициент корреляции.

В работах [1–5] инвариантная система передачи информации строилась таким образом, что на станции А (передающая сторона) информационные и обучающие части каждого передаваемого блока формировались отдельно.

Для этих случаев найдена вероятность ошибочного приема, которая, как минимум, на два порядка меньше вероятности ошибочного приема классических алгоритмов с амплитудной модуляцией.

В данной работе предлагается на станции А формировать информационные и обучающие сигналы, перемежающиеся между собой.

Постановка задачи. Имеем канал связи, ограниченный частотами $f_н$ и $f_в$. Состояние канала связи определяется интервалом стационарности, внутри которого действие мультипликативной помехи описывается постоянством коэффициента передачи $k(t)$ на определенной частоте.

Алгоритм приема определяется несущей частотой, задаваемой как средняя частота канала, и поднесущей, которой модулируется несущая.

Структуру блока определим для простоты как элементы информационной последовательности на четных местах в блоке, а обучающие сигналы, равные единице, на нечетных местах в блоке.

На приемной стороне результирующая произведения обучающих сигналов и опорного сигнала генератора усредняется и используется для демодуляции информационной части блока. При этом из-за изменения параметров канала связи информационные и обучающие сигналы зашумлены аддитивной помехой.

В данном исследовании предполагается, что отсчеты аддитивной помехи коррелированы между собой.

Необходимо произвести расчет вероятности попарного перехода инвариантов в такой системе. Для этого необходимо найти аналитическое выражение плотности вероятности оценки инварианта.

Решение поставленной задачи. Рассмотрим процесс передачи. На каждом шаге передается либо обучающий сигнал, амплитуда которого равна единице, либо информационный сигнал, принимающий значения 1, 2, 3, …, M, где M – объем алфавита инвариантной системы.

Информационный и обучающий сигналы передаются с защитным временным интервалом.

Это означает, что между соседними сигналами предусмотрена пассивная пауза (рис. 1). Совокупность информационных и обучающих сигналов сформирована в виде блоков. На рис. 1, к примеру, блок содержит семь элементов.

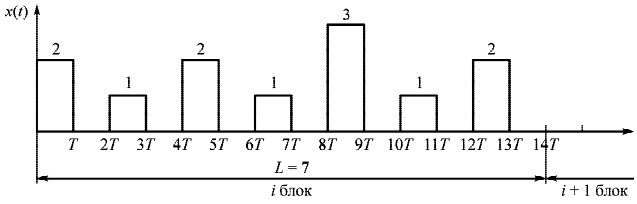


Рис. 1. Структура блока передаваемой информации

Длительность блока определяется как $T_{бл} = T \cdot 2L$, где T – длительность сигнала; L – количество сигналов; $x(t)$ – случайный процесс, принимающий значения, равные 1, 2, 3, …, M.

Сигнал передачи $x(t)$ в дальнейшем модулирует поднесущую частоту, огибающая отсчетов которой подчиняется синусоидальному закону.

Информационный сигнал на приемной стороне имеет следующий вид:

$$Y_{пр}(t) = x(t) \cdot S(t) \cdot k + \xi(t),$$

где $x(t)$ – сигнал передачи; $S(t) = A\sin(2\pi f_п t)$ – поднесущая; k – коэффициент передачи канала; $\xi(t)$ – аддитивная помеха.

При приеме каждый сигнал в блоке считывается N раз через интервал времени Δt и умножается на $S(t)$.

Для каждого информационного сигнала $I_i (i = 1, \ldots, M)$ отсчеты берутся в моменты времени

$$t_{l,n} = (2l - 2)T + \frac{n}{N}T,$$

где $1 \le l \le L$, $1 \le n \le N$; N – количество отсчетов.

Рассмотрим прием при наличии аддитивной и мультипликативной помехи.

Шум канала связи x(t) является стационарным гауссовским случайным процессом с нулевым математическим ожиданием, дисперсией σ^2 и корреляционной функцией, подчиняющейся следующему закону [6]:

$$E\left(\xi(t)\xi(0)/\sigma^2\right) = R(t) = E\left(\frac{\xi(t+\tau)\xi(\tau)}{\sigma^2}\right),$$

где τ – любое число в силу стационарности.

Оценка инварианта с учетом вышеописанных ограничений при воздействии мультипликативной и аддитивной помехи может быть вычислена следующим образом:

$$\mathrm{INV}_l^* = \frac{\sum_{n=1}^{N}\left(k\cdot \mathrm{INV}_l\cdot S\left(t_{l,n}\right)+\xi\left(t_{l,n}\right)\right)\cdot S\left(t_{l,n}\right)}{\frac{1}{\#(G)}\sum_{j\in G}\sum_{n=1}^{N}\left(k\cdot S\left(t_{j,n}\right)+\xi\left(t_{j,n}\right)\right)\cdot S\left(t_{j,n}\right)} = \frac{A}{B}, \quad (1)$$

где k – коэффициент передачи канала; INV_l – l-й передаваемый инвариант; $t(l, n)$ – момент времени когда берется n-й отсчет в l-м сигнале; $S(t_{l,n})$ – значение $\sin(2\pi f_{\text{н}} t)$ в l-м сигнале на n-м отсчете; $\xi(t_{l,n})$ – помеха в l-м сигнале на n-м отсчете; $\#(G)$ – число элементов множества G; G – множество номеров шагов, на которых передается обучающий сигнал.

При вычислении качественных характеристик, таких как вероятность попарного перехода необходимо знать выражение плотности распределения оценки инварианта.

Воспользуемся известным подходом оценки вероятности попарного перехода, описанным, к примеру, в [7]

$$P_{\text{пер}} = P_1\int_0^{Z_{\text{р}}} W_2(z)\,dz + P_2\int_{Z_{\text{р}}}^{\infty} W_1(z)\,dz, \quad (2)$$

где $P_{\text{пер}}$ – вероятность перехода INV_1 в INV_2 и наоборот; P_1 – вероятность появления INV_1; P_2 – вероятность появления INV_2. Первый интеграл – вероятность появления INV_2, когда послан INV_1. Второй интеграл – вероятность появления INV_1, когда послан INV_2; $Z_{\text{р}}$ – пороговое значение, необходимое для вычисления $P_{\text{пер}}$; при известных P_1 и P_2 оно определяется с помощью наилучшей байесовской оценки путем минимизации $P_{\text{пер}}$ по $Z_{\text{р}}$. При неизвестных P_1 и P_2 выбираем $P_1 = P_2 = 0{,}5$.

На основании выражения (1) вычислим математические ожидания и дисперсии случайных величин A и B.

Математическое ожидание числителя будет равно [6]

$$m_A = E(A) = \sum_{n=1}^{N} k\cdot \mathrm{INV}_l\, S^2\left(t_{l,n}\right) \approx \frac{k\cdot \mathrm{INV}_l\, N}{2}. \quad (3)$$

Математическое ожидание знаменателя будет равно [6]

$$m_B = E(B) = \frac{1}{\#(G)}\sum_{j\in G}\sum_{n=1}^{N} k\cdot S^2\left(t_{j,n}\right) \approx \frac{k\cdot N}{2}. \quad (4)$$

Дисперсия числителя будет равна [6]

$$\sigma_A^2 = D(A) = D\left(\sum_{i=1}^{N}\xi_{l,n}S_{l,n}\right), \quad (5)$$

где $\xi_{l,n} = \xi(t_l, n)$ – отсчеты аддитивной помехи; $S_{l,n} = S(t_l, n)$ – отсчеты информационного сигнала.

Тогда величину дисперсии числителя можно определить через функцию ковариации [6]

$$\sigma_A^2 = \sum_{n=1}^{N}\sum_{n'=1}^{N}\mathrm{cov}\left(\xi_{l,n}S_{l,n};\xi_{l,n'}S_{l,n'}\right) = \sum_{n=1}^{N}\sum_{n'=1}^{N} S_{l,n}S_{l,n'}\sigma^2\,\mathrm{corr}\left(\xi_{l,n}\xi_{l,n'}\right).$$

Так как

$$t_{l,n} - t_{l,n'} = \frac{2n-1}{2N}T - \frac{2n'-1}{2N}T = \frac{1}{N}(n-n')T,$$

то

$$\mathrm{corr}\left(\xi_{l,n}\xi_{l,n'}\right) = R\left(\frac{(n-n')T}{N}\right),$$

где $R(t) = e^{-\alpha|t|}$ – коэффициент корреляции; α – коэффициент затухания, α экспериментально определен как $\alpha = 3\,400$.

Таким образом, с учетом вышесказанного дисперсия числителя будет равна

$$\sigma_A^2 = \sigma^2\sum_{n=1}^{N}\sum_{n'=1}^{N} S_{l,n}S_{l,n'}R\left(\frac{(n-n')T}{N}\right). \quad (6)$$

Аналогично дисперсия знаменателя будет равна

$$\sigma_B^2 = D(B) = \frac{1}{\left(\#(G)\right)^2}\times \sum_{j\in G}\sum_{j'\in G}\sum_{n=1}^{N}\sum_{n'=1}^{N} S_{j,n}S_{j',n'}\sigma^2\,\mathrm{corr}\left(\xi_{j,n}\xi_{j',n'}\right).$$

Так как

$$t_{j,n} - t_{j',n'} = (2j-2)T + \frac{2n-1}{2N}T - (2j'-2)T - \frac{2n'-1}{2N}T = \left(2(j-j') + \frac{n-n'}{N}\right)T,$$

то

$$\sigma_B^2 = \frac{\sigma^2}{\left(\#(G)\right)^2}\times \sum_{j\in G}\sum_{j'\in G}\sum_{n=1}^{N}\sum_{n'=1}^{N} S_{j,n}S_{j',n'}R\left(\left(2(j-j') + \frac{n-n'}{N}\right)T\right). \quad (7)$$

Будем полагать, что функция корреляции числителя и знаменателя подчиняется следующему закону [6]:

$$\rho = \mathrm{corr}(A;B) = \frac{\mathrm{cov}(A;B)}{\sigma_A\sigma_B}, \quad (8)$$

где

$$\mathrm{cov}(A;B) = \frac{1}{\#(G)}\times \sum_{n=1}^{N}\sum_{j\in G}\sum_{n'=1}^{N} S_{l,n}S_{j,n'}\sigma^2\,\mathrm{corr}\left(\xi_{l,n}\xi_{j,n'}\right) = \frac{\sigma^2}{\#(G)}\sum_{n=1}^{N}\sum_{j\in G}\sum_{n'=1}^{N} S_{l,n}S_{j,n'}R\left(\left(2(l-j) + \frac{n-n'}{N}\right)T\right). \quad (9)$$

С учетом вышеприведенных выкладок выражение оценки инварианта запишем в следующем виде:

$$\mathrm{INV}_l^* = \frac{m_A + \sigma_A\left(\rho\eta_1 + \sqrt{1-\rho^2}\,\eta_2\right)}{m_B + \sigma_B\eta_1}, \quad (10)$$

где η_1 и η_2 являются независимыми случайными величинами, имеющими стандартное нормальное распределение.

Для описания плотности распределения $W(z)$ оценки инварианта и удобства дальнейших вычислений положим $\eta_1 = x$.

Тогда $z = \dfrac{m_A + \sigma_A\left(\rho\cdot x + \sqrt{1-\rho^2}\,\eta_2\right)}{m_B + \sigma_B x}$,

$$z\left(m_B + \sigma_B x\right) = m_A + \sigma_A\cdot\rho\cdot x + \sigma_A\sqrt{1-\rho^2}\,\eta_2,$$

$$\eta_2 = \frac{z\left(m_B + \sigma_B x\right) - m_A - \sigma_A\cdot\rho\cdot x}{\sigma_A\sqrt{1-\rho^2}},$$

$$\eta'_2 = \frac{\left(m_B + \sigma_B x\right)}{\sigma_A\sqrt{1-\rho^2}}.$$

Аналитическое выражение плотности вероятности оценки инварианта будет равно

$$W(z)=\int_{-\infty}^{\infty}\varphi(x)\varphi\left(\frac{z(m_B+\sigma_B x)-m_A-\sigma_A\cdot\rho\cdot x}{\sigma_A\sqrt{1-\rho^2}}\right)\times \times\frac{|m_B+\sigma_B x|}{\sigma_A\sqrt{1-\rho^2}}dx, \quad (11)$$

где $\varphi(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-x^2/2}$.

При расчете плотности вероятности оценки инварианта $W(z)$ величины σ_A и σ_B определяются выражениями (6) и (7), а величины m_A и m_B определяются выражениями (3) и (4).

Результаты машинного моделирования. Расчет $P_{\text{пер}}$ производился численно по выражению (2) аппроксимацией формулы (9).

В классических системах с амплитудной модуляцией аналогом вероятности попарного перехода является вероятность ошибки, которая рассчитывается по известным формулам [7].

Вероятность попарного перехода и вероятность ошибки вычисляются для одинаковых значений отношения сигнал/шум h, которое вычисляется по формуле [7]

$$h^2=\frac{k^2\,\mathrm{INV}_l^2\,a}{N\sigma^2},$$

где $a=\sum_{i=1}^{N}S^2(i)$; σ^2 – дисперсия аддитивной помехи.

Пороговые значения $Z_{\text{р}}$ рассчитывались путем минимизации $P_{\text{пер}}$ в формуле (2). Для $k=1$ и $\mathrm{INV}_1=1$, $\mathrm{INV}_2=2$; 3; 4; 5; 6 вычисления дают результаты $Z_{\text{р}}=1{,}307$; 1,952; 2,438; 3,044; 3,55. Для $k=0{,}7$ и $\mathrm{INV}_1=1$, $\mathrm{INV}_2=2$; 3; 4; 5; 6 вычисления дают результат $Z_{\text{р}}=1{,}052$; 1,853; 2,430; 2,916; 3,563.

Результаты моделирования приведены на рис. 2 и 3.

Передача амплитудно-модулированных сигналов, образованных INV_l и $S_{\text{об}}$, обеспечивает на основе классических алгоритмов обработки информации, как правило, невысокую помехоустойчивость [7]. И только после обработки этих сигналов в соответствии с алгоритмом частного по выражению (1), получаем оценку инварианта, по сути, являющуюся числом, а не сигналом.

Как видно из рис. 2 и 3 вероятность попарного перехода одного инварианта в другой при больших отношениях сигнал/шум определяется величинами (10^{-1}...10^{-20}). При пересчете указанных выше величин вероятность ошибочного приема единичного символа в классических системах лежит в пределах (10^{-2}...10^{-5}).

По сути дела, при таком способе модулирующий сигнал вкладывается в отношение энергии информационного сигнала к энергии обучающего сигнала.

Эта величина, как указано в [1–5] остается неизменной при работе по каналам с переменными параметрами и этим объясняется высокая помехоустойчивость сигналов приема.

В заключение отметим, что предложенная инвариантная система обладает высокой помехоустойчивостью по сравнению с обычными классическими системами: вероятность попарного перехода как минимум на два порядка меньше вероятности ошибки в классических системах. Это позволяет использовать предложенную систему в условиях повышенных требований к помехоустойчивости в телекоммуникационных системах и системах телеуправления.

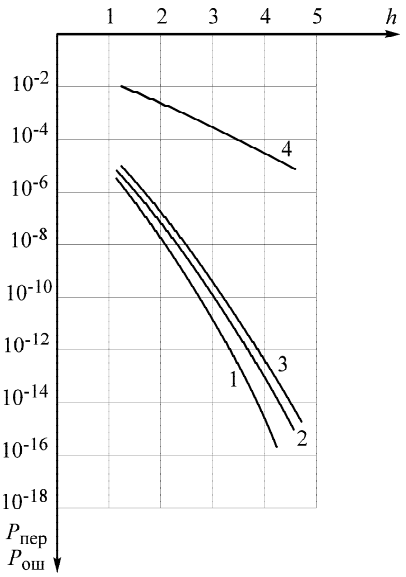


Рис. 2. Кривые помехоустойчивости инвариантной системы при отсутствии мультипликативной помехи: *1* – вероятность попарного перехода одного инварианта в другой при следующих заданных условиях: $k=1$; $\mathrm{INV}_1=1$; $\mathrm{INV}_2=2$, 3, …, 6 и отсутствии корреляции; *2* – вероятность попарного перехода одного инварианта в другой при тех же условиях и наличии корреляции; *3* – вероятность попарного перехода одного инварианта в другой при тех же условиях и наличии слабой корреляции при $R=0{,}7$; *4* – вероятность ошибки при классической амплитудной модуляции и когерентном приеме

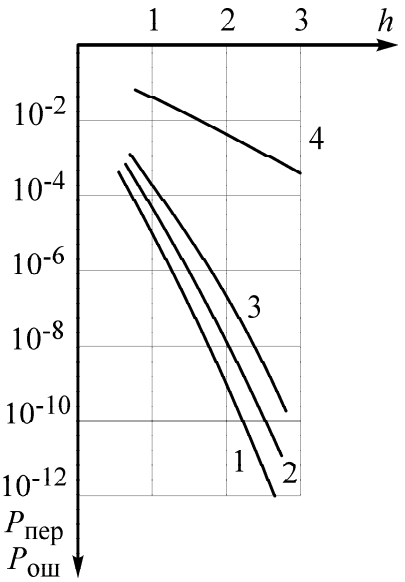


Рис. 3. Кривые помехоустойчивости при наличии мультипликативной помехи: *1* – вероятность попарного перехода одного инварианта в другой при следующих заданных условиях: $k=0{,}7$; $\mathrm{INV}_1=1$; $\mathrm{INV}_2=2$, 3, …, 6 и отсутствии корреляции; *2* – вероятность попарного перехода одного инварианта в другой при тех же условиях и наличии корреляции; *3* – вероятность попарного перехода одного инварианта в другой при тех же условиях и наличии слабой корреляции при $R=0{,}7$; *4* – вероятность ошибки при классической амплитудной модуляции и когерентном приеме

Предложенный способ формирования блока и его обработки улучшает качественные характеристики системы по сравнению со способом формирования информационной и обучающей последовательностей в виде отдельных частей блока.

Библиографический список

1. Алгазин, Е. И. Оценка помехоустойчивости инвариантной системы обработки информации при некогерентном приеме / Е. И. Алгазин, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин // Вестник СибГАУ. Красноярск, 2008. Вып. 2 (19). С. 38.

2. Алгазин, Е. И. Сравнительный анализ способов повышения помехоустойчивости инвариантной системы обработки информации / Е. И. Алгазин, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин // Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2008 : материалы IX Междунар. конф. Новосибирск, 2008. С. 17.

3. Алгазин, Е. И. Помехоустойчивость инвариантной относительной амплитудной модуляции / Е. И. Алгазин, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин // Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2008 : материалы IX Междунар. конф. Новосибирск, 2008. С. 20.

4. Алгазин, Е. И. Инвариантная система обработки информации при некогерентном приеме и ее количественные характеристики / Е. И. Алгазин, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин // Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2008 : материалы IX Междунар. конф. Новосибирск, 2008. С. 13.

5. Малинкин, В. Б. Инвариантный метод анализа телекоммуникационных систем передачи информации : моногр. / В. Б. Малинкин, Е. И. Алгазин, Д. Н. Левин, В. Н. Попантонопуло. Красноярск, 2006.

6. Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б. Р. Левин. 3-е изд. М. : Радио и связь, 1989.

7. Теплов, Н. Л. Помехоустойчивость систем передачи дискретной информации / Н. Л. Теплов. М. : Связь, 1964.

E. I. Algazin, A. P. Kovalevsky, V. B. Malinkin

TRANSMISSION OF SIGNALS WITH THE HELP OF THE INVARIANT METHOD BY THE ADDITIVE STATIONARY GAUSS NOISE WITH THE CORRELATIVE FUNCTION OF THE GENERAL KIND

The invariant system of information processing based on synchronous detecting is considered. By calculating the parameters of such kind of system it is admitted that the readings of the sub-carrier are interfered with the additive noise; its readings are correlated with each other.

Quantitative estimation of the operation of such kind of system is compared with the indices of the known invariant system by non-correlation of the noise readings and their weak correlation.

Keywords: noise immunity; invariant; probability of pair wise transition; signal/noise relation; coefficient of correlation.

УДК 004.78

Д. Д. Кононов, С. В. Исаев, О. С. Исаева

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫМ ЗАКАЗОМ[1]

Решается задача организации информационной среды для поддержки муниципального управления. Представлены алгоритмические и программные средства для решения задач Интернет-поддержки муниципального заказа. Предложенные подходы объединяют технологии традиционных баз данных с веб-технологиями. Особенностью решения задачи является объектная организация обмена данными между оперативной базой и веб-базой данных. Обеспечивается оперативное размещение информации на сайте, поддержка данных в актуальном состоянии, защита данных. Предложенные решения характеризуются универсальностью и кроссплатформенностью.

Ключевые слова: программные средства, веб-технологии, базы данных, системы поддержки управления, информационная безопасность.

Развитие и внедрение во все сферы деятельности новых информационно-коммуникационных технологий позволяет решать задачи организационного управления на существенно новом уровне. Поддержка муниципального управления наряду с созданием информационно-справочных ресурсов требует оперативного размещения ин-

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для ведущих научных школ НШ-3431.2008.9.

формации в открытом доступе – веб-публикации. В настоящее время активно идет процесс интеграции веб-систем и других информационных технологий, информационные системы приобретают, помимо традиционного, и веб-интерфейс.

Одной из важных задач муниципального управления является автоматизация процессов подготовки и размещения муниципального заказа. Формирование и развитие Интернет-ресурсов для поддержки управления муниципальным заказом создает оптимальные условия для удовлетворения информационных потребностей и реализации норм действующего законодательства в части расходования бюджетных средств.

В этой связи требуется организация информационной среды для размещения, хранения, оперативного обновления разнородной информации, связанной с потребностями бюджетополучателей в поставках товаров, выполнении работ, оказании услуг. Сайт муниципального образования становится средством взаимодействия органов власти, распорядителей бюджетных средств, товаропроизводителей и поставщиков в рамках единого процесса организации и размещения муниципального заказа.

Выполнение исследований по системной интеграции технологий для решения задачи поддержки муниципального заказа является актуальным и перспективным направлением. Требуется разработать информационно-справочную Интернет-систему, методы оперативной актуализации данных, обеспечивая синхронизацию рабочей базы данных специалистов муниципального заказа с веб-базой данных сайта.

Анализ информационных потоков данных позволил выполнить проектирование разделов сайта, отражающих основные информационно-зависимые задачи. На основе базы данных, описывающей деятельность специалистов муниципального заказа, выполнено проектирование структуры веб-базы данных. Выполнено проектирование подсистемы Интернет-публикации данных и методов передачи информации в зависимости от назначения раздела, объема данных и основных функциональных блоков подсистемы размещения данных, включая серверное и клиентское приложение. Важным фактором обеспечения работоспособности системы является анализ событий, связанных с изменением базы данных, происходящих в системе. Для решения этой задачи разработана структура и метода ведения журналов взаимодействий.

Реализация информационных разделов сайта и Интернет-системы включает функции авторизованного доступа к данным, сервисные функции поиска, фильтрации данных. Особое внимание уделялось исследованию задач безопасности и обеспечения кроссплатформенного функционирования сайта и информационной системы.

Внедрение и апробирование разработанных подходов и методов выполнялось для департамента муниципального заказа администрации города Красноярска в виде программного обеспечения раздела «Муниципальный заказ» официального сайта администрации города.

Проектирование разделов сайта. На основе анализа целевого назначения Интернет-системы, информационных потоков данных выполнено проектирование разделов сайта [1]. Сайт состоит из информационных блоков, отражающих разные аспекты деятельности специалистов муниципального заказа, содержит нормативно-правовые, методические, информационно-справочные материалы (рис. 1).

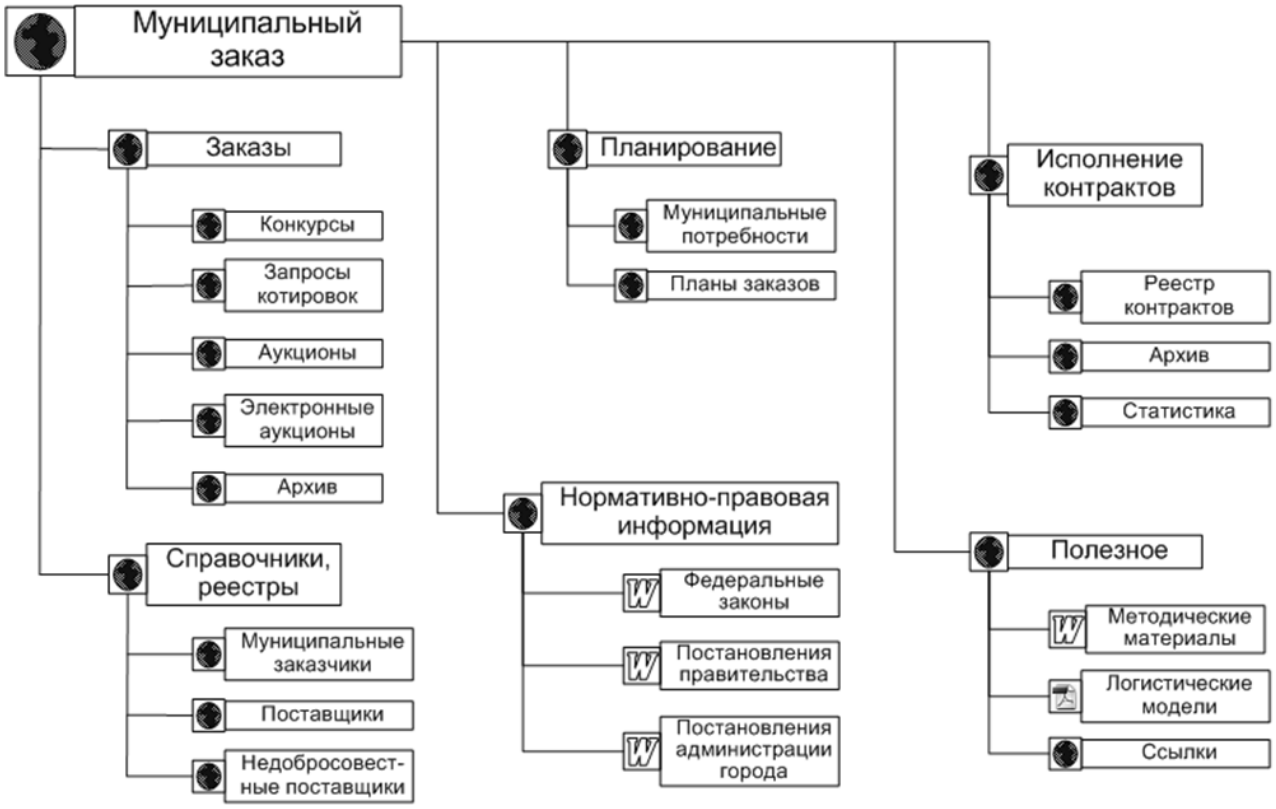


Рис. 1. Структура разделов сайта

Предложенная организация разделов сайта отвечает его целевой направленности – исполнять роль информационно-справочной базы для всех участников размещения муниципального заказа.

В связи многоцелевой направленностью системы выделены основные группы пользователей, информационные разделы структурированы и сгруппированы в соответствии с заданными ролями.

В зависимости от роли пользователя, выполнено проектирование правил для разделения прав доступа согласно ограничениям. Информационный состав разделов изменяется в зависимости от категории пользователей.

В структуру разделов включены архивы основных реестров, что позволит обеспечить преемственность данных и информационных объектов.

Для обеспечения функций информационного наполнения и ведения разделов сайта выполнено проектирование базы данных, Интернет-системы и средств синхронизации оперативной базы данных специалистов муниципального заказа и веб-базы данных. Особое внимание уделялось выбору технологии для решения задачи синхронизации данных.

Модель базы данных. Одним из требований, предъявляемых к Интернет-системе муниципального заказа, является обеспечение возможности синхронизации оперативной базы данных и базы данных веб-сервера, что влечет регулярные обновления больших объемов структурированной информации.

Синхронизация информации производится посредством специального шлюза, принимающего данные с автоматизированных рабочих мест. Объем оперативной базы данных очень велик и не требует полной публикации. Модель базы данных веб-сервера разработана с учетом возможностей быстрого доступа к данным, требований по полноте и неизбыточности содержащейся информации (рис. 2). Разработанная модель данных позволила уменьшить объемы передачи информации и обеспечила хранение на веб-сервере только данных, подлежащих размещению в сети Интернет, что отвечает требованиям безопасности.

Для организации гибкого способа выборки данных в оперативной базе построены представления данных, соответствующие таблицам веб-базы данных. База данных рабочих мест построена на СУБД Oracle, серверная база данных – на СУБД PostgreSQL.

Средства синхронизации данных. Выполнен обзор основных технологических решений [2; 3], применяемых для обмена данными с выделением достоинств и недостатков методов, которые могут иметь существенное значение при синхронизации данных. Рассматривались следующие технологии: XML (расширяемый язык разметки), XML-RPC (вызов удаленных процедур), SOAP (простой протокол доступа к объектам). Анализ функциональных особенностей задачи и требований к скорости и объемам передачи структурированных данных показал необходимость создания оригинальных технологических решений на основе технологии XML [4].

Разработана система синхронизации данных, которая состоит из двух частей:

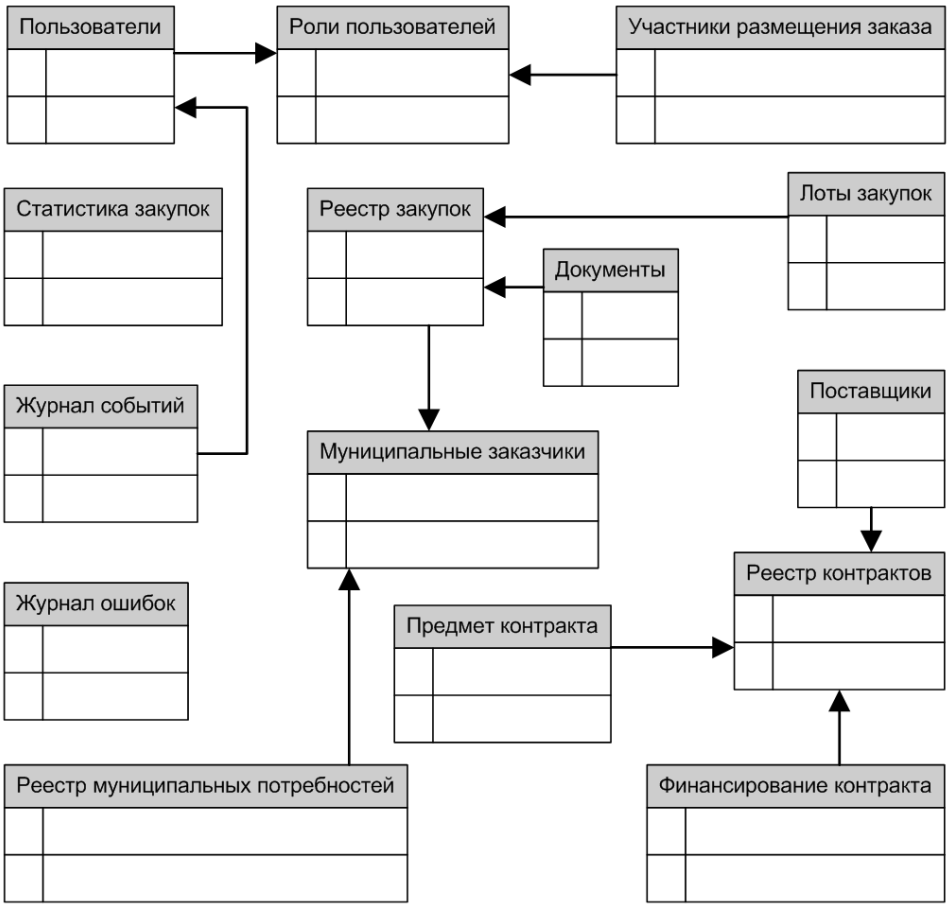


Рис. 2. Схема веб-базы данных

– клиентской – на рабочем месте специалиста;

– серверной – на стороне веб-сервера.

Особенностью подхода является объектная организация размещения данных на веб-сервере, при которой система автоматически отслеживает информационно-зависимые блоки данных и включает их в передаваемые пакеты.

Для решения задач транспортировки данных используется протокол HTTP(S), который поддерживается всеми веб-серверами. Алгоритм передачи данных показан на рис. 3.

Способ и порядок размещения данных определяется составом и назначением информации, которую требуется опубликовать. При передаче данные преобразовываются в специальные структуры по заданным форматам и кодируются. В полученный пакет данных входят метаданные, содержащие описание форматов и структуры передаваемой информации.

Реализован объектный способ формирования данных для передачи. Каждый объект может иметь как самостоятельное значение, так и являться частью другого объекта. Внутренняя организация объекта представляет собой XML-файл. Каждому объекту и подобъекту соответствует своя структура XML.

После подготовки информационных объектов подсистема запускает процесс передачи данных серверной части приложения. Для отправки по каналам связи выполняется кодирование, разбиение данных на блоки и последовательная передача этих блоков на веб-сервер.

Серверная часть приложения обеспечивает прием и обработку данных. В ее задачи входят сбор блоков в единую XML-структуру, анализ, выборка и декодирование информации. На основе полученной информации приложение подготавливает структуры, которые пригодны для помещения в базу данных на веб-сервере.

Порядок передачи данных:

1) инициация процесса передачи данных – клиентская часть отправляет запрос на передачу новых данных на сервер, в ответ получает идентификатор сессии передачи;

2) передача данных блоками – в соответствии с идентификатором сессии передачи клиентская часть отсылает один или более блоков серверной части;

3) завершение процесса передачи данных – клиентская часть передает серверной признак окончания блоков;

4) управление началом анализа и вставки данных в базу – клиентская часть отправляет признак начала анализа и размещения данных в базе.

Подсистема веб-публикации обеспечивает корректную передачу информации, ведет журнал событий. Обновление данных на сайте происходит только после получения подтверждения об успешном прохождении всех этапов транзакции.

Разработанные методы позволяют размещать не только информационные объекты, характеризующиеся сложной внутренней структурой и небольшим объемом данных, но и реестры, объемы информации в которых существенны и единовременно могут содержать до нескольких десятков тысяч записей. При этом процедуры публикации автоматически подготавливают данные и передают их на веб-сервер. Публикации подлежат все записи реестров, не опубликованные ранее или изменившиеся с момента последней публикации.

В процессе функционирования системы происходит постоянное изменение состояния базы данных, для контроля действий над данными потребовалось реализовать функции ведения специализированного журнала событий. Журнал событий представляет собой таблицу базы данных, в которой в структурированном виде вносится

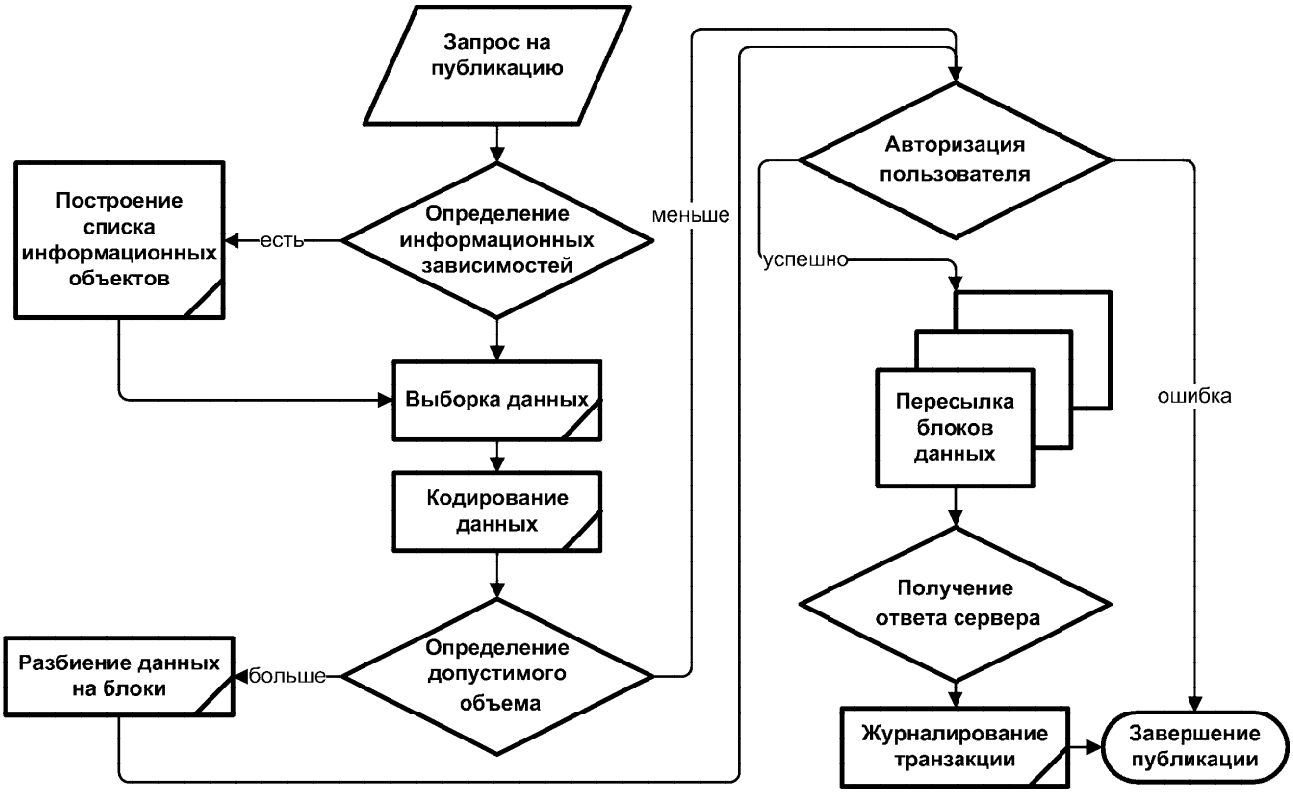


Рис. 3. Алгоритм публикации данных

информация о событиях, вызывающих изменение содержимого базы данных. После установки системы сбор данных и начало записи в журнал событий осуществляется автоматически. В журнал записываются все создаваемые приложением события о добавлении (обновлении) данных, удалении данных или изменении реестров.

Каждое событие имеет свой предопределенный идентификатор. Построена таблица соответствия типов объектов и допустимых действий над объектами. На каждое возникающее событие системы в журнале появляется запись с детальной информацией о действии над объектами. Вся информация идентифицируется временем изменения и пользователем, инициировавшим действие.

Интернет-система. Режим функционирования веб-ресурса предполагает авторизованную работу пользователей. Предусматривается несколько категорий пользователей: муниципальная организация, поставщик, уполномоченный орган, ведущий аукциона.

На сайте размещается следующая информация: информация о закупках, проводимых на текущий момент, архив закупок, реестр муниципальных потребностей, планы заказов, реестр муниципальных контрактов, реестр муниципальных организаций, реестр поставщиков, а также справочная нормативно-правовая информация (рис. 4).

В системе предусмотрена возможность подачи заявок в режиме реального времени, а также возможность участия в электронных аукционах. Обеспечивается согласованная публикация данных с автоматизированных рабочих мест системы специалистов уполномоченного органа.

При создании Интернет-системы проведен детальный анализ возможностей несанкционированного доступа к данным [5], рассмотрены основные классы угроз. На основе полученных данных применялись специальные технологии, позволяющие обеспечить защиту он несанкционированного доступа (фильтрация параметров, проверка идентификаторов и т. п.). Построены программные решения для предотвращения атак типа XSS, инъекций кода и SQL, подмены файлов и сессий.

При разработке Интернет-системы применен подход, при котором система разделяется на ядро и набор модулей, обеспечивающих определенный функционал. Ядро управляет модулями и осуществляет позднее связывание (lazy linking) модулей, что позволяет снизить затраты на обработку страниц. Также используются технологии XML, AJAX, Friendly URLs, шаблоны. Для определенного класса данных применяется кэширование.

Важной особенностью построенной системы является обеспечение требований кроссплатформенного функционирования. Это достигается за счет использования кроссплатформенных базовых инструментальных средств, платформенно-независимой организации программных модулей и данных. Система протестирована для работы на Windows и Unix на веб-серверах Apache и Internet Information Services (IIS).

Предложенное решение задачи организации информационных Интернет-ресурсов для поддержки управления муниципальным заказом обеспечило создание необходимых технических и организационных условий для повышения уровня интеграции в деятельность муници-

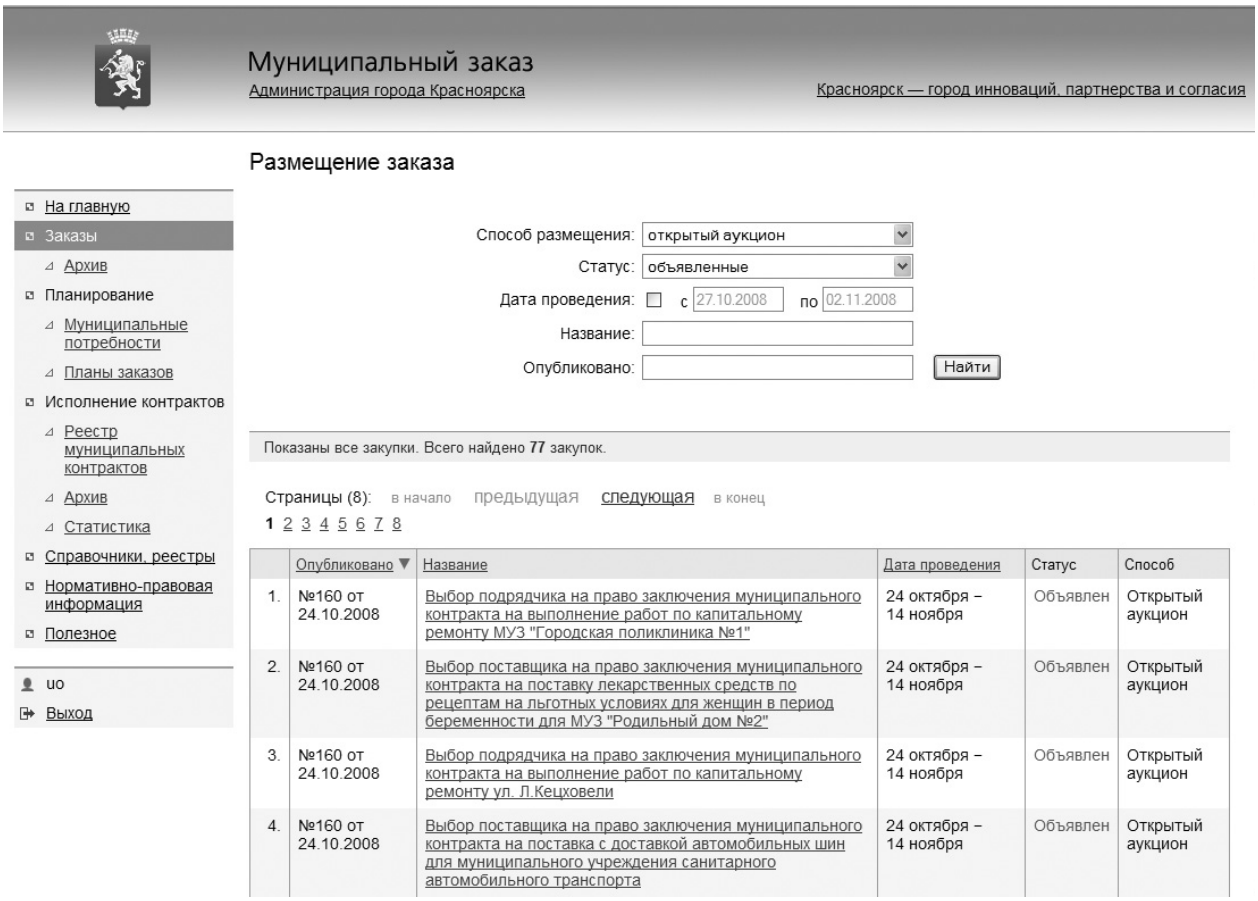


Рис. 4. Форма веб-сайта

пального образования информационно-телекоммуникационных технологий. Выполненная программная интеграция технологий традиционных баз данных с веб-технологиями позволила создать универсальные программные решения. Разработанные решения включены во все подсистемы автоматизированной системы, предназначенной для подготовки, размещения и контроля муниципальных заказов.

Оснащение автоматизированных рабочих мест средствами оперативного размещения информации из базы данных в сети Интернет способствует созданию единой информационной инфраструктуры, что ведет к повышению прозрачности расходования бюджетных средств и эффективности функционирования муниципального управления. Это достигается за счет логического объединения разделов информационных ресурсов, обеспечения функций оперативного обновления данных и создания средств изменения содержимого сайта с рабочих мест специалистов.

Реализованная связь веб-сайта с оперативной базой данных системы обеспечивает актуальность публикуемых данных, простоту и удобство работы специалистов, оперативность размещения информации на сайте, а также защиту от несанкционированного использования. Подсистема веб-публикации обеспечивает корректную передачу информации, ведет журнал событий. Обновление данных на сайте происходит только после получения подтверждения об успешном прохождении всех этапов транзакции.

Универсальность и кроссплатформенность разработанных подходов позволяют осуществлять информационную Интернет-поддержку муниципального заказа и обеспечить гибкость программных решений.

Библиографический список

1. Кацевал, С. А. Организация Интернет-публикации в системе подготовки и размещения муниципальных заказов / С. А. Кацевал, С. В. Исаев, О. С. Исаева // Проблемы информатизации региона : материалы X Всерос. науч.-практ. конф. : в 2 т. Т. 1. Красноярск : Политехн. ин-т Сиб. федер. ун-та, 2007. С. 107–114.

2. Laurent, S. Programming Web Services with XML-RPC / S. Laurent, J. Johnston, E. Dumbill // O'Reilly. 2001. June. P. 230.

3. Tidwell, D. Programming Web Services with SOAP / D. Tidwell, J. Snell, P. Kulchenko // O'Reilly. 2001. Dec. P. 216.

4. Кацевал, С. А. Применение языка XML для организации обмена данными с веб-сервером / С. А. Кацевал // Материалы конф. молодых ученых. Красноярск : ИВМ СО РАН, 2007. С. 42–47.

5. Кононов, Д. Д. Организация защиты информации при создании веб-системы информационной поддержки муниципальных заказов администрации Красноярска / Д. Д. Кононов // Проблемы информатизации региона : материалы X Всерос. науч.-практ. конф. : в 2 т. Т. 1. Красноярск : Политехн. ин-т Сиб. федер. ун-та. 2007. С. 115–120.

D. D. Kononov, S. V. Isaev, O. S. Isaeva

THE ORGANIZATION OF INFORMATIONAL INTERNET RESOURCES FOR MUNICIPAL PROCUREMENT MANAGEMENT SUPPORT

The problem of municipal management informational environment support solving. The Internet support algorithms and software for municipal orders are presented. The given approaches unite traditional database and web technologies. The feature is the object data exchange between operational database and web database. On-line data web publication, data control, data relevance and data security are provided. The suggested solutions are universal and cross-platform.

Keywords: software, web technologies, databases, management support systems, informational security.

УДК 539.21:537.86

С. С. Аплеснин , О. Н. Бандурина, О. Б. Романова, Л. И. Рябинкина, Е. В. Еремин

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В $MN_{1-X}CO_XS$[1]

Проведены измерения диэлектрической проницаемости в зависимости от внешнего электрического и магнитного поля на разных частотах в интервале температур 80...300 К. Найдено изменение диэлектрической проницаемости во внешнем магнитном поле в области образования спонтанного магнитного момента при $T_1 \sim 120$ К и при температуре $T_2 \sim 230$ К. Обнаружено нелинейное поведение диэлектрической восприимчивости, аналогичное суперпарамагнитному, от внешнего электрического поля при $T > 230$ К. Данные эффекты объясняются в модели образования связанного электрон-фононного состояния, характеризующемся несоразмерным дипольным упорядочением и ферромагнитным упорядочением орбитальных магнитных моментов.

Ключевые слова: диэлектрическая проницаемость, магнитоэлектрический эффект, мультиферроики.

Исследование мультиферроиков, в которых сосуществует хотя бы два из трех параметров порядка: магнитного, электрического или механического, является актуальной задачей, так как предоставляет возможность с помощью электрического поля управлять магнитными свойствами материала и, наоборот, осуществлять модуляцию электрических свойств магнитным полем. В перспективе такие материалы могут использоваться в качестве сенсоров, датчиков, устройств записи-считывания информации. Если в спиновой электронике преобразование информации происходит через изменение намагниченности в электрическое напряжение, то в мультиферроиках связь между магнитной и электрической подсистемами проявляется через магнитоэлектрический эффект [1].

К мультиферроикам относятся бораты [2], гексагональные манганиты [3], сегнетомагнетики [4], например, феррит висмута $BiFeO_3$ [5], у которого температура Кюри ферроэлектрического фазового перехода превышает температуру магнитного фазового перехода. Для семейства манганитов RMn_2O_5 [6] магнитный и ферроэлектрический порядок образуются при близких температурах. Возможный механизм перехода связан с Ян–Теллеровским ионом Mn^{+3} и превалирующим спин-орбитальным взаимодействием, индуцирующим нарушение инверсионной симметрии. Неинвариантность относительно центра инверсии может быть образована топологией магнитной структуры. Так, в Gd_2CuO_4 [7] спины ионов меди упорядочиваются антиферромагнитно в базисных плоскостях тетрагональной кристаллической решетки, а спины ионов гадолиния образуют ферромагнитные слои, намагниченные параллельно базисным плоскостям. В результате медная и гадолиниевая подсистемы оказываются обладают различной магнитной симметрией.

В данной работе рассматриваются магнитоэлектрические эффекты, возникающие в результате электрон-фононного взаимодействия электронов 3d-элементов с упругими модами колебаний. В твердом растворе $Mn_{1-x}Co_xS$ наличие дырки в t_{2g}-уровне двухвалентного иона кобальта в октаэдрическом окружении обусловливает вырождение, которое снимается в результате взаимодействия с акустическими фононами, а резонансное взаимодействие с одной из мод октаэдра приводит к связанному электрон-фононному состоянию, которое вырождено в импульсном пространстве.

Межорбитальное кулоновское взаимодействие между электронами индуцирует флуктуации электронной плотности на d_{xy}-, d_{xz}-, d_{yz}-орбиталях в ионах кобальта, имеющих в ближайшем окружении только ионы марганца. В результате возникает орбитальный магнитный момент на узле, хаотически распределенный по решетке в области высоких температур. Взаимодействие орбиталей через акустические моды колебаний приводит к их ферромагнитному упорядочению и к изменению величины интегралов перескока Co–S–Mn, что вызывает изменение расстояния Co–Mn в кубическом кристалле из-за взаимодействия с одной из мод колебаний октаэдра. Под действием внешних полей, магнитного или электрического, вырождение по направлению гибридизации связей Co–Mn снимается.

Цель данной работы заключается в установлении взаимосвязи между орбитальным магнитным упорядочением, наблюдаемым нами ранее [8], и электрическим состоянием в результате измерения действительной и мнимой части диэлектрической проницаемости во внешних электрических и магнитных полях.

Технология приготовления образцов описана в работе [8]. Реальная и мнимая части диэлектрической проницаемости измерены в области температур $80\ \text{K} < T < 300\ K$ на трех частотах $f = 1$, 10, 100 кГц как в магнитном, так и в постоянном электрическом поле в зависимости от предистории образца.

Температурные зависимости диэлектрической проницаемости, измеренные на частоте $f = 1$ кГц для $Mn_{1-x}Co_xS$, к которому приложено постоянное внешнее электрическое поле изображены на рис. 1.

С ростом поля реальная часть диэлектрической проницаемости уменьшается, а ее мнимая часть растет, особенно отчетливо это наблюдается при $T > 200$ K (вставка на рис. 1). При нагревании меняется характер частотной зависимости диэлектрической проницаемости (рис. 2) при некотором значении температуры T^*, соответствующей пересечению кривых $\varepsilon(T)$, измеренных на разных частотах. С ростом поля эта температура уменьшается от $T^* = 220$ K, $E = 0$ до $T^* = 175$ K, $E = 50$ В/см.

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского и Белорусского фондов фундаментальных исследований, грант РФФИ-БРФФИ 04-02-81018.

При $T \sim 120$ K на частоте $f = 100$ кГц наблюдается небольшой максимум диэлектрической проницаемости, который наиболее отчетливо проявляется при вычислении производной $d\varepsilon(T)/dT$. Постоянное магнитное поле также меняет величину диэлектрической проницаемости в сторону ее уменьшения.

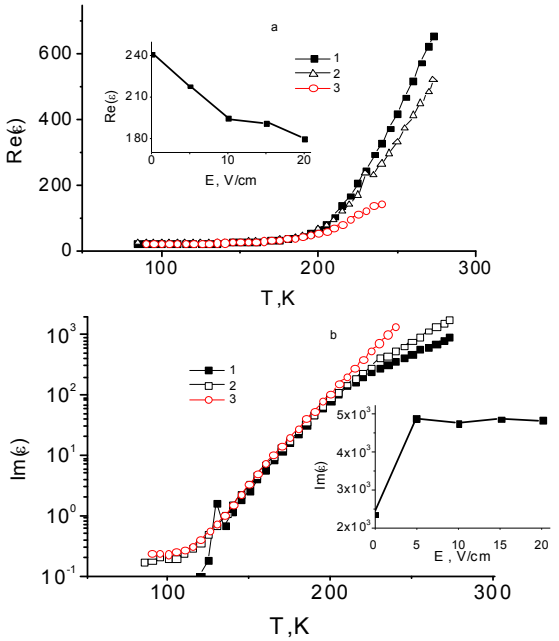


Рис. 1. Реальная (Re(ε))(a) и мнимая (Im(ε)(b) части диэлектрической проницаемости от температуры, измеренные на частоте $f = 1$ кГц при разных величинах электрического поля $E = 0$ (1), 5 В/см (2), 50 В/см (3). На вставках: зависимость Re(ε) и Im(ε) при температуре $T = 260$ K

Относительные изменения диэлектрической проницаемости, измеренные в нулевом магнитном поле и в поле $H = 5$ кЭ приведены на рис. 3. Найдено два максимума в $(\varepsilon(H = 0,T) - \varepsilon(H, T))/\varepsilon(H, T))$ при $T_1 \sim 125$ K и $T_2 \sim 225$ K. Величина магнитоэлектрического (МЭ) эффекта составляет 3 %, а мнимая часть $\varepsilon(T)$ уменьшается в магнитном поле в десятки раз при $T \sim 110$ K. Величина МЭ эффекта в постоянном электрическом поле $E = 5$ В/см возрастает на порядок при $T \sim 225$ K, а мнимая часть резко падает на два порядка при $T \sim 110$ K. Температуры $T = 110$, 125 K, соответствующие максимумам магнитоэлектрического эффекта, коррелируют с температурой, при которой образуется слабый спонтанный магнитный момент в $Mn_{1-x}Co_xS$ [8], в результате ферромагнитного упорядочения орбитальных магнитных моментов.

Описанные выше эффекты можно объяснить в модели орбитально-зарядового упорядочения. Кулоновское взаимодействие между электронами, находящимися на разных t_{2g}-орбиталях, понижает энергию в случае разной заселенности орбиталей и приводит к расщеплению уровней

В результате возникает пространственная анизотропия интегралов перескока между соседними ионами кобальта и марганца через анион серы (рис. 4).

При половинном заполнении орбиталей перенос электронной плотности между соседними узлами связан с сильным кулоновским отталкиванием электронов на узле (U) и эффективный интеграл перескока электронов между соседними катионами вдоль оси x через анион серы приводит к выражению $t^x_{ab} = E_{x,a}E_{x,b}/(e_p - e_d + U)$, где e_p, e_d энергия уровней для p- и d-орбиталей, $E_{x,a}$ – интеграл перекрытия между t_{2g}- и p_x-орбиталями, соответственно, для ионов Co^{2+}, Mn^{2+}. Для данной электронной конфигурации (рис. 4), интеграл переноса в направлении оси Y, имеет меньшую величину из-за сильного кулоновского отталкивания электронов на узле (U) и отличается практически в два раза $(t^x - t^y)/t^x = U/(e_p - e_d)$. Неоднородное распределение электронной плотности по t_{2g}-состояниям индуцирует орбитальный магнитный момент $L^z = n_\alpha - n_\beta$, (α, $\beta = d_{yz}$, d_{xz}), где n_α, n_β – числа заполнения электронов на соответствующих орбиталях.

На решетке (рис. 4) схематично представлено случайное распределение ионов кобальта по решетке с орбитальным моментом, направленным вверх и вниз и с сильным обменным взаимодействием между парой ближайших ионов марганца. Сильная величина ковалентной связи приводит к деформации октаэдра и к упругим искажениям в решетке. То есть электроны, локализованные в

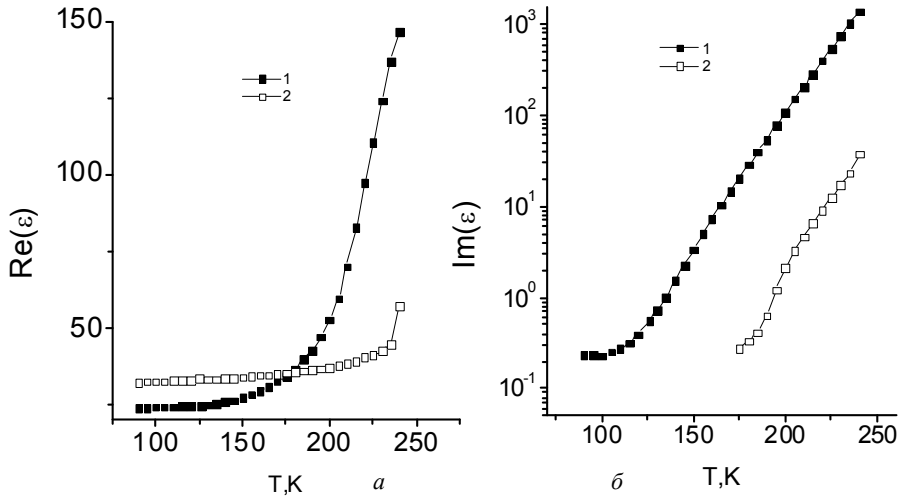


Рис. 2. Реальная (*а*) и мнимая (*б*) части диэлектрической проницаемости от температуры, измеренные на частотах $f = 1$ кГц (1), 100 кГц (2) во внешнем постоянном электрическом поле $E = 50$ В/см

кластере, взаимодействуют между собой посредством акустических и оптических мод колебаний, которые можно описать электрон-фононным взаимодействием. Среднее расстояние между ионами кобальта, находящимися только в окружении марганца $l/a = 1/c^{1/3}$, тогда модуль волнового вектора $Q = 2\sqrt{3}\pi/l = 2\sqrt{3}\pi\, c^{1/3}$, где концентрация соответствующих кластеров в ГЦК-решетки равна $c = 12x(1-x)^{11}$ и для концентрации $x = 0{,}05$ соответствует волновой вектор $Q = 2\sqrt{3}\pi/3$. В результате взаимодействия электронов с акустической и оптической модами колебаний с вектором Q возникает связанное состояние и в спектре возбуждений наблюдается расталкивание соответствующих мод.

При асимметричным расположении ионов серы относительно катиона образуется электрический диполь. Можно оценить энергию взаимодействия между диполями во втором порядке теории возмущений по параметру электрон-фононного взаимодействия $H_{\text{eph}} \sim (dt_{ij}/du_i)u_i c_i^{+} c_j$ либо с нелокальным диагональным взаимодействием $\sim g_h n_i u_{i+h}$. Смещение иона серы в октаэдре в оптической

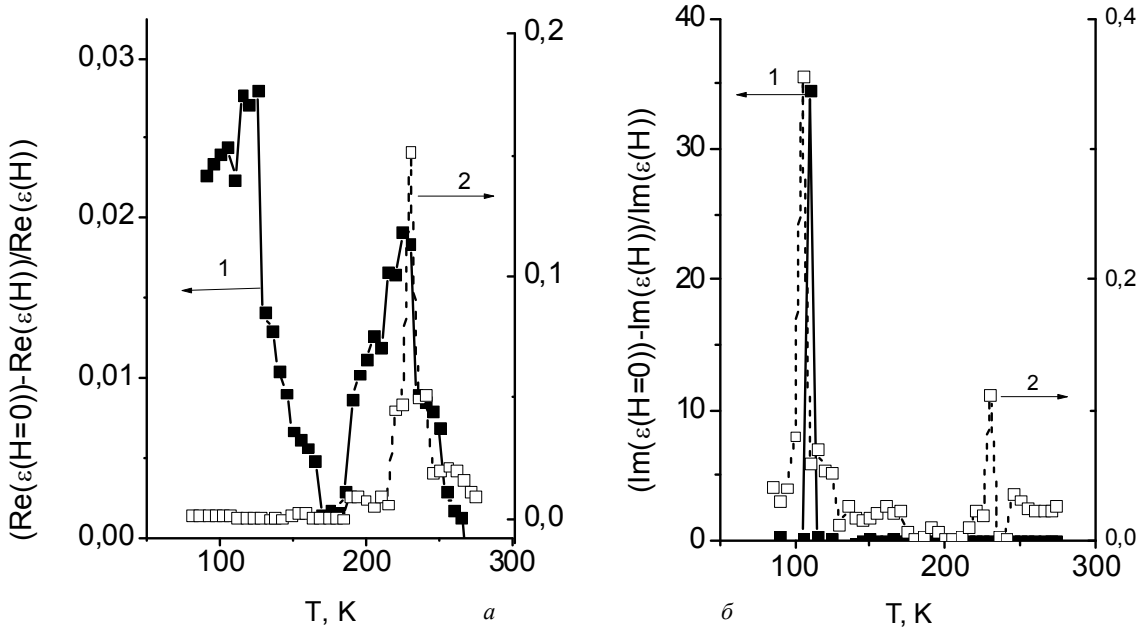


Рис. 3. Относительное изменение реальнай (*а*) и мнимой (*б*) части диэлектрической проницаемости в магнитном поле $H = 5$ кЭ от температуры на частоте $f = 1$ кГц в нулевом электрическом поле (1) и в поле $E = 5$ В/см (2)

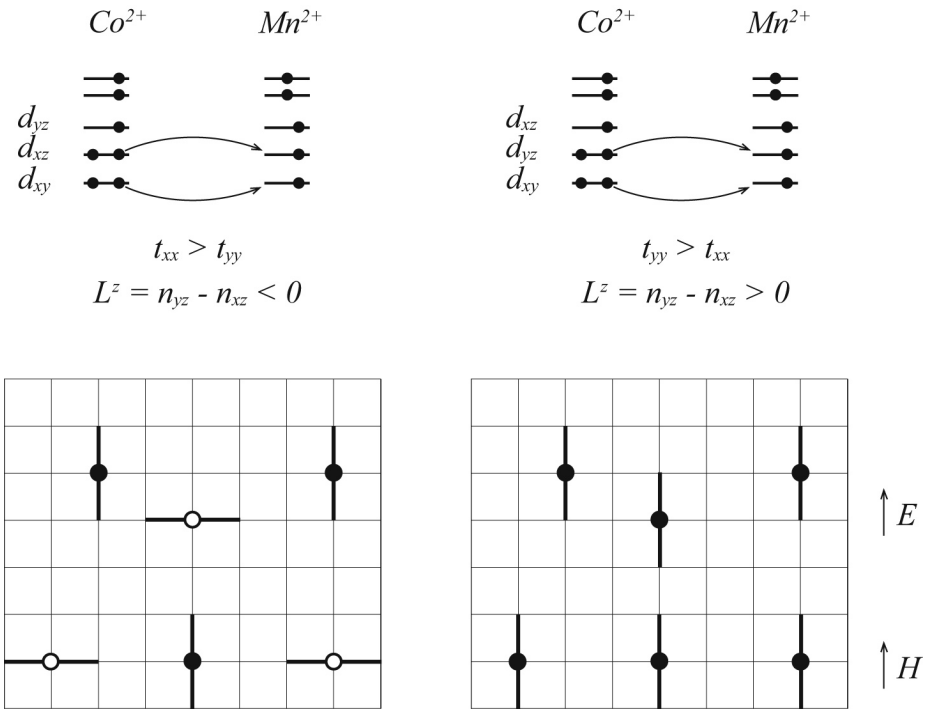


Рис. 4. Анизотропия интегралов перескока Co–Mn, обусловленная межорбитальным кулоновским взаимодействием. Схема распределения сильных обменных взаимодействий между электронами на парах Co–Mn (двойная линия) и орбитальных магнитных моментов, направленных вверх (точки) и вниз (пустые кружки) на решетке

моде колебаний приводит к нарушению операции центра инверсии и индуцирует локальный дипольный момент $P = (u_i - u_j)n_i$, где $u_i = y_i - y_{i+h}$, где y – локальное смещение иона на узле. При акустических колебаниях можно пренебречь слабой зависимостью корреляторов $< u_i u_{i+h} >$ от расстояния и для оценки ограничиться $< u_{idh} u_{i+h} > \sim < u^2 >$, тогда при суммировании во втором порядке теории возмущений можно получить скалярное произведение орбитальных магнитных моментов и дипольных электрических моментов ионов, где наибольшим параметром является энергия зарядовой щели и кулоновское межорбитальное взаимодействие $\Delta = e_p - e_d + U_o$. Эффективный гамильтониан имеет вид

$$H = -\sum_{i,j\ ij} J_{ij} L_i L_j - \sum_{i,j\ ij} K_{ij} P_i P_j,$$

$$J_{ij} = (dt/du_a)^2 < u^2 > /\Delta;\ K_{ij} = (dt/du_o)^2/\Delta. \qquad (1)$$

Взаимодействие между электрическими дипольными моментами и орбитальными магнитными моментами появляется в четвертом порядке теории возмущений $H_{int} \sim A_{ijkl}(L_i L_j)(P_k P_l)$. Полный гамильтониан с учетом взаимодействия между подсистемами, так и с внешними магнитным и электрическим полями имеет вид

$$H = -\sum_{i,j\ ij} J_{ij} L_i L_j - \sum_{i,j\ ijkl} A_{ijkl}(L_i L_j)(P_k P_l) -$$

$$-\sum_{i,j\ ij} K_{ij} P_i P_j - \sum_{i,j\ i} (HL_i + EP_i), \qquad (2)$$

где H и E соответственно магнитное и электрическое поле. Электрические диполи образуют несоразмерную структуру с вектором Q, который вырожден в ГЦК-решетке. Это вырождение при нагревании снимается и исчезает упорядочение диполей, сопровождающееся максимумом в диэлектрической проницаемости и диэлектрической восприимчивости. Качественную зависимость $\chi(T)$ можно оценить в модели Шотки $\chi \sim 1/\mathrm{T} \exp(-Kef/T)$, где эффективное взаимодействие между диполями зависит от корреляционной функции орбитальных магнитных моментов $Kef \sim K + A < L_i L_j >$. Тогда, разлагая экспоненту $\chi(0)/\chi(H) \sim \exp(-A((L_i L_j)(H = 0) - (L_i L_j)(H)))/T)$ в ряд по малому параметру, получим оценку для относительного изменения диэлектрической проницаемости в магнитном поле $(\varepsilon(H) - \varepsilon(0))/\varepsilon(H)) \sim A((L_i L_j)(H = 0) - (L_i L_j)(H)))/T$. В области температур с упорядоченным расположением орбитальных магнитных моментов изменение корреляционной функции между ближайшими соседями стремится к нулю и имеет максимальное значение в окрестности перехода из магнитоупорядоченного состояния в парамагнитное. Так как существует две подсистемы с упорядочением орбитальных магнитных моментов между ионами кобальта и марганца с разными температурами упорядочения, что приводит к двум максимумам в температурной зависимости относительной диэлектрической проницаемости в магнитном поле (рис. 3).

При температурах $T > 200$ K нелинейность диэлектрической проницаемости от внешнего электрического поля (вставка на рис. 1) обусловлена вырождением фурье образа дипольного момента $P(Q) = 1/N \sum_j \exp(-iQr_j)P(r_j)$. Волновой вектор имеет шестикратное вырождение в импульсном пространстве. На рис. 5 даны значения $Q(k_x, k_y, k_z)$, полученные при решении уравнения $Q^2 = (2\pi n_x/La)^2 + (2\pi n_y/La)^2 + (2\pi n_z/La)^2$ с $L = 40$ для двух значений концентраций. Внешнее электрическое поле приводит к асимметрии потенциальных ям и к понижению высоты потенциального барьера, разделяющих эти состояния, и в итоге при туннелировании результирующий дипольный момент увеличивается с ростом электрического поля, т. е. этот эффект аналогичен намагничиванию суперпарамагнитных частиц

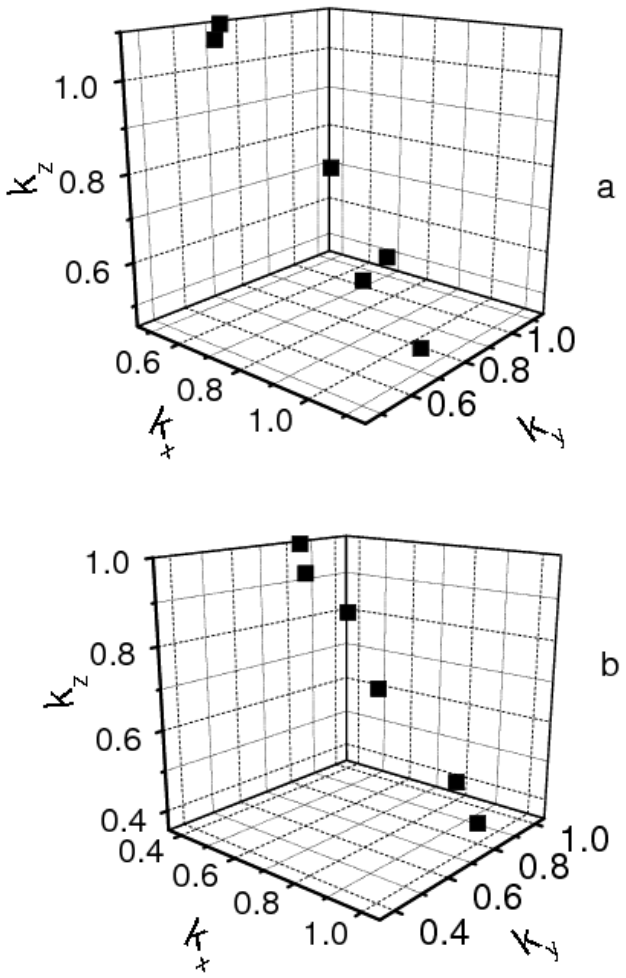


Рис. 5. Модуль волнового вектора $Q = 2\sqrt{3}\pi c^{1/3}$ для электрического диполя $P(Q)$, имеющего шестикратное вырождение в импульсном пространстве, для $x = 0{,}05$(a), 0,15(b)

Итак, в $Mn_{1-x}Co_xS$ обнаружен магнитоэлектрический эффект, имеющий максимальное значение при температурах $T \sim 120$ K *и* $T \sim 230$ K, величина которого увеличивается с ростом электрического поля. При $T > 200$ K найдена нелинейная зависимость диэлектрической восприимчивости от поля, характерная для суперпарамагнетиков. Экспериментальные данные объясняются за счет электрон-фононного взаимодействия дырки на t_{2g}-орбиталях с акустическими и оптическими модами колебаний. В результате чего образуется связанное электрон-фононное состояние, которое конденсируется в одном из шести вырожденных состояний для электрического диполя с несоразмерным волновым вектором, модуль которого задается концентрацией ионов кобальта, имеющих в ближайшем окружении ионы марганца.

Библиографический список

1. Epitaxial $BiFeO_3$ Multiferroic Thin Film Heterostructures / J. Wang, J. B. Neaton, H. Zheng [et al.] // Science. 2003. Vol. 209. P. 1719.

2. Звездин, А. К. Фазовые переходы и гигантский магнитоэлектрический эффект / А. К. Звездин, А. П. Пятаков // УФИ. 2004. Т. 174. С. 465.

3. Possible evidence for electromagnons in multiferroic manganites / A. Pimenov, A. Mukhin, V. Ivanov [et al.] // Nature Physics. 2006. Vol. 2. P. 97.

4. Веневцев, Ю. Н. Сегнетомагнетики / Ю. Н. Веневцев. М. : Наука, 1982.

5. Mechanisms of exchange bias with multiferroic $BiFeO_3$ epitaxial thin films / H. Beam, B. Dupe, X. Zhu [et al.] // Phys. Rev. Lett. 2008. Vol. 11. P. 100.

6. Golovenchits, E. Magnetic and magnetoelectric dynamics in RMn_2O_5 (R = Gd and Eu) / E. Golovenchits, V. Sanina // J. Phys.:Condens. Matter. 2004. Vol. 16. P. 4325 .

7. Смирнов, А. И. Магнитоэлектрические эффекты и эффект Штарка в антиферромагнетике / А. И. Смирнов, И. Н. Хлюстиков // УФН. 1995. Т. 165. С. 1215.

8. Аплеснин, С. С. Транспортные свойства и ферромагнетизм сульфидов / С. С. Аплеснин, Л. И. Рябинкина, О. Б. Романова [и др.] // ЖЭТФ. 2008. Т. 133. С. 875.

S. S. Aplesnin, O. N. Bandurina, O. B. Romanova, L. I. Raybincina, E. V. Eremin

MAGNETOELECTRIC EFFECT IN $MN_{1-X}CO_XS$

Dielectric permittivity measurements depending on magnetic and electric fields at various frequencies in the temperature limits 80…300 K are carried out. The change in the dielectric permittivity is found in the external magnetic field at the temperature associated with creation of spontaneous magnetic moment at $T_1 \sim 120$ K and at $T_2 \sim 230$ K. The nonlinear behavior of dielectric permittivity similarly to superparamagnetic versus external electric field at $T > 230$ K is revealed. These effects are explained in terms of formation of bounded electron-phonon state having incommensurate dipole ordering and ferromagnetic order of orbital magnetic moments.

Keywords: dielectric permittivity, magnetoelectric effect, multiferroic.

УДК 681.513

В. А. Лапко, С. С. Варочкин, И. А. Егорочкин

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ, ОСНОВАННОЙ НА ПРИНЦИПЕ ДЕКОМПОЗИЦИИ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ ПО ЕЕ ОБЪЕМУ[1]

Предлагается двухуровневая непараметрическая оценка плотности вероятности, основанная на принципе декомпозиции обучающей выборки по ее объему. Данная оценка характеризуется высокой вычислительной эффективностью за счет возможности использования технологии параллельных вычислений. Приводятся результаты вычислительных экспериментов.

Ключевые слова: оценка плотности вероятности, большие выборки, асимптотические свойства, исследование свойств, параллельные вычислительные технологии.

Непараметрические методы принятия решений, основанные на оценках плотности вероятности ядерного типа, широко применяются при исследовании объектов различной природы в условиях априорной неопределенности.

Вычислительная эффективность непараметрических алгоритмов во многом определяется объемом n статистических данных и снижается по мере его увеличения, что проявляется в росте временных затрат обработки информации. Возникающие проблемы затрудняют построение непараметрических систем принятия решений при анализе аэрокосмической информации, исследовании медико-биологических, экологических процессов и т. д., характеризующихся большими объемами априорной статистической информации.

Перспективным методом «обхода» возникающих проблем является применение принципов декомпозиции обучающих выборок по их объему и последовательных процедур принятия решений.

Цель данной работы – обосновать эффективность использования принципов декомпозиции при решении задач оценивания плотности вероятности в условиях больших выборок на основе анализа асимптотических свойств непараметрической оценки смеси плотностей вероятно-

[1] Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 07-01-00006.

сти и результатов вычислительных экспериментов, а также разработать методику синтеза двухуровневой оценки плотности вероятности, обеспечивающей применение технологии параллельных вычислений.

Непараметрическая оценка смеси плотности вероятности и ее свойства. Пусть $V = \left(x^i,\, i = \overline{1,n}\right)$ – выборка из n независимых наблюдений одномерной случайной величины x с плотностью вероятности $p(x)$, вид которой априори неизвестен. Причем объем выборки достаточно большой, что снижает вычислительную эффективность непараметрических алгоритмов.

Разобьем исходную обучающую выборку V на K групп наблюдений $V_j = \left(x^i, i \in I_j\right)$, $j = \overline{1,K}$. Здесь I_j – множество номеров наблюдений x, составляющих j-ю группу, причем $\bigcup\limits_{j=1}^{K} I_j = I = \left(i = \overline{1,n}\right)$.

На основе каждой выборки V_j построим непараметрическую оценку плотности вероятности [1]

$$\overline{p}_j(x) = \frac{1}{n_j\, c_j} \sum_{i \in I_j} \Phi\left(\frac{x - x^i}{c_j}\right),$$

$$j = \overline{1,K}, \qquad (1)$$

где $\Phi(\cdot)$ – ядерные функции, удовлетворяющие условиям нормированности, положительности и симметричности; $n_j = \left|I_j\right|$ – количество элементов множества I_j; $c_j = c\left(n_j\right)$ – коэффициенты размытости ядерных функций, значения которых убывают с ростом n_j.

Оптимизацию оценок плотностей вероятности по коэффициентам размытости c_v, $v = \overline{1,k}$ будем осуществлять в режиме «скользящего экзамена» из условия максимума функции правдоподобия

$$L(c) = \max_{c} \left[\prod_{j=1}^{n} \overline{p}(x^j)\right],$$

где

$$\overline{p}(x^j) = \frac{1}{(n-1)c} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{n} \Phi\left(\frac{x^j - x^i}{c}\right).$$

В качестве приближения $p(x)$ по статистической выборке V примем смесь непараметрических оценок плотностей вероятности

$$\overline{p}(x) = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^{K} \overline{p}_j(x). \qquad (2)$$

Статистика типа (2) допускает использование технологии параллельных вычислений при оценивании плотности вероятности в условиях больших выборок.

Структура предлагаемой непараметрической системы оценки плотности вероятности представлена на рис. 1.

Асимптотические свойства $\overline{p}(x)$ определяются следующим утверждением.

Т*еорема*. Пусть $p(x)$ и первые две ее производные ограничены и непрерывны; ядерные функции $\Phi(u)$ удовлетворяют условиям

$$\Phi(u) = \Phi(-u), \quad 0 \le \Phi(u) < \infty,$$
$$\int \Phi(u)\, du = 1, \quad \int u^2\, \Phi(u)\, du = 1,$$
$$\int u^m\, \Phi(u)\, du < \infty, \quad 0 \le m < \infty;$$

последовательности $c_j = c_j\left(n_j\right)$ коэффициентов размытости ядерных функций таковы, что при $n_j \to \infty$, значения $c_j \to 0$, а $n_j c_j \to \infty$. Здесь и далее бесконечные пределы интегрирования опускаются.

Тогда при конечных значениях K непараметрическая оценка плотности вероятности $p(x)$ обладает свойством асимптотической несмещенности и состоятельности.

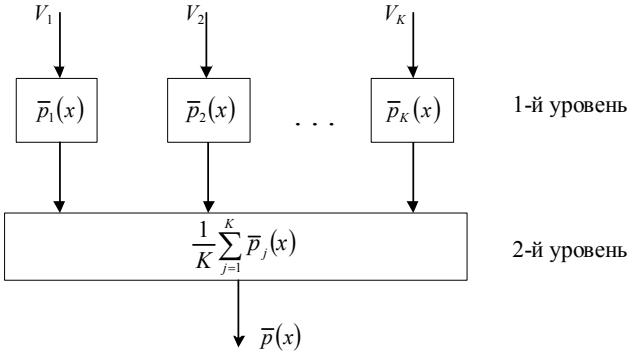


Рис. 1. Структура непараметрической системы оценки плотности вероятности, основанной на декомпозиции обучающей выборки по ее объему

Доказательство

1. По определению

$$M\left(\overline{p}(x)\right) = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^{K} M\left(\overline{p}_j(x)\right) =$$

$$= \frac{1}{K} \sum_{j=1}^{K} \frac{1}{c_j} \int \Phi\left(\frac{x-t}{c_j}\right) p(t)\, dt =$$

$$= \frac{1}{K} \sum_{j=1}^{K} \int \Phi(u)\, p\left(x - c_j u\right) du,$$

где M – знак математического ожидания.

Разложим $p\left(x - c_j u\right)$ в ряд Тейлора и, ограничиваясь первыми двумя членами ряда, имеем

$$W_1 = M\left(\overline{p}(x) - p(x)\right) \sim \frac{p^{(2)}(x)}{2} \frac{1}{K} \sum_{j=1}^{K} c_j, \qquad (3)$$

где $p^{(2)}(x)$ – вторая производная плотности вероятности $p(x)$ по x.

Отсюда при выполнении условий $c_j \to 0$ при $n_j \to \infty$ следует свойство асимптотической несмещенности статистики (2).

2. Рассмотрим выражение

$$M \int \left(\overline{p}(x) - p(x)\right)^2 dx =$$

$$= \frac{1}{K^2} M \left(\begin{array}{l} \sum\limits_{j=1}^{K} \int \left(p(x) - \overline{p}_j(x)\right)^2 dx + \\ + \sum\limits_{j=1}^{K} \sum\limits_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{K} \int \left(p(x) - \overline{p}_j(x)\right)\left(p(x) - \overline{p}_k(x)\right) dx \end{array} \right). \qquad (4)$$

С учетом результатов исследования асимптотических свойств традиционной непараметрической оценки Розенблатта–Парзена [2] выражение (4) при достаточно больших значениях n_j, $j = \overline{1,K}$ принимает вид

$$M \int \left(\overline{p}(x) - p(x)\right)^2 dx \sim$$

$$= \frac{1}{K^2} M \left(\begin{array}{l} \sum\limits_{j=1}^{K} \left(\dfrac{\left\|\Phi(u)\right\|^2}{n_j\, c_j} + \dfrac{c_j^4 \left\|p^{(2)}(x)\right\|^2}{4} \right) + \\ + \dfrac{\left\|p^{(2)}(x)\right\|^2}{4} \sum\limits_{j=1}^{K} \sum\limits_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{K} c_j^2\, c_k^2 \end{array} \right), \qquad (5)$$

где $\|\Phi(u)\|^2 = \int \Phi^2(u)\,du$.

Нетрудно заметить, что при выполнении условий $c_j \to 0$ и $n_j c_j \to \infty$ при $n_j \to \infty$, $j = \overline{1, K}$ оценка плотности вероятности (2) сходится к $p(x)$ в среднеквадратическом, а с учетом свойств асимптотической несмещенности является состоятельной.

Сравнение аппроксимационных свойств непараметрической оценки (2) и традиционной оценки Розенблатта–Парзена $\tilde{p}(x)$. Для получения аналитически значимых результатов примем $n_j = n/K$, $j = \overline{1, K}$. В этом случае можно полагать, что $\overline{c} = c(n_j) = c(n/K)$, $j = \overline{1, K}$.

На этой основе сравним отношения смещений, среднеквадратических отклонений и дисперсий непараметрических оценок $\overline{p}(x)$ и $\tilde{p}(x)$ при оптимальных значениях коэффициентов размытости ядерных функций.

Асимптотическое выражение смещения для непараметрической оценки Розенблатта–Парзена $\tilde{p}(x)$ имеет вид [2]

$$W_2 = M\left(\tilde{p}(x) - p(x)\right) \sim \frac{p^{(2)}(x)}{2} c^2(n),$$

а для оценки $\overline{p}(x)$ определяется выражением (3).

Вычислим отношение W_2 / W_1 при оптимальных значениях коэффициентов размытости

$$c^* = \left[\frac{\|\Phi(u)\|^2}{n\left\|p^{(2)}(x)\right\|^2}\right]^{\frac{1}{5}},$$

$$\overline{c}^* = \left[\frac{K\|\Phi(u)\|^2}{n\left\|p^{(2)}(x)\right\|^2}\right]^{\frac{1}{5}}$$

соответственно для оценок $\tilde{p}(x)$ и $\overline{p}(x)$.

После несложных преобразований получим

$$W_2 / W_1 = \frac{1}{K^{1/5}} < 1,$$

т. е. смещение статистики $\overline{p}(x)$ больше по сравнению с $\tilde{p}(x)$.

При разбиении исходной выборки V на K групп точек одинакового объема n/K выражение (5) при оптимальных коэффициентах $\overline{c}^*$ преобразуется к виду

$$W_3 \sim \frac{\|\Phi(u)\|^2}{n\,\overline{c}} + \frac{\overline{c}^4\left\|p^{(2)}(x)\right\|^2}{4} = \left(\left(\frac{\|\Phi(u)\|^2}{n}\right)^4 \left\|p^{(2)}(x)\right\|^2\right)^{\frac{1}{5}} \left(\frac{4+K}{4K^{1/5}}\right). \quad (6)$$

Заметим, что при $K = 1$ выражение (6) совпадает со среднеквадратическим отклонением W_4 для традиционной оценки Розенблатта–Парзена [2]:

$$W_4 \sim \frac{5}{4}\left(\left(\frac{\|\Phi(u)\|^2}{n}\right)^4 \left\|p^{(2)}(x)\right\|^2\right)^{\frac{1}{5}}.$$

Рассмотрим отношение

$$W_4 / W_5 = \frac{5K^{1/5}}{4+K} \le 1,$$

которое подтверждает несколько большую эффективность в среднеквадратическом непараметрической оценки $\tilde{p}(x)$ по сравнению с предлагаемой $\overline{p}(x)$.

Однако дисперсия оценки $\overline{p}(x)$ меньше, чем для традиционной статистики $\tilde{p}(x)$. В чем нетрудно убедиться, если сравнить дисперсионные составляющие

$$W_5 = \frac{\|\Phi(u)\|^2}{n\,c} \text{ и } W_6 = \frac{\|\Phi(u)\|^2}{n\,c_\circ}$$

в среднеквадратических отклонениях $\overline{p}(x)$ и $\tilde{p}(x)$.

Их отношение

$$W_6 / W_5 = \frac{c}{c_\circ} = K^{1/5} \ge 1.$$

Сравним вычислительную эффективность предложенной двухуровневой системы оценки плотности вероятности и традиционного непараметрического алгоритма (1). Будем полагать, что объем частных выборок V_j, $j = \overline{1, K}$ одинаков и равен n/T, время расчета одной ядерной функции составляет τ.

Тогда максимальное время, необходимое для принятия решения традиционным непараметрическим алгоритмом и предлагаемой системой, составляют значения $t_{\text{тр}} \approx nk\tau$, $t_n \approx \frac{n\tau(k+K)}{K}$. Вычислим их отношение: $\frac{t_{\text{тр}}}{t_n} = \frac{kK}{k+K}$. Если значение $k \ge K$ (характерное для больших выборок), то вычислительная эффективность предлагаемой системы возрастает по мере роста K.

Исследование свойств двухуровневой непараметрической оценки плотности вероятности. На основании данных вычислительного эксперимента сравнивались эффективность предлагаемого алгоритма (2) с хорошо зарекомендовавшим себя на практике традиционным непараметрическим алгоритмом (1) оценки плотности вероятности.

Традиционный алгоритм строился на полной обучающей выборке $V = \left(x^i, i = \overline{1, n}\right)$.

Исследования осуществлялись при решении задачи оценки плотности вероятности, законы распределения формировались датчиками случайных чисел:

– для равномерного закона распределения $x^i = 10 \cdot \varepsilon^i$, $i = \overline{1, n}$, при $\varepsilon \in [0; 1]$ – случайная величина с равномерным законом распределения;

– для нормального закона распределения

$$x^i = Mx + \sigma\left(2\varepsilon^i - 1\right) \times \sqrt{\frac{-2 \cdot \ln\left(\left(2\varepsilon^i - 1\right)^2 + \left(2\varepsilon^i - 1\right)^2\right)}{\left(2\varepsilon^i - 1\right)^2 + \left(2\varepsilon^i - 1\right)^2}}, \; i = \overline{1, n},$$

при математическом ожидании $Mx = 0,5$ и среднеквадратическом отклонении $\sigma = 1,2$.

Вычислительный эксперимент при фиксированных условиях исследований проводился пять раз, полученные результаты расчетов усреднялись.

Для определении эффективности предлагаемой оценки плотности вероятности использовался среднеквадратический критерий эффективности

$$W = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(p_i(x) - \overline{p}_i(x)\right)^2, \quad (7)$$

где n – объем выборки; $p(x)$ – искомая плотность вероятности; $\overline{p}(x)$ – вычисленная оценка плотности вероятности.

Эффективность как традиционного (1), так и предлагаемого алгоритма (2) увеличивается с ростом объема обучающей выборки V (рис. 2, 3).

При этом отмечается некоторое ухудшение результатов оценки плотности вероятности при увеличении количества групп K обучающей выборки V (рис. 4).

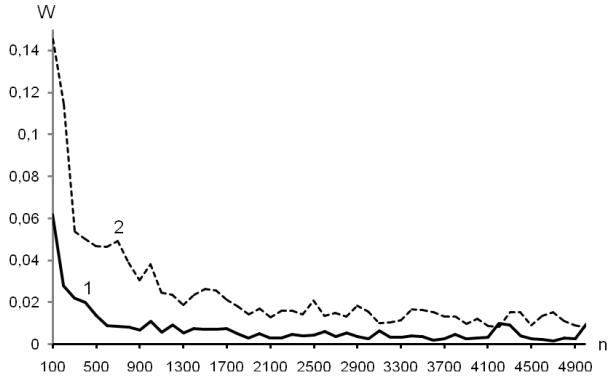


Рис. 2. Зависимость критерия эффективности (7) от объема выборки n. Кривые 1, 2 соответствуют традиционному методу и предлагаемому методу (1) при $K = 4$.
Закон распределения – нормальный;
ядерная функция – параболическая

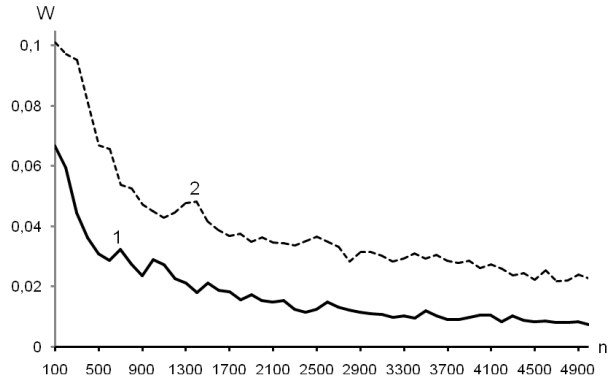


Рис. 3. Зависимость критерия эффективности (7) от объема выборки n. Кривые 1, 2 соответствуют традиционному методу и предлагаемому методу (1) при $K = 4$.
Закон распределения – равномерный;
ядерная функция – параболическая

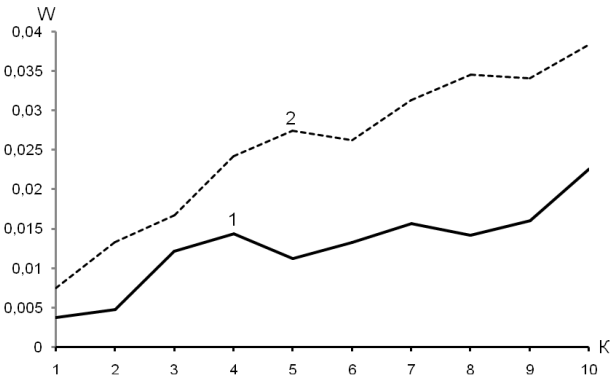


Рис. 4. Зависимость критерия эффективности (7) от количества групп K. Кривые 1, 2 соответствуют нормальному и равномерному законам распределения при объеме выборки $n = 5\,000$.
Ядерная функция – параболическая

Результаты оценки времени выполнения алгоритмов приведены на рис. 5. Моделирование проводилось на компьютере с двухъядерным процессором Intel Core2Duo E6550 2.33GHz с разбиением вычислительного процесса на потоки (технология параллельных вычислений). Наблюдается существенное сокращение времени расчетов при количестве групп $K = 2$. Дальнейшее сокращение времени расчетов при увеличении количества групп K происходит менее интенсивно. Для улучшения результатов рекомендуется использовать многопроцессорные системы.

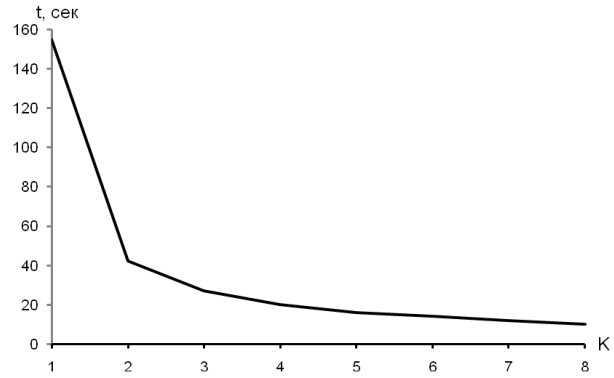


Рис. 5. Зависимость времени вычислений от количества групп K. Объем выборки $n = 10\,000$.
Ядерная функция – параболическая

Вид используемой ядерной функции практически не оказывает влияния на эффективность оценки плотности вероятности (рис. 6).

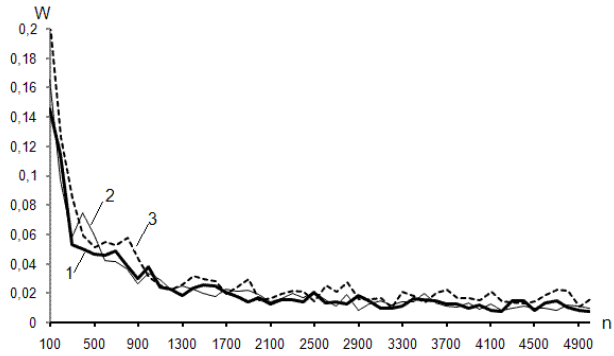


Рис. 6. Зависимость критерия эффективности от вида ядерной функции: кривые 1, 2, 3 соответствуют параболической, ступенчатой и треугольной ядерным функциям при объеме выборки $n = 5\,000$ и $K = 4$

Таким образом, на основе анализа асимптотических свойств непараметрической оценки смеси плотностей вероятности обоснована возможность декомпозиции исходных статистических данных при синтезе непараметрических статистик в условиях больших выборок. С этих позиций предложена методика построения двухуровневой непараметрической системы оценки плотности вероятности, характеризующейся высокой вычислительной эффективностью. Приведены результаты вычислительных экспериментов, которые подтверждают правильность аналитических исследований.

Перспективность данного направления исследований состоит в возможности построения целого ряда модификаций многоуровневых непараметрических систем оценки плотности вероятности и использовании технологии параллельных вычислений.

Библиографический список

1. Parzen, E. On estimation of a probability density function and mode / E. Parzen // Ann. Math. Statistic. 1962. Vol. 33. P. 1065–1076.

2. Епанечников, В. А. Непараметрическая оценка многомерной плотности вероятности / В. А. Епанечников // Теория вероятности и ее применения. 1969. Вып. 1. Т. 14. С. 156–161.

V. A. Lapko, S. S. Varochkin, I. A. Egorochkin

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF NONPARAMETRIC ESTIMATION OF PROBABILITY DENSITY BASED ON THE PRINCIPLE OF TRAINING SAMPLE DECOMPOSITION ACCORDING TO ITS VOLUME

The two-level nonparametric estimation of probability density based on the principle of decomposition of training sample according to its volume is offered. This estimation is characterized by high computing efficiency due to the opportunity of parallel computing technologies use. The results of computing experiments are given.

Keywords: estimation of density probability, the big samples, asymptotic properties, research of the properties, parallel computing technologies.

УДК 004.94

Д. Н. Колегов

ДП-МОДЕЛЬ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ С ФУНКЦИОНАЛЬНО И ПАРАМЕТРИЧЕСКИ АССОЦИИРОВАННЫМИ С СУБЪЕКТАМИ СУЩНОСТЯМИ

Вводится понятие параметрически-ассоциированной с субъектом сущности в компьютерной системе (КС) и строится расширение ФАС ДП-модели КС, охватывающее такие сущности. Формулируются и обосновываются условия получения недоверенным субъектом права доступа владения к другому субъекту в этом расширении.

Ключевые слова: компьютерная безопасность, математические модели безопасности, дискреционные модели, анализ безопасности, права доступа, информационные потоки.

Анализ безопасности компьютерных систем является одной из актуальных проблем теории компьютерной безопасности. Данная проблема возникает в связи с необходимостью использования формальных (математических) моделей для проведения оценки безопасности КС на соответствие функциональным требованиям, критериям, политикам или стандартам безопасности. Причем для разработки КС с высоким уровнем доверия к их безопасности использование математических моделей является обязательным.

Для анализа безопасности КС используются формальные модели, позволяющие анализировать условия передачи прав доступа и реализации информационных потоков в КС. Одной из таких современных моделей КС с дискреционным управлением доступа является ДП-модель с ее расширениями [1].

Дальнейшее изложение будет опираться на работу [1] с учетом всех определений, обозначений и теорем в ней.

Сущность называется функционально-ассоциированной с субъектом, если она определяет вид преобразования данных, выполняемого этим субъектом. В ДП-моделях с функионально-ассоциированными с субъектами сущностями (ФАС ДП-моделях) анализируется ситуация, когда реализация информационного потока по памяти к сущности, функционально-ассоциированной с субъектом, приводит к изменению вида преобразования данных, реализуемого этим субъектом.

В то же время в современных КС возможна реализация информационного потока по памяти от сущности, позволяющая получить права доступа различных субъектов КС, в том числе и доверенных. Такие сущности являются параметрически-ассоциированными с субъектами КС. Например, получение субъектом-нарушителем доступа на чтение к конфигурационному файлу или реестру, в котором хранится пароль или хэш-значение пароля субъекта КС, позволяет субъекту-нарушителю получить право доступа владения к последнему субъекту.

Кроме того, в настоящее время дополнительно к классическим угрозам нарушения конфиденциальности, целостности и доступности информации рассматривают угрозу раскрытия параметров КС – возможность идентификации параметров, функций безопасности и свойств КС, знание которых позволяет реализовать нарушение безопасности [2]. Например, чтение сообщения, выдаваемого субъектом-процессом при подключении к нему, позволяет нарушителю идентифицировать программное обеспечение (ПО), реализующее данный субъект-процесс КС, и получить права доступа последнего, используя известные уязвимые места в ПО.

Таким образом, для обеспечения возможности анализа получения субъектом права доступа владения к другому субъекту с использованием информационного потока от сущности, параметрически-ассоциированной с последним, следует построить расширение ФАС ДП-модели, охватывающее информационные потоки указанного вида и отражающее возможность получения субъектом права доступа владения к другому субъекту в современных КС. Решение этой задачи и является целью данной работы. Для этого в работе вводится определение параметрически-ассоциированных сущностей с субъектами в КС, на их основе строится ДП-модель с функционально и параметрически ассоциированными с субъектами сущностями, которая является требуемым расширением ФАС ДП-модели, и в рамках этой модели формулируются и обосновываются необходимые и достаточные условия получения субъектом права доступа владения к другому субъекту.

ДП-модель с функционально и параметрически ассоциированными с субъектами сущностями. *Определение* 1. Пусть $G = (S, E, R \cup A \cup F, H)$ – состояние КС $\Sigma(G^*, OP)$. Сущность $e \in E$ будем называть *параметрически-ассоциированной* с субъектом $s \in S$ в состоянии G, если чтение данных в сущности e субъектом $z \in S$ позволяет ему получить право владения к субъекту s в этом или последующих состояниях КС.

Замечание 1. Сущность $e \in E$, параметрически-ассоциированная с субъектом $s \in S$, содержит аргументы операций преобразования данных, выполняемого субъектом s в этом или последующих состояниях.

Замечание 2. В множество сущностей, параметрически-ассоциированных с субъектом $s \in S$, могут входить сущности, на которые субъект s не имеет прав доступа. Например, сущность-пароль, параметрически-ассоциированная с недоверенным субъектом-пользователем в операционной системе (ОС) семейства GNU/Linux, хранится в файле, правами доступа к которому могут обладать только доверенные субъекты-процессы данной ОС. Кроме того, возможно создание субъектов ОС, которые препятствовали бы доступу субъектов к некоторым критичным сущностям КС, несмотря на наличие необходимых прав доступа данных субъектов к этим сущностям [3].

Замечание 3. Существуют сущности, параметрически-ассоциированные с субъектом, которые не являются функционально-ассоциированными с ним. Примером такой сущности является раздел реестра ОС семейства Windows 2000/XP/2003, содержащий информацию об установленных обновлениях ОС узла. Также существуют сущности, параметрически-ассоциированные с субъектом, которые являются функционально-ассоциированными с ним. Так, зная идентификатор сессии пользователя веб-приложения, возможно получить его права доступа; с другой стороны, удаление данного идентификатора приводит к закрытию сессии пользователя.

С учетом того, что доверенные субъекты не участвуют в реализации информационных потоков по времени и в современных КС, как правило, реализация информационного потока по времени от сущности, параметрически-ассоциированной с субъектом, не приводит к получению другим субъектом права доступа владения к первому, будем считать, что в КС выполняется следующее предположение.

Предположение 1. Только информационный поток по памяти от сущности, параметрически-ассоциированной с субъектом, приводит к получению другим субъектом права доступа владения к первому субъекту. Множество сущностей, параметрически-ассоциированных с субъектом, не изменяется в процессе функционирования системы.

Через $]s[\subset E$ обозначим множество всех сущностей, параметрически-ассоциированных с субъектом s. При этом будем считать, что $s \in]s[$.

Наличие у субъекта данных о параметрах функционирования другого субъекта КС может позволить получить первому субъекту право доступа владения ко второму субъекту. При этом первому субъекту необходимо иметь возможность реализовать информационный поток по памяти к некоторому субъекту, позволяющему получить права доступа ко второму субъекту. Например, при получении субъектом-нарушителем пароля доверенного субъекта, первому необходимо иметь возможность записи пароля в сущность-интерфейс КС. Таким образом, будем считать, что в КС выполняется следующее предположение.

Предположение 2. Если субъект реализовал информационный поток по памяти от сущности, параметрически-ассоциированной с другим субъектом, к себе, то первый субъект получает право доступа владения ко второму субъекту.

В соответствии с данными предположениями модифицируем определение ФАС ДП-модели для возможности анализа условий получения субъектом права доступа владения к другому субъекту с использованием реализации информационного потока по памяти от сущности, параметрически-ассоциированной с последним субъектом. Модифицированную ФАС ДП-модель будем называть *ДП-моделью с функционально и параметрически ассоциированными с субъектами сущностями*, или ФПАС ДП-моделью. Модификация состоит в добавлении к правилам преобразования состояний ФАС ДП-модели правила – $know(x, y, z)$, определяемого в следующей таблице: аргументом операции является состояние G, значением – состояние G', параметрами – сущности x, y, z (см. таблицу).

Замечание 2. Правило $know(x, y, z)$ является монотонным, т. е. применение данного правила не приводит к удалению ребер или вершин из графа доступа.

Анализ условий получения субъектом права доступа владения к другому субъекту. Сформулируем и обоснуем условия получения субъектом права доступа владения own_r к другому субъекту для случая, когда в КС $\Sigma(G^*, OP)$ используется правило преобразования состояний $know(x, y, z)$.

Определение 2. Траекторию функционирования КС $\Sigma(G^*, OP)$ будем называть *траекторией без кооперации доверенных и недоверенных субъектов для передачи прав доступа*, если при ее реализации используются монотонные правила преобразования состояний, и доверенные субъекты:

– не дают недоверенным субъектам права доступа к сущностям;

– не берут у недоверенных субъектов права доступа к сущностям;

– используя информационные потоки по памяти к сущностям, не получают право доступа владения к субъектам;

– используя информационные потоки по памяти от сущностей, не получают право доступа владения к субъектам.

Таким образом, в КС $\Sigma(G^*, OP)$ на траекториях без кооперации доверенных и недоверенных субъектов для передачи прав доступа доверенные субъекты:

– не инициируют выполнения следующих правил преобразования состояний: *take_right*(α_r, u, x, e), *grant_right*(α_r, u, x, e), *control*(u, y, z), *know*(u, y, z);

– доверенные субъекты могут выполнять монотонные правила преобразования состояний: *own_take*(α_r, u, e), *create_entity*(u, e, e'), *create_subject*(u, e, e'), *rename_entity*(u, e, e'), *access_read*(u, e), *access_write*(u, e), *access_append*(u, e), *find*(u, e, e'), *post*(u, e, e'), *pass*(u, e, e') с условиями и результатами применения в соответствии с правилами преобразования БК ДП-модели, где $u \in L_S$ – доверенный субъект; $x \in N_S$ – недоверенный субъект; y – субъект, что $z]y[$ или $z \in [y]$; z, e, e' – сущности; $\alpha_r \in R_r$ – право доступа.

Определение 3. Траекторию функционирования КС $\Sigma(G^*, OP)$ будем называть траекторией без кооперации доверенных и недоверенных субъектов для передачи прав доступа и реализации информационных потоков, если она является траекторией без кооперации доверенных и недоверенных субъектов для передачи прав доступа, и при ее реализации используются следующие правила преобразования состояний:

– *take_right*(α_r, x, y, z), *grant_right*(α_r, x, y, z), *own_take*(α_r, x, y) с условиями и результатами применения в соответствии правилами преобразования базовой ДП-модели;

– *create_entity*(x, y, z), *create_subject*(x, y, z), *rename_entity*(x, y, z), *access_read*(x, y), *access_write*(x, y), *access_append*(x, y), *flow*(x, y, y', z), *find*(x, y, z), *post*(x, y, z), *pass*(x, y, z) с условиями и результатами применения в соответствии с правилами преобразования БК ДП-модели;

– *control*(x, y, z), *know*(x, y, z) с условиями и результатами применения в соответствии с правилами преобразования ФАС ДП-модели и таблицы.

Определение 4. Пусть имеются $G_0 = (S_0, E_0, R_0 \cup A_0 \cup F_0, H_0)$ – состояние системы S(G^*, OP), недоверенный субъект $x \in N_S \cap S_0$ и субъект $y \in S_0$, где $x \neq y$. Определим предикат *can_share_own*(x, y, G_0, L_S), который будет истинным тогда и только тогда, когда существуют состояния $G_1, \ldots, G_N = (S_N, E_N, R_N \cup A_N \cup F_N, H_N)$ и правила преобразования состояний $op_1, \ldots, op_N$ такие, что траектория $G_0 \vdash_{op1} G_1 \vdash_{op2} \ldots \vdash_{opN} G_N$ является траекторией без кооперации доверенных и недоверенных субъектов для передачи прав доступа и реализации информационных потоков, и $(x, y, own_r) \in R_N$, где $N \geq 0$.

Определение 5. Пусть имеются $G_0 = (S_0, E_0, R_0 \cup A_0 \cup F_0, H_0)$ – состояние системы S(G^*, OP), недоверенный субъект $x \in N_S \cap S_0$ и субъект yS_0, где $x \neq y$. Определим предикат *directly_can_share_own*(x, y, G_0, L_S), который будет истинным тогда и только тогда, когда существует последовательность субъектов $s_1, \ldots, s_m \in S_0$, где $s_1 = x$, $s_m = y$ и $m \geq 2$, таких, что для каждого $i = 1, \ldots, m-1$ выполняется одно из условий:

(1) $s_i \in N_S \cap S_0$, $s_i \in [s_{i+1}]$ или $s_i \in]s_{i+1}[$;

(2) истинен предикат *can_share*(own_r, s_i, s_{i+1}, G_0, L_S);

(3) существует сущность $e \in [s_{i+1}]$ такая, что истинен предикат *can_write_memory*(s_i, e, G_0, L_S);

(4) существует сущность $e \in]s_{i+1}[$ такая, что истинен предикат *can_write_memory*(e, s_i, G_0, L_S).

Лемма. Пусть имеется $G_0 = (S_0, E_0, R_0 \cup A_0 \cup F_0, H_0)$ – состояние системы S(G^*, OP), недоверенный субъект $x \in N_S \cap S_0$ и субъект $y \in S_0$, где $x \neq y$ и истинен предикат *directly_can_share_own*(x, y, G_0, L_S). Тогда истинен предикат *can_share_own*(x, y, G_0, L_S).

Доказательство. Пусть истинен предикат *directly_can_share_own*(x, y, G_0, L_S), тогда по определению 5 существует последовательность субъектов $s_1, \ldots, s_m$ в S_0, где $s_1 = x$, $s_m = y$ и $m \geq 2$, таких, что для каждого $i = 1, \ldots, m-1$ выполняется одно из условий (1) – (4). Докажем, что для такой последовательности $s_1, \ldots, s_m$ предикат *can_share_own*(x, y, G_0, L_S) является истинным.

Проведем доказательство этого утверждения индукцией по длине m.

Пусть $m = 2$, тогда возможно четыре случая.

Первый случай: $x \in N_S \cap S_0$, $x \in [y]$ или $x \in]y[$. Если $x \in [y]$, то пусть $op_1 = control(x, y, x)$. Тогда $G_0 \vdash_{op1} G_1$, $(x, y, own_r) \in R_1$ и предикат *can_share_own*(x, y, G_0, L_S) истинен. Если $x \in]y[$, то пусть $op_1 = know(x, y, x)$. Тогда $G_0 \vdash_{op1} G_1$ и $(x, y, own_r) \in R_1$ и предикат *can_share_own*(x, y, G_0, L_S) также истинен.

Во втором случае истинен предикат *can_share*(own_r, x, y, G_0, L_S). Следовательно, истинен предикат *can_share_own*(x, y, G_0, L_S).

В третьем случае имеется $x \in N_S \cap S_0$, существует сущность $e \in [y]$ и истинен предикат *can_write_memory*(x, e, G_0, L_S). Пусть $op_1 = control(x, y, e)$, тогда $G_0 \vdash_{op1} G_1$, $(x, y, own_r) \in R_1$ и предикат *can_share_own*(x, y, G_0, L_S) истинен.

В четвертом случае имеется $x \in N_S \cap S_0$, существует сущность $e \in]y[$ и истинен предикат *can_write_memory*(e, x, G_0, L_S). Пусть $op_1 = know(x, y, e)$, тогда $G_0 \vdash_{op1} G_1$, $(x, y, own_r) \in R_1$ и предикат *can_share_own*(x, y, G_0, L_S) истинен.

Докажем индуктивный шаг. Пусть $m > 2$ и доказываемое утверждение верно для всех последовательностей субъектов длины $k < m$. Докажем, что оно верно и для всех таких последовательностей длины m.

Рассмотрим последовательность субъектов $s_1, \ldots, s_m$ в S_0, где $s_1 = x$, $s_2 = z$ и $s_m = y$. Пусть $z \in N_S \cap S_0$. Тогда по предположению индукции существуют правила преобразования состояний $op_1, \ldots, op_N$ такие, что $G_0 \vdash_{op1} G_1 \vdash_{op2}$

Условия и результаты применения правила *know*(x, y, z) ФПАС ДП-модели

Правило	Исходное состояние $G = (S, E, R \cup A \cup F, H)$	Результирующее состояние $G' = (S', E', R' \cup A' \cup F', H')$
know(x, y, z)	$x, y \in S$, $z \in E$, $z \in]y[$ и или $x = z$, или $(z, x, write_m) \in F$	$S' = S$, $E' = E$, $A' = A$, $H' = H$, $F' = F$, $R' = R \cup \{(x, y, own_r)\}$

$\ldots \vdash_{opN} G_N$ и верно, что $(x, z, own_r), (z, y, own_r) \in R_N$, где $N \geq 0$. Положим $op_{N+1} = take_right(own_r, x, z, y)$. Тогда $G_N \vdash_{op(N+1)} G_{N+1} = (S_{N+1}, E_{N+1}, R_{N+1} \cup A_{N+1} \cup F_{N+1}, H_{N+1})$ и $(x, y, own_r) \in R_{N+1}$, следовательно, предикат $can_share_own(x, y, G_0, L_S)$ истинен.

Если $z \in L_S \cap S_0$, то $(z, y, own_r) \in R_0$, и по предположению индукции предикат $can_share_own(x, z, G_0, L_S)$ истинен. Следовательно, существуют правила преобразования состояний $op_1, \ldots, op_N$ такие, что $G_0 \vdash_{op1} G_1 \vdash_{op2} \ldots \vdash_{opN} G_N$, и $(x, z, own_r) \in R_N$, где $N \geq 0$. Аналогично получаем истинность предиката $can_share_own(x, y, G_0, L_S)$. Лемма доказана.

Теорема. Пусть имеются $G_0 = (S_0, E_0, R_0 \cup A_0 \cup F_0, H_0)$ – состояние системы S(G^*, OP) и право доступа владения $(x, y, own_r) \in N_r$, где $x \in N_S \cap S_0$, $y \in S_0$ и $x \neq y$. Тогда предикат $can_share_own(x, y, G_0, L_S)$ является истинным, если и только если существует последовательность субъектов $s_1, \ldots, s_m$ в S_0, где $s_1 = x$, $s_m = y$ и $m \geq 2$, таких, что выполняется одно из следующих условий.

Условие 1. $m = 2$ и истинен предикат $directly_can_share_own(x, y, G_0, L_S)$.

Условие 2. $m > 2$ и для каждого $i = 1, ..., m-2$ выполняется одно из условий:

– s_i, $s_{i+1} \in N_S \cap S_0$ и истинны предикаты $directly_can_share_own(s_i, s_{i+1}, G_0, L_S)$, $directly_can_share_own(s_{i+1}, s_{i+2}, G_0, L_S)$;

– $i < m-2$, s_i, $s_{i+2} \in N_S \cap S_0$ и истинны предикаты $directly_can_share_own(s_i, s_{i+1}, G_0, L_S)$, $directly_can_share_own(s_{i+2}, s_{i+1}, G_0, L_S)$;

– $i < m-2$, s_{i+1}, $s_{i+2} \in N_S \cap S_0$ и истинны предикаты $directly_can_share_own(s_{i+1}, s_i, G_0, L_S)$, $directly_can_share_own(s_{i+2}, s_{i+1}, G_0, L_S)$;

– $s_{i+1} \in N_S \cap S_0$ и истинны предикаты $directly_can_share_own(s_{i+1}, s_i, G_0, L_S)$, $directly_can_share_own(s_{i+1}, s_{i+2}, G_0, L_S)$.

Доказательство.

Докажем достаточность выполнения условий теоремы для истинности предиката $can_share_own(x, y, G_0, L_S)$.

Если выполнено первое условие теоремы, то в соответствии с леммой предикат $can_share_own(x, y, G_0, L_S)$ является истинным.

Если выполнено второе условие теоремы, то существует последовательность субъектов $s_1, ..., s_m$ в S_0, где $s_1 = x$, $s_m = y$ и $m > 2$. Проведем доказательство индукцией по длине m последовательности субъектов.

Пусть $m = 3$. Возможны два случая.

Первый случай: $x, s_2 \in N_S \cap S_0$ и истинны предикаты $directly_can_share_own(x, s_2, G_0, L_S)$, $directly_can_share_own(s_2, y, G_0, L_S)$. Тогда в соответствии с леммой существуют состояния $G_1, \ldots, G_N = (S_N, E_N, R_N \cup A_N \cup F_N, H_N)$ и правила преобразования состояний $op_1, \ldots, op_N$ такие, что $G_0 \vdash_{op1} G_1 \vdash_{op2} \ldots \vdash_{opN} G_N$ и $(x, s_2, own_r), (s_2, y, own_r) \in R_N$, где $N \geq 0$. Пусть $op_{N+1} = take_right(own_r, x, s_2, y)$ и $G_N \vdash_{op(N+1)} G_{N+1}$, где $G_{N+1} = (S_{N+1}, E_{N+1}, R_{N+1} \cup A_{N+1} \cup F_{N+1}, H_{N+1})$. Тогда $(x, y, own_r) \in R_{N+1}$ и предикат $can_share_own(x, y, G_0, L_S)$ являются истинными.

Второй случай: $s_2 \in N_S \cap S_0$ и истинны предикаты $directly_can_share_own(s_2, x, G_0, L_S)$, $directly_can_share_own(s_2, y, G_0, L_S)$. Тогда в соответствии с леммой существуют состояния $G_1, \ldots, G_N = (S_N, E_N, R_N \cup A_N \cup F_N, H_N)$ и правила преобразования состояний $op_1, \ldots, op_N$ такие, что $G_0 \vdash_{op1} G_1 \vdash_{op2} \ldots \vdash_{opN} G_N$ и $(s_2, x, own_r), (s_2, y, own_r) \in R_N$, где $N \geq 0$. Пусть $op_{N+1} = grant_right(own_r, s_2, x, y)$ и $G_N \vdash_{op(N+1)} G_{N+1}$, где $G_{N+1} = (S_{N+1}, E_{N+1}, R_{N+1} \cup A_{N+1} \cup F_{N+1}, H_{N+1})$. Тогда право $(x, y, own_r) \in R_{N+1}$ и предикат $can_share_own(x, y, G_0, L_S)$ являются истинными.

Докажем индуктивный шаг. Пусть $m > 3$ и утверждение верно для всех последовательностей субъектов длины $k < m$. Докажем, что утверждение верно для всех таких последовательностей длины m.

Пусть $s_1, \ldots, s_m$ последовательность субъектов из S_0 субъектов, где $s_1 = x$, $s_2 = z$, $s_3 = w$ и $s_m = y$.

Возможно четыре случая.

Первый случай: $x, z \in N_S \cap S_0$ и истинны предикаты $directly_can_share_own(x, z, G_0, L_S)$, $directly_can_share_own(z, w, G_0, L_S)$. Тогда в соответствии с леммой существуют состояния $G_1, \ldots, G_N = (S_N, E_N, R_N \cup A_N \cup F_N, H_N)$ и правила преобразования состояний $op_1, \ldots, op_N$ такие, что $G_0 \vdash_{op1} G_1 \vdash_{op2} \ldots \vdash_{opN} G_N$ и $(x, z, own_r), (z, w, own_r) \in R_N$, где $N \geq 0$. По предположению индукции существуют состояния $G_{N+1}, \ldots, G_{N+K} = (S_{N+K}, E_{N+K}, R_{N+K} \cup A_{N+K} \cup F_{N+K}, H_{N+K})$ и правила преобразования состояний $op_{N+1}, \ldots, op_{N+K}$ такие, что $G_{N+1} \vdash_{op(N+1)} G_{N+2} \vdash_{op(N+2)} \ldots \vdash_{op(N+K)} G_{N+K}$ и $(w, y, own_r) \in R_{N+K}$, где $K \geq 0$. Положим $op_{N+K+1} = take_right(own_r, x, z, w)$, $op_{N+K+2} = take_right(own_r, x, w, y)$. Тогда $G_{N+K} \vdash_{op(N+K+1)} G_{N+K+1} \vdash_{op(N+K+2)} G_{N+K+2} = (S_{N+K+2}, E_{N+K+2}, R_{N+K+2} \cup A_{N+K+2} \cup F_{N+K+2}, H_{N+K+2})$ и право $(x, y, own_r) \in R_{N+K+2}$. Следовательно, предикат $can_share_own(x, y, G_0, L_S)$ истинен.

Второй случай: $x, w \in N_S \cap S_0$ и истинны предикаты $directly_can_share_own(x, z, G_0, L_S)$, $directly_can_share_own(w, z, G_0, L_S)$. Тогда в соответствии с леммой существуют состояния $G_1, \ldots, G_N = (S_N, E_N, R_N \cup A_N \cup F_N, H_N)$ и правила преобразования состояний $op_1, \ldots, op_N$ такие, что $G_0 \vdash_{op1} G_1 \vdash_{op2} \ldots \vdash_{opN} G_N$ и права $(x, z, own_r), (w, z, own_r) OR_N$, где $N \geq 0$. По предположению индукции существуют состояния $G_{N+1}, \ldots, G_{N+K} = (S_{N+K}, E_{N+K}, R_{N+K} \cup A_{N+K} \cup F_{N+K}, H_{N+K})$ и правила преобразования состояний $op_{N+1}, \ldots, op_{N+K}$ такие, что $G_{N+1} \vdash_{op(N+1)} G_{N+2} \vdash_{op(N+2)} \ldots \vdash_{op(N+K)} G_{N+K}$ и $(w, y, own_r) \in R_{N+K}$, где $K \geq 0$. Положим $op_{N+K+1} = grant_right(own_r, w, z, y)$, $op_{N+K+2} = take_right(own_r, x, z, y)$. Тогда $G_{N+K} \vdash_{op(N+K+1)} G_{N+K+1} \vdash_{op(N+K+2)} G_{N+K+2} = (S_{N+K+2}, E_{N+K+2}, R_{N+K+2} \cup A_{N+K+2} \cup F_{N+K+2}, H_{N+K+2})$ и $(x, y, own_r) \in R_{N+K+2}$. Следовательно, предикат $can_share_own(x, y, G_0, L_S)$ истинен.

Третий случай: $w, z \in N_S \cap S_0$ и истинны предикаты $directly_can_share_own(z, x, G_0, L_S)$, $directly_can_share_own(w, z, G_0, L_S)$. Тогда в соответствии с леммой существуют состояния $G_1, \ldots, G_N = (S_N, E_N, R_N \cup A_N \cup F_N, H_N)$ и правила преобразования состояний $op_1, \ldots, op_N$ такие, что $G_0 \vdash_{op1} G_1 \vdash_{op2} \ldots \vdash_{opN} G_N$ и $(z, x, own_r), (w, z, own_r) \in R_N$, где $N \geq 0$. По предположению индукции существуют состояния $G_{N+1}, \ldots, G_{N+K} = (S_{N+K}, E_{N+K}, R_{N+K} \cup A_{N+K} \cup F_{N+K}, H_{N+K})$ и правила преобразования состояний $op_{N+1}, \ldots, op_{N+K}$ такие, что $G_{N+1} \vdash_{op(N+1)} G_{N+2} \vdash_{op(N+2)} \ldots \vdash_{op(N+K)} G_{N+K}$ и $(w, y, own_r) \in R_{N+K}$, где $K \geq 0$. Положим $op_{N+K+1} = grant_right(own_r, w, z, y)$, $op_{N+K+2} = grant_right(own_r, z, x, y)$.

Тогда $G_{N+K} \vdash_{op(N+K+1)} G_{N+K+1} \vdash_{op(N+K+2)} G_{N+K+2} = (S_{N+K+2}, E_{N+K+2}, R_{N+K+2} \cup A_{N+K+2} \cup F_{N+K+2}, H_{N+K+2})$ и $(x, y, own_r) \in R_{N+K+2}$. Следовательно, предикат $can_share_own(x, y, G_0, L_S)$ истинен.

Четвертый случай: $z \in N_S \cap S_0$ и истинны предикаты *directly_can_share_own*(z, x, G_0, L_S), *directly_can_share_own*(z, w, G_0, L_S). Тогда в соответствии с леммой существуют состояния $G_1, \ldots, G_N = (S_N, E_N, R_N \cup A_N \cup F_N, H_N)$ и правила преобразования состояний $op_1, \ldots, op_N$ такие, что $G_0 \vdash_{op1} G_1 \vdash_{op2} \ldots \vdash_{opN} G_N$ и $(z, x, own_r), (z, w, own_r) \in R_N$, где $N \geq 0$. По предположению индукции существуют состояния $G_{N+1}, \ldots, G_{N+K} = (S_{N+K}, E_{N+K}, R_{N+K} \cup A_{N+K} \cup F_{N+K}, H_{N+K})$ и правила преобразования состояний $op_{N+1}, \ldots, op_{N+K}$ такие, что $G_{N+1} \vdash_{op(N+1)} G_{N+2} \vdash_{op(N+2)} \ldots \vdash_{op(N+K)} G_{N+K}$ и $(w, y, own_r) \in R_{N+K}$, где $K \geq 0$. Положим $op_{N+K+1} = take_right(own_r, z, w, y)$, $op_{N+K+2} = grant_right(own_r, z, x, y)$. Тогда $G_{N+K} \vdash_{op(N+K+1)} G_{N+K+1} \vdash_{op(N+K+2)} G_{N+K+2} = (S_{N+K+2}, E_{N+K+2}, R_{N+K+2} \cup A_{N+K+2} \cup F_{N+K+2}, H_{N+K+2})$ и $(x, y, own_r) \in R_{N+K+2}$. Следовательно, предикат *can_share_own*(x, y, G_0, L_S) истинен.

Индуктивный шаг доказан, и доказательство достаточности выполнения условий теоремы для истинности предиката *can_share_own*(x, y, G_0, L_S) закончено.

Докажем необходимость выполнения условий теоремы для истинности этого предиката.

Пусть истинен предикат *can_share_own*(x, y, G_0, L_S). Тогда по определению 4 существуют состояния $G_1, \ldots, G_N = (S_N, E_N, R_N \cup A_N \cup F_N, H_N)$ и последовательности правил преобразования состояний $op_1, \ldots, op_N$ такие, что $G_0 \vdash_{op1} G_1 \vdash_{op2} \ldots \vdash_{opN} G_N$ и $(x, y, own_r) \in R_N$, где $N \geq 0$. Выберем среди последовательностей правил преобразований ту, у которой длина N является минимальной. В этом случае $(x, y, own_r) \notin R_{N-1}$. Проведем доказательство индукцией по числу N.

Пусть $N = 0$, тогда $(x, y, own_r) \in R_0$ и условие 1 теоремы выполнено.

Пусть $N = 1$, тогда $x \in N_S \cap S_0$, $y \in S_0$, $(x, y, own_r) \notin R_0$ и существует правило преобразования состояний op_1 такое, что $G_0 \vdash_{op1} G_1$ и $(x, y, own_r) \in R_1$. Из определения правил преобразования состояний в [1] и таблицы следует, что возможны шесть случаев:

– $x \in [y]$ и $op_1 = control\ (x, y, x)$;

– $x \in]y[$ и $op_1 = know\ (x, y, x)$;

– существует сущность $e \in [y]$ такая, что $(x, e, write_m) \in F_0$ и $op_1 = control\ (x, y, e)$;

– существует сущность $e \in]y[$ такая, что $(e, x, write_m) \in F_0$ и $op_1 = know\ (x, y, e)$;

– существует $z \in N_S \cap S_0$, что $(x, z, own_r), (x, z, own_r) \in R_0$ и $op_1 = take_right\ (own_r, x, z, y)$;

– существует $z \in N_S \cap S_0$, что $(z, x, own_r), (x, z, own_r) \in R_0$ и $op_1 = grant_right\ (own_r, z, x, y)$.

Все шесть случаев соответствуют условиям 1 и 2 теоремы.

Пусть $N > 1$ и утверждение теоремы верно для всех последовательностей правил преобразований состояний длины $l < N$. Тогда $x \in N_S \cap S_0$, $y \in S_0$, $(x, y, own_r) \notin R_{N-1}$ и существует правило преобразования состояний op_N такое, что $G_{N-1} \vdash_{opN} G_N$ и $(x, y, own_r) \in R_N$.

Из определения правил преобразования состояний, предположений о том, что множество сущностей, функционально и параметрически ассоциированных с субъектом не меняется, и минимальности N следует, что выполняется хотя бы одно из условий:

– существует сущность $e \in [y]$ такая, что $(x, e, write_m) \in F_{N-1}$ и $op_N = control\ (x, y, e)$;

– существует сущность $e \in]y[$ такая, что $(e, x, write_m) \in F_{N-1}$ и $op_N = know\ (x, y, e)$;

– существует $z \in N_S \cap S_0$, что $(x, z, own_r), (z, y, own_r) \in R_{N-1}$ и $op_N = take_right\ (own_r, x, z, y)$;

– существует $z \in N_S \cap S_0$, что $(z, x, own_r), (z, y, own_r) \in R_{N-1}$ и $op_N = grant_right\ (own_r, z, x, y)$.

Если выполнено первое или второе условие, то выполнено первое условие теоремы.

Рассмотрим случай выполнения третьего условия, когда $(x, z, own_r), (z, y, own_r) \in R_{N-1}$ и $op_N = take_right(\alpha, x, z, y)$. Доказательство для случая выполнения четвертого условия проводится аналогично доказательству для случая выполнения третьего условия.

Так как длина N минимальна, то в последовательности преобразований состояний $op_1, \ldots, op_N$ не используются правила вида *create_entity*(x, y, z) и *create_subject*(x, y, z). Следовательно, $z \in S_0$ и истинны предикаты *can_share_own*(x, z, G_0, L_S) и *can_share_own*(z, y, G_0, L_S) с длинами последовательностей преобразований состояний меньше N. По предположению индукции возможны четыре случая.

Первый случай: истинны предикаты *directly_can_share_own*(x, z, G_0, L_S) и *directly_can_share_own*(z, y, G_0, L_S), и, следовательно, второе условие теоремы выполнено.

Второй случай: истинен предикат *directly_can_share_own*(x, z, G_0, L_S) и существует последовательность субъектов $s_1, \ldots, s_m$ в S_0, где $s_1 = z$, $s_m = y$ и $m \geq 2$ таких, что выполняется условие 2. Следовательно, существует последовательность субъектов $s_1, \ldots, s_{m+1}$ в S_0, где $s_1 = x$, $s_2 = z$, $s_{m+1} = y$ таких, что выполняется условие 2 теоремы.

Третий случай: истинен предикат *directly_can_share_own*(z, y, G_0, L_S) и существует последовательность субъектов $s_1, \ldots, s_m$ в S_0, где $s_1 = x$, $s_m = z$ и $m \geq 2$ таких, что выполняется условие 2. Следовательно, существует последовательность субъектов $s_1, \ldots, s_{m+1}$ в S_0, где $s_1 = x$, $s_m = z$, $s_{m+1} = y$ таких, что выполняется условие 2 теоремы.

Четвертый случай: существуют последовательности субъектов $s_1, \ldots, s_m$ и $s'_1, \ldots, s'_n$ в S_0, где $s_1 = x$, $s_m = s'_1 = z$, $s'_n = y$ и $m, n \geq 2$, для которых выполняется условие 2. Следовательно, существует последовательность субъектов $s_1, \ldots, s_{m+n-1} \in S_0$, где $s_1 = x$, $s_{m+n-1} = y$ таких, что выполняется условие 2 теоремы.

Индуктивный шаг доказан, и доказательство необходимости выполнения условия теоремы для истинности предиката *can_share_own*(x, y, G_0, L_S) закончено. Теорема доказана.

Таким образом, в работе введено понятие сущности, параметрически-ассоциированной с субъектом. Для обеспечения возможности анализа получения субъектом права доступа владения к другому субъекту с использованием информационных потоков по памяти как от сущностей, параметрически-ассоциированных с субъектом, так и к сущностям, функционально-ассоциированных с субъектом, построена ФПАС ДП-модель, являющаяся расширением ФАС ДП-модели. Данное расширение дополнительно содержит правило преобразования состояний *know*(), отражающее возможность получения в реальных КС субъектом права доступа владения к другому субъекту с использованием реализации информацион-

ного потока по памяти от сущности, параметрически-ассоциированной с последним. В рамках ФПАС ДП-модели сформулированы и обоснованы условия получения недоверенным субъектом права доступа владения к другому субъекту КС.

Библиографический список

1. Девянин, П. Н. Анализ безопасности управления доступом и информационными потоками в компьютерных системах / П. Н. Девянин. М. : Радио и связь, 2006.

2. Девянин, П. Н. Модели безопасности компьютерных систем : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П. Н. Девянин. М. : Академия, 2005.

3. Качанов, М. А. Расширение функциональности системы безопасности ядра Linux на основе подмены системных вызовов / М. А. Качанов, Д. Н. Колегов // Прикладная дискретная математика. 2008. № 2. С. 76–80.

D. N. Kolegov

DP-MODEL OF THE COMPUTER SYSTEM WITH FUNCTIONAL AND PARAMETRIC ASSOCIATES WITH SUBJECT ENTITIES

The definition of parametric-associates with subject entities in computer system is proposed. The extension of DP-model of the computer system with functional-associates with subjects entities is constructed. In this extension the conditions that can access its own right to another subject are formulated and established.

Keywords: computer security, mathematical models of security, discretionary models, security analysis, access rights, information flows.

УДК 62 – 506.1

И. В. Ковалев, М. В. Карасева, В. О. Лесков

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ БАЗИС КАК СОВОКУПНОСТЬ ЛЕКСИЧЕСКИ СВЯЗАННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Рассмотрены вопросы реорганизации структуры базисного информационного компонента мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии для применения методики обучения иностранной лексике посредством построения внутриязыковых ассоциативных полей.

Ключевые слова: мультилингвистическая адаптивно-обучающая технология, информационно-терминологический базис, частотные словари, внутриязыковые ассоциативные поля.

В работе [1] были сформулированы основные положения методики обучения иностранным языкам, которая обеспечивает организованное построение групп ассоциативных связей между лексемами целевого языка непосредственно в процессе обучения. Данная методика развивается, опираясь на мультилингвистическую адаптивно-обучающую технологию (МЛ-технологии), поэтому структуру языкового материала, который она будет использовать, рационально разрабатывалась, отталкиваясь от информационно-терминологического базиса (ИТБ) МЛ-технологии [2].

Также, в работе [1] было предложено использование ИТБ как совокупности лексически связанных компонентов (ЛС-компоентов). В соотнесении с МЛ-технологией такой подход вызывает ряд вопросов и требует более подробного описания.

Итак, от грамотно разработанной и соответствующим образом описанной структуры ИТБ, в данном случае, будет зависеть возможность и целесообразность применения настоящей методики обучения в рамках МЛ-технологии.

Информационно-терминологическое обеспечение МЛ-технологии. Информационно-терминологическая база МЛ-технологии строится на основе результатов анализа языкового материала. Под языковым материалом здесь следует понимать некоторое множество текстов интересующей разработчика предметной области изучаемого языка [3]. Размер языкового материала может варьироваться в зависимости от средств анализа, наличия оригинальных текстов и необходимого количества терминов.

Основу построения информационно-терминологической базы составляют частотные словари, по данным которых определяется приоритетность изучения тех или иных терминов. Использование таких словарей, полученных путем анализа языкового материала, качественно улучшает процесс обучения иностранной лексике [4].

В работе [2] была разработана структура информационно-терминологической базы МЛ-технологии с учетом частотных характеристик ее элементов.

Терминологическое множество, соответствующее базисному информационному компоненту МЛ-технологии, описывалось следующим образом:

МЛ-компонент = {термин яз_1, термин яз_2,..., термин яз_N, частота яз_1, частота яз_2,..., частота яз_N}.

Методология DSSD (Data-Structured Systems Development), предложенная Варнье Орром и ориентированная на разработку систем со структурными данными, использует аналогичную нотацию, а именно множественную скобку (рис. 1).

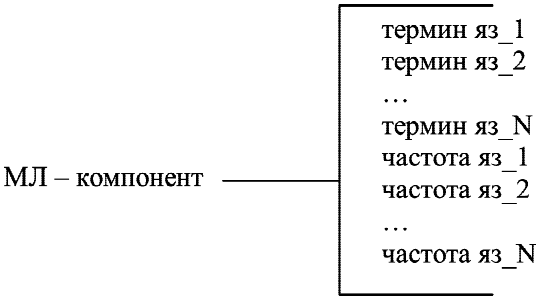


Рис. 1. Описание базисного информационного компонента с использованием нотации DSSD

Применение МЛ-компонентов в построении информационно-терминологического базиса. В работе [1] рассматриваются системные аспекты методики обучения иностранной лексике посредством построения внутриязыковых ассоциативных полей. Одним из таких аспектов является модификация структуры ИТБ, а именно, его базисного информационного компонента.

Предположим, дан полностью сформированный мультилингвистический ИТБ нейросетевой структуры [5]. Необходимо, посредством некоторого критерия, выделить элементы в совокупности их лексических связей наиболее значимые для обучения. Предположим, что такой критерий сформулирован, и для каждого элемента определено оптимальное количество лексических связей.

Таким образом, ИТБ будет представлен совокупностью объектов, структура которых схематически представлена на рис. 2.

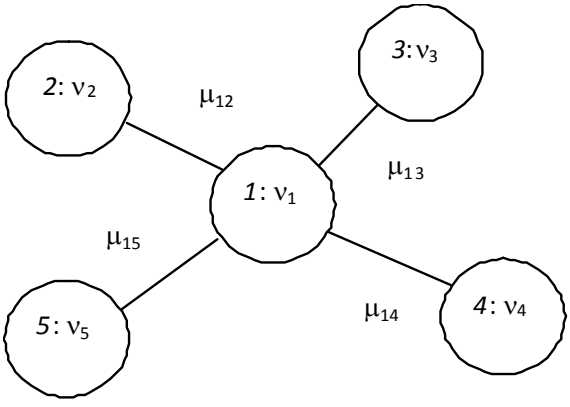


Рис. 2. Лексически связанный компонент ИТБ: лексемы: *1*– основная лексема; *2*, *3*, *4*, *5* – связанные лексемы; лексические связи: 1–2, 1–3, 1–4, 1–5; количественные характеристики: ν_i – абсолютная частота *i*-й лексемы; μ_{ik} – абсолютная частота сочетания *i*-й и *k*-й лексем

Такие комплексные объекты называются лексически связанными компонентами ИТБ.

Лексема, связанная со всеми без исключения лексемами ЛС-компонента ИТБ называется основной лексемой; лексемы, имеющие только одну связь, – связанными лексемами.

Таким образом, мультилингвистический компонент, описанный в работе [6], уже не будет играть роль базисного информационного компонента. Его место теперь займет разработанный нами ЛС-компонент. Опишем его структуру, ориентируясь на данные. Для простоты воспользуемся уже известным нам описанием МЛ-компонента:

ЛС-компонент = {МЛ-компонент (основная лексема), СМЛ-компонент (связанная лексема № 1), СМЛ-компонент (связанная лексема № 2), СМЛ-компонент (связанная лексема № N)}.

В нотации DSSD ЛС-компонент будет выглядеть следующим образом (см. рис. 3):

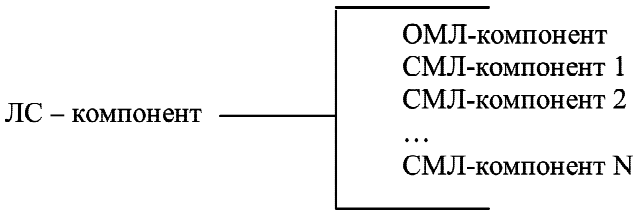


Рис. 3. Описание базисного информационного компонента с использованием нотации DSSD

Но при этом структура МЛ-компонента, базирующегося на основной лексеме должна быть изменена, иначе теряется информация о лексических связях, а значит и смысл всей методики обучения.

Структура основного МЛ-компонента (ОМЛ-компонента) будет выглядеть следующим образом:

ОМЛ-компонент = {термин яз_1, термин яз_2, ..., термин яз_N, частота яз_1, частота яз_2, ..., частота яз_N, сочетание 1_яз_1, сочетание 1_яз_2, ..., сочетание 2_яз_1, сочетание 2_яз_2, …, сочетание K_яз_N, частота 1_яз_1, частота 1_яз_2, …, частота 2_яз_1, частота 2_яз_2, …, частота K_яз_N}.

Или, используя нотацию DSSD, иначе (рис. 4).

На первый взгляд структура ОМЛ-компонента выглядит громоздкой. Возникает вопрос о том, насколько ресурсоемко будет формирование и эксплуатация таких компонентов. Но при ближайшем рассмотрении становится очевидным, что ОМЛ-компоненты включили в себя МЛ-компоненты, образованные от словосочетаний. Таким образом, исходный объем ИТБ нисколько не изменился. Также не изменилась ресурсоемкость его формирования. Ресурсоемкость использования в процессе обучения увеличится незначительно, так как сам процесс обучения носит итеративный характер, а на каждой итерации подачи материала такой элемент всего один. Структура остальных МЛ-компонентов (связанных) не претерпела изменений [6].

Лексические сочетания и их частотные характеристики, полученные путем анализа нейросетевого ИТБ, были включены в структуру ОМЛ-компонента затем, чтобы сохранить принцип мультилингвистичности обучения.

Дело в том, что при изучении словосочетания на иностранном языке (момент установления ассоциативного поля) обучаемый, согласно данной методике, должен получить подсказку на другом, уже изученном, иностранном языке. Эта подсказка есть не что иное, как языковой аналог данного словосочетания. Но ввиду различного синтаксиса языков, входящих в ИТБ, генерировать такие языковые аналоги простой комбинацией лексем совершенно недопустимо. Поэтому для сохранения принципа мультилингвистичности обучения необходимо иметь точные языковые аналоги лексических сочетаний как отдельных понятий предметной области.

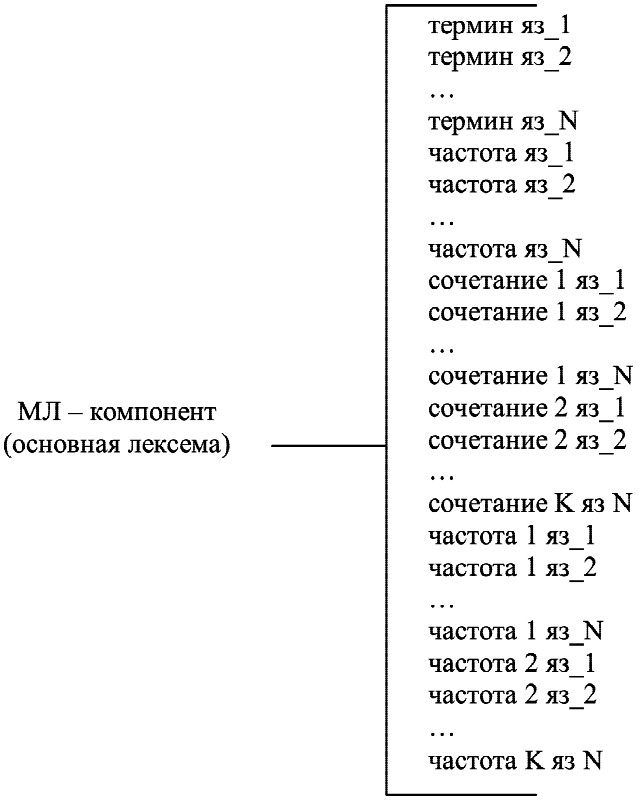


Рис. 4. Описание ОМЛ-компонента
с использованием нотации DSSD

Таким образом, в статье были рассмотрены некоторые аспекты совместного применения МЛ-технологии и методики обучения, посредством наведения внутриязыковых ассоциативных полей. В том числе осуществлены следующие действия:

– детализирована структура ИТБ как совокупности ЛС-компонентов;

– разработан базисный информационный компонент ИТБ;

– проведено ориентированное на данные описание ЛС-компонента как базисного информационного компонента ИТБ.

Разработанная структура ИТБ является основой совместного использования МЛ-технологии и методики обучения на основе ЛС-компонентов (ЛСК-методики). Именно структурные особенности ИТБ позволяют этим двум подходам «безвозмездно» усиливать друг друга в процессе обучения.

Библиографический список

1. Карасева, М. В. Системные аспекты методики обучения иностранной лексике, посредством построения внутриязыковых ассоциативных полей / М. В. Карасева, В. О. Лесков // Вестник Университетского Комплекса. 2007. № 9(23). С. 110–119.

2. Карасева, М. В. Модель архитектуры мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии / М. В. Карасева, И. В. Ковалев, Е. А. Суздалева // Новые информационные технологии в университетском образовании : тез. Междунар. науч.-метод. конф. Кемерово : КемГУ : ИДМИ, 2002. С. 204–205.

3. Ковалев, И. В. Программно-алгоритмические средства персонификации информационно-терминологического базиса в области аэрокосмической техники / И. В. Ковалев, С. С. Огнерубов, П. М. Лохмаков // Авиакосмическое приборостроение. 2007. № 9. С. 67–72.

4. Ковалев, И. В. Англо-немецко-русский частотный словарь по системному анализу в электронном машиностроении : учеб. пособие / И. В. Ковалев, М. В. Карасева ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2004.

5. Ковалев, И. В. Мультилингвистический метод изучения иностранной терминологической лексики на базе мнемотехнического подхода / И. В. Ковалев, А. В. Усачев // Социально-психологические проблемы развития личности : материалы I Всерос. науч. Internet-конференции. Тамбов : ТГУ, 2001. Вып. 4. С. 57.

6. Карасева, М. В. Автоматизация формирования информационной базы мультилингвистической адаптивной технологии / М. В. Карасева, В. О. Лесков // Вестник СибГАУ. Красноярск, 2007. Вып. 4. С. 31–35

I. V. Kovalev, M. V. Karaseva, V. O. Leskov

INFORMATION-VOCABULARY BASIS AS A SYSTEM OF LEXICALLY ASSOCIATED COMPONENTS

The problems concerning with the base informational component structure reorganization of the multilingual-adaptive training technology to use the technique of foreign vocabulary training by means of intralingual associative fields building are considered.

Keywords: multilingual adaptive-training technology, information-vocabulary basis, frequency dictionaries, intralingual associative fields.

УДК 681.3

Е. А. Энгель

НЕЧЕТКИЕ ГИБРИДНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Описывается разработанная гибридная система обработки информации. Рассматриваются выявленные на базе кластерного анализа особенности научных текстов, которые используются при разработке нечетких нейронных сетей для анализа текстов. Описывается нечеткая гибридная система анализа научных текстов и результаты ее испытаний.

Ключевые слова: кластерный анализ, нечеткая нейронная сеть, гибридная система.

В настоящее время применение методов анализа данных часто бывает затруднено тем, что для конкретной задачи из какой-либо предметной области выборка характеризуется не числовым характером атрибутов. В частности, в макроэкономических, социологических, маркетинговых, медицинских базах данных широко используется лингвистическая форма представления данных. Для оперирования подобными данными необходимо организовать среду хранения нечетких атрибутов. В настоящее время существует ряд теоретических и практических разработок, позволяющих создавать хранилища данных с нечеткими атрибутами. Это отражено в работах Дидьера Дюбуа [1], Мичинори Наката, Генри Прада, в которых исследуется нахождение элементов, с достаточно важными характеристиками; Ж. К. Куберо, Ф. Куенца, И. Бланко, М. А. Вила, где рассматриваются неполные функциональные зависимости в сравнении с нахождением знаний в базах данных; исследования Греда Вагнера связаны с логической перестройкой нечеткого обращения в базах данных и логических программах. В работах М. А. Вила, Ж. К. Куберо, О. Понс, Дж. М. Медина исследуются запросы в объектно-ориентированных нечетких базах данных; Анны Изабель Агуилера Фарако и Леонида Жозе Тинео Родригаса разработана нечеткая дедуктивная модель и доведена до реального воплощения; в работе Е. А. Горбоконенко [2] предложена и реализована нечеткая реляционная модель данных.

Несмотря на значительные результаты, достигнутые в интеллектуальном анализе данных, остается ряд нерешенных задач. Так, использование не числовых атрибутов, в том числе нечетких, не поддержано разработанными методами анализа.

Гибридная система обработки информации. Разработана гибридная система обработки информации, которая обладает следующими особенностями:

– для извлечения знаний использует статистические данные, которые интерпретирует как обучающие выборки для нечетких нейронных сетей;

– представляет знания в виде лингвистических переменных (функций принадлежности), нечетких продукций и обученных нейронных сетей; редукция множества нечетких продукций, настройка функций принадлежности и базы правил выполняется с помощью генетических алгоритмов.

Базовая задача анализа информации – формирование индексов в соответствии с рубриками. Рубрики представляют собой классы объектов проблемной области, причем трудно вручную составить исходную достаточно полную классификацию. Следовательно, необходимо решить задачу кластеризации – порождение системы нечетких классов для данных. Затем каждый новый объект необходимо относить к нечетким классам.

Вход: множество данных $X = \{x_1, x_2, ..., x_N\}$, max num – максимальное количество кластеров.

Выход: оптимальное множество кластеров $C = \{C_1, C_2, ..., C_c\}$.

Шаг 1. $c_{\text{opt}} = \max\text{num}$, $c = \max\text{num}$, $i = 1$. Случайным образом выбирается объект $x \in X$ в качестве точки старта p. Выполняется многошаговый max min алгоритм с параметрами X, c, i, p для поиска оптимального множества кластеров $C = \{C_1, C_2, ..., C_c\}$ для c. Вычисляется функция оценки SC для C.

Шаг 2. Выполняется алгоритм слияния для получения множества кластеров $C' = \{C'_1, C'_2, ..., C_c\}$, выбирается центр C'_1 в качестве точки старта p. $c = c - 1$, $i = 2$. Выполняется многошаговый maxmin алгоритм с параметрами X, c, i, p для поиска оптимального множества кластеров $C^* = \{C^*_1, C^*_2, ..., C^*_c\}$ для c. Вычисляется функция оценки SC для C^* и принимается как SC^*. Если $SC^* > SC$, тогда $SC = SC^*$, $C = C^*$, $c_{\text{opt}} = c$. Повтор шага 2, пока $c \le 2$.

Шаг 3. Вывод: $C = \{C_1, C_2, ..., C_{\text{opt}}\}$ – оптимальное множество кластеров.

Данный алгоритм имеет ряд преимуществ перед другими алгоритмами кластеризации (см. табл. 1).

Реализация нечеткой гибридной системы для анализа научно-технических текстов. Разработанная нечеткая гибридная система была применена для анализа научно-технических текстов. Первоначально была решена задача определения жанра текста. Очевидно, что такую задачу можно решить только на основе аннотаций текстов, которые должны присутствовать в каждом ресурсе. Текст можно отнести к нечеткому классу на основе встречаемости ключевых слов. Использовался описанный выше гибридный алгоритм. Далее был проведен детальный анализ ключевых слов, характеризующих научно-технический жанр.

Основная цель научного произведения – сообщение о результатах проведенного исследования и объяснение способа их получения, формулировка новых идей и их обоснование. Соответственно, научный дискурс представляет собой логически взаимосвязанную последовательность речевых (дискурсивных) действий, соответствующих операциям научного мышления [3–5]. К типичным операциям относится обоснование вывода, выдвижение гипотезы, введение термина и понятия, приведение фак-

тов и доказательств, подведение итогов и др. Как правило, эти операции более или менее явно помечаются общенаучными словами и выражениями, образующими общенаучный лексикон.

Наиболее явными маркерами мыслительных операций служат так называемые ментальные перформативные высказывания (например, *ниже рассмотрим, особо подчеркнем*), которые обычно квалифицируют применяемую операцию. В работе [5] описаны виды перформативных высказываний, опирающиеся на широкий круг ментальных перформативных глаголов (*опишем, предположим, заметим* и т. п.):

– канонические, с глаголом в первом лице множественного числа (*мы покажем*);

– «установочные», с модальным или оценочным словом (*необходимо/нетрудно заметить*);

– в форме деепричастия или деепричастного оборота (*резюмируя вышесказанное*);

– в безличной форме (*представляется, что*…).

В научных текстах встречаются также дескриптивные (косвенные) варианты ментальных перформативов, используемые либо для перифразирования (*эти данные приводятся в таблице 3*), либо для установления связей между высказываниями текста (*далее кратко изложен*).

Кроме перформативов используются также маркеры очередности (*во-первых, наконец и др.*); коннекторы – союзы и союзные слова (*однако, благодаря тому, что и т. п.*); слова-оценки (*возможно, по-видимому и т. п.*), часто встречающиеся и в текстах других стилей [6].

Все указанные виды дискурсивных маркеров имеют ярко выраженный метатекстовый характер [7], большинство из них функционируют в тексте как метатекстовые операторы, предполагающие в своем составе сентенциальный или атрибутивный аргумент: *подчеркивается, что S, рассмотрим N.*

К общенаучному лексикону относятся абстрактные существительные, называющие аппарат научно-познавательной деятельности (*вопрос, проблема, понятие, анализ, процедура, схема и др.*). Эти существительные называются общенаучными переменными [7], поскольку имеют обязательную атрибутивную валентность (*проблема N, понятие N*). Хотя они не используются в метатекстовой функции, они играют важную роль в структуризации научной информации. Общенаучные переменные обычно употребляются в научных текстах с перформативными глаголами (*ввести понятие, подвергнуть анализу*) [8].

Таким образом, общенаучный лексикон охватывает широкий круг семантически и грамматически разнородных слов и выражений общенаучной речи. Важно, что он не зависит от конкретной предметной области и сравнительно немногочисленен. Заметим, что лексикон состоит из общеупотребительных слов, поэтому их метатекстовая функция в конкретном предложении текста (т. е. выполняют ли они роль дискурсивного маркера) в общем случае может быть установлена только в результате исследования контекста их употребления.

Для анализа научно-технических документов предлагается использовать, кроме традиционных терминологического и морфологического словарей, следующие словарные средства, отображающие специфику научной прозы:

– словарь общенаучных слов и выражений;

– лексико-синтаксические шаблоны типичных фраз научной речи.

При построении словаря общенаучных слов и выражений была проведена классификация собранных ключевых слов. Выражения были разбиты на группы путем кластеризации гибридным алгоритмом в признаковом пространстве, характеризующем смысл и функции выражений в тексте, без учета их грамматической формы и синтаксических характеристик. В итоге получилось 53 группы, каждая из которых является классом слабой эквивалентности и включает в общем случае несколько семантически близких выражений разной грамматической природы. Каждой группе приписана соответствующая операция научного дискурса; эти операции частично приведены в табл. 1.

Для каждой единицы словаря общенаучной речи указывается ее классификационная группа (дискурсивная операция); для словосочетаний описываются их синтаксические характеристики (разрывность/неразрывность и др.).

Для распознавания в тексте словарного словосочетания необходима информация о семантико-синтаксических валентностях составляющих его слов. Такую информацию можно представить в виде нечеткого лексико-синтаксического шаблона, который фиксирует лексемы и их грамматическую форму, а также задает синтаксические условия заполнения своих пустых мест (валентностей). Кроме того, в виде шаблонов удобно представлять клишированные конструкции научной речи, составленные из нескольких словарных единиц и имеющие фиксированную синтаксическую структуру. К числу таких конструкций относятся определения новых терминов, состоящие из одного предложения, например, фраза «…значение, которое используется для расширения первоначального набора, мы будем называть существенным значением…». Указанная конструкция схематически может быть описана как

Таблица 1

Сравнение алгоритмов кластеризации

Алгоритм	Применимость к сильно сгруппированным данным	Необходимость указания количества кластеров	Чувствительность к входным параметрам	Применимость к неравномерно распределенным данным
Гибридный алгоритм	Да	Нет	Нет	Да
k-средних	Да	Да	Да	Да
Субстрактивный	Да	Нет	Да	Нет
Maxmin	Да	Нет	Да	Да
Fuzzy c-means	нет	да	Да	Да

NG_{ACC} [«мы»] «будем называть»T_{INS},

где «мы» и «будем называть» – совместно встречающиеся лексемы, причем слово «мы» может отсутствовать; T_{INS} – определяемый термин, выраженный согласованной именной группой, главное слово которой имеет форму творительного падежа; NG_{ACC} – определение или объяснение авторского термина, выраженное согласованной именной группой (возможно, расширенной придаточным предложением), главное слово которой имеет форму винительного падежа. Каждый шаблон реализуется отдельно обученной нечеткой нейросетью (табл. 2).

Представленная в словаре общенаучной речи и наборе нечетких шаблонов семантико-синтаксическая информация позволяет производить содержательный анализ научно-технических текстов – распознавание примененных дискурсивных маркеров и операций научного дискурса.

Разработка нечетких лексико-синтаксических шаблонов. Проблема, возникающая при разработке шаблонов конструкций, заключается в определении контекстов, однозначно сигнализирующих дискурсивный (метатекстовый) характер употребляемых слов и словосочетаний. Для ее решения необходимо проводить исследование контекстов употреблений конструкций, целесообразно использовать аппарат нечетких нейронных сетей.

Такое исследование было проведено для контекстов конструкций, определяющих новые термины. Нечеткими нейросетями было обработано около 50 научно-технических текстов, и из них были выделены те фразы, которые использовались при определении или пояснении нового термина. После их предварительного анализа было получено первоначальное множество лексем, входящих в конструкции определений, что позволило в дальнейшем автоматизировать процесс поиска новых конструкций и контекстов, посредством обученных нечетких нейросетей.

Так как количество разных контекстов было велико, контексты для каждой фиксированной лексемы (или для двух-трех совместно встречающихся лексем) были представлены отдельно обученной нечеткой нейросетью, что позволило выявить соответствующие синтаксические конструкции, которые затем были формализованы в виде нечетких лексико-синтаксических шаблонов, реализуемых настроенными нечеткими нейросетями.

В состав шаблонов входят следующие элементы:

– литералы, т. е. конкретные лексемы из словаря общенаучной речи (*определим*, *будем называть* и др.), а также сокращения (т. н.) и знаки препинания. Литеральные элементы заключаются в кавычки;

– символьные обозначения слов определенной части речи и грамматической формы, которые могут заполнять свободные места (слоты) шаблона; например, N – существительное, V – глагол, P – предлог, Pa – причастие;

– символьные обозначения определенных грамматических конструкций, например, Ng – именная группа, T – определяемый термин, выраженный именной группой (простой или расширенной);

– условия, уточняющие грамматические характеристики рассмотренных элементов и записываемые в угловых скобках, например: <Ng. number = V. number> означает, что число группы Ng и глагола V совпадают, а условие <person = 3> фиксирует употребление третьего лица.

При записи условий используются символьные обозначения грамматических характеристик: времени (tense), числа (number), лица (person), рода (gender), падежа (case) и конкретных падежей (например, nom – именительный, ins – творительный).

К примеру, шаблон Ng «,» Pa<«названный»> T<: case = ins> <Ng. case = Pa. case Ng. gender = Pa. gender Ng. number = Pa. number = T. number> описывает случаи вида «По результатам генерации форм, слова были разбиты на группы, названные профилями» (в этом примере подчеркнута фиксированная шаблоном лексема). В то же время, фраза «...устойчивого выражения, названного в заголовке, в левой (объясняемой) части словарной статьи» не вводит новый термин и не удовлетворяет шаблону, так как после причастия «названный» не стоит конструкция, имеющая требуемые в шаблоне характеристики.

Разработанные к настоящему моменту шаблоны, реализуемые настроенными нечеткими нейросетями, образуют нечеткую гибридную систему обработки научных текстов, покрывающую примерно 60–70 % определений терминов, встречающихся в научных текстах. Важно, что добавляя новые нечеткие шаблоны, учитывающие все более сложные конструкции и контексты, можно постепенно наращивать мощность процедуры распознавания в тексте операций научного дискурса.

Таким образом, с использованием математического аппарата, описанного выше, была реализована нечеткая

Таблица 2

Операции научного дискурса

Операции	Примеры слов и выражений
Описание и констатация	Укажем, что; характеризуя
Конкретизация и уточнение	В частности; в дополнение к
Причинно-следственные связи	По этой причине; следовательно
Актуализация темы	Перейдем к; рассмотрим
Выделение информации	Особо подчеркнем; необходимо отметить
Предположения и допущения	Предположим/допустим, что
Определения	Будем называть; по определению
Сравнение и противопоставление	С одной стороны; в отличие от; по сравнению с
Иллюстрация и приведение примеров	К примеру; например
Обобщение и резюмирование	Суммируя вышесказанное; в общем
Упорядочивание и перечисление	Во-первых; наконец
Помета общенаучной переменной	Идея, модель, результат
Выражение мнения и оценивание	Целесообразно считать; по-видимому

гибридная система обработки информации, позволяющая производить кластеризацию данных с лингвистическими атрибутами и выявлять зависимости в виде нечетких продукций. Представленный алгоритм позволяет проводить кластеризацию сильно сгруппированных и неравномерно распределенных данных: нечувствителен к входным параметрам и не требует указания количества кластеров.

Разработанная нечеткая гибридная система обработки информации была эффективно использована для анализа научных текстов. Охарактеризованы разрабатываемые для этого словарные средства – словарь общенаучной речи и нечеткие лексико-синтаксические шаблоны характерных фраз. Кратко описаны составные элементы шаблонов, язык их записи, а также методика их построения, базирующаяся на нечетком нейросетевом анализе. Все это дает возможность приступить к реализации процедуры распознавания дискурсивной структуры научно-технических текстов.

Библиографический список

1. Дюбуа, Д. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике : пер. с фр. / Д. Дюбуа, А. Прад. М. : Радио и связь, 1990.

2. Горбоконенко, Е. А. Представление нечеткой информации в СУБД / Е. А. Горбоконенко, Н. Г. Ярушкина // Тр. 7-й нац. конф. по искусств. интеллекту. М. : Изд-во физ.-мат. лит., 2000.

3. Митрофанова, О. Д. Язык научно-технической литературы / О. Д. Митрофанова. М. : Изд-во МГУ, 1973.

4. Николаев, А. М. Описание семантики научного текста с позиций теории речевых актов (на материале рецензии на научно-техническую работу) / А. М. Николаев // НТИ. 1998. Сер. 2. № 7.

5. Рябцева, Н. К. Ментальные перформативы в научном дискурсе / Н. К. Рябцева // Вопросы языкознания. 1992. № 4.

6. Севбо, И. П. Сквозной анализ как шаг к структурированию текста / И. П. Севбо // НТИ. 1989. Сер. 2. № 2.

7. Вежбицка, А. Метатекст в тексте / А. Вежбицка // Новое в зарубежной лингвистике. М. : Прогресс, 1978. Вып. VIII.

8. Словарь глагольно-именных словосочетаний общенаучной речи. М. : Наука, 1973.

E. A. Engel

FUZZY HYBRID SYSTEM USAGE FOR DATA PROCESSING

The designed hybrid system for data processing is described. It coveres the features of the scientific texts detected on the base of cluster analysis and realized by the fuzzy neural networks for scientific texts analysis. The fuzzy hybrid system for scientific texts analysis.The results of tests are described.

Keywords: cluster analysis, fuzzy neural network, hybrid system.

УДК 519.21

Т. А. Ширяева, С. И. Сенашов

СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ АНАЛИЗА ФИНАНСОВЫХ СИСТЕМ

Предложен метод формирования оптимального портфеля ценных бумаг на основе формулы Кокса–Росса–Рубинштейна. Итогом работы является перечень конкретного вида мера риска и применение полученных мер к конкретным ценным бумагам и формирование предпочтения одних бумаг другим.

Ключевые слова: мера риска, стохастический анализ.

Эффективное управление движением капитала в рамках организаций (или физических лиц) предполагает временное вложение свободных средств в ценные бумаги для извлечения дополнительной прибыли.

Прежде чем вкладывать средства в ценные бумаги, необходимо изучить рынок ценных бумаг. Стоимость каждой ценной бумаги можно рассматривать как некоторую случайную величину. В любой ситуации желательно знать вид закона распределения.

Для решения данной задачи используют различные методы. В частности, можно рассматривать известные стандартные вероятностные распределения и проводить проверки гипотез, что случайная величина имеет свое распределение со своими параметрами.

В случае, если распределение установлено, то характеристикой ценной бумаги является функция риска, которая может быть определена различным образом. Поэтому, сравнивая функции риска для наборов ценных бумаг, можно выбрать бумаги с наименьшим риском, т. е. говорить о предпочтительность одних ценных бумаг по отношению к другим.

Две математические модели рынка ценных бумаг. Инвесторы условно могут быть разделены на два типа.

Первый тип – количество средств ограничено, поэтому приобретаются ценные бумаги только одного вида и приходится отдавать предпочтения какому-либо конкретному виду ценных бумаг.

Второй тип – количество средств достаточно велико, поэтому возможно приобретение несколько видов ценных бумаг, т. е. осуществить формирование так называемого портфеля ценных бумаг.

Для первого типа инвесторов введем обозначения.

Пусть $\{a_1, a_2, \ldots, a_k\}$ – исходное множество типов ценных бумаг. При выборе ценный бумаг устанавливаются предпочтения одной ценной бумаги другой. С точки зрения математики, это есть отношения порядка $a_1 < a_2$, если доход a_2 больше дохода a_1.

Доход ценной бумаги – случайная величина. Необходима количественная характеристика для введения отношения порядка. В данном случае количественная характеристика – это мера риска. Если мера риска $\pi(F)_1$ меньше меры риска $\pi(F)_2$, следует, $a_1 > a_2$.

Мера риска Вонга определяется следующим образом [1].

Пусть $\Re = R_+$, а $g : [0;1] \to [0;1]$ – неубывающая вещественная функция, удовлетворяющая условиям $g(0) = 0, g(1) = 1$, и мера риска выражается следующим образом:

$$\pi(F) = \int_0^\infty g(1 - F(x))dx, \qquad (1)$$

где $F(x)$ – функция распределения для дохода; $g(x)$ – неубывающая вещественная функция.

Мера риска использует вероятностные распределения дохода бумаги. Доход, как случайная величина, может иметь какое-либо стандартное распределение. Чтобы установить, к какому типу распределения относится данная случайная величина, можно использовать критерий согласия хи-квадрат В. Пирсона [2]. Предлагается рассмотреть следующие стандартные распределения: нормальное, показательное, Парето, логистическое.

Для данных функций распределений строится мера риска, которая в дальнейшем задает отношение порядка на множестве типов ценных бумаг. Статистические данные взяты в банке ЗАО «Райффайзенбанк».

Написана программа, рассчитывающая риск с учетом статистически данных (параметров). Рассчитанные данные сводим в таблицу.

Показано, что полученное отношения порядка не зависит от вида функции $g(x)$.

Мера риска зависит от параметра распределения. Строится таблицы мер риска в зависимости от параметров.

Для второго типа инвесторов строится оптимальный портфель.

Пусть $\{a_1, a_2, \ldots, a_k\}$ – исходное множество типов ценных бумаг.

Пусть имеется безрисковый актив, который на интервале номер k стоит B_k, и рисковый актив, который на этом же интервале стоит S_k. Будем считать, что цены на актив устанавливаются в начале интервала.

Пусть на k-м интервале портфель содержит β_k единиц безрискового актива и γ_k единиц рискового актива. Такой портфель мы будем обозначать (β_k, γ_k). Стоимость этого портфеля, т. е. стоимость содержащих в нем активов, равна

$$\Pi_k = \beta_k B_k + \gamma_k S_k, \qquad (1)$$

где β_k – количество единиц безрискового актива на k-м временном интервале; γ_k – количество единиц рискового актива на k-м временном интервале; B_k – стоимость безрискового актива на k-м временном интервале; S_k – стоимость рискового актива на k-м временном интервале.

Стоимость портфеля (β_k, γ_k) – это случайная величина, которая представляется в виде комбинации двух случайных величин: стоимости рисковых активов S_k и безрисковых B_k.

Перестройка портфеля обошлась в сумму $\Delta\beta_k\ B_{k+1} + \Delta\gamma_k\ S_{k+1}$.

Портфель называется самофинансируемым (SF-портфель), если $\forall k \quad \Delta\beta_k \cdot B_{k+1} + \Delta\gamma_k \cdot S_{k+1} = 0$, т. е. если на перестройку не тратится и от перестройки не получается дополнительно никаких денег. Само условие самофинансирования можно записать $\forall k \quad (\beta_{k+1} - \beta_k) B_{k+1} + (\gamma_{k+1} - \gamma_k) \cdot S_{k+1} = 0$.

Существует безрисковый актив с процентной ставкой r стоимость B, так что B в начале временного интервала превращается в $(1+r)B$ в конце интервала.

Пусть имеется рисковый актив стоимостью S. Будем считать, что в конце одного интервала его стоимость может принимать одно из двух значений: или $(1+u)S$ (верхнее положение), или $(1+d)S$ (нижнее положение), причем имеет место соотношение $-1 < d < r < u$.

Решим задачу определения стоимости опциона. Ее идея – построить такой SF-портфель, который в точности повторял бы стоимость опциона на всей траектории цены акции S.

Пусть Π_k есть стоимость этого портфеля, а $V(S_k, k)$ – стоимость опциона на k-м временном интервале. Тогда должно быть

$$\Pi_k = V(S_k, k), \qquad (2)$$

и, конечно,

$$\forall k \quad \Delta\Pi_k = \Delta V(S_k, k). \qquad (3)$$

Уравнение (2) дает

$$\beta_k B_k + \gamma_k S_k = V(S_k, k), \qquad (4)$$

где $V(S_k, k)$ – стоимость опциона на k-м временном интервале; β_k – количество единиц безрискового актива на k-м временном интервале; γ_k – количество единиц рискового актива на k-м временном интервале; B_k – стоимость безрискового актива на k-м временном интервале; S_k – стоимость рискового актива на k-м временном интервале.

Уравнение (3) превращается в два – в соответствии с верхним и нижнем положении цены.

Верхнее положение $\beta_k r B_k + \gamma_k S_k u = V(S_k(1+u), k+1) - V(S_k, k)$, так что в этом случае $\Delta B_k = (1+r)B_k - B_k = rB_k \quad u \quad \Delta S_k = (1+u)S_k - S_k = uS_k$.

Нижнее положение $\beta_k r B_k + \gamma_k S_k d = V(S_k(1+d), k+1) - V(S_k, k)$, так как теперь $\Delta S_k = (1+d)S_k - S_k = S_k d$.

Итак, мы имеем систему

$$\begin{cases} \beta_k B_k + \gamma_k S_k = V(S_k, k), \\ \beta_k r B_k + \gamma_k S_k u = V(S_k(1+u), k+1) - V(S_k, k), \\ \beta_k r B_k + \gamma_k S_k d = V(S_k(1+d), k+1) - V(S_k, k), \end{cases} \qquad (5)$$

где $V(S_k, k)$ – стоимость опциона на k-м временном интервале; β_k – количество единиц безрискового актива

на k-м временном интервале; γ_k – количество единиц рискового актива на k-м временном интервале; B_k – стоимость безрискового актива на k-м временном интервале; r – процентная ставка безрискового актива; d – нижнее положение рискового актива; u – верхнее положение рискового актива; S_k – стоимость рискового актива на k-м временном интервале.

Если опцион продался в момент времени O и предъявляется к исполнению в момент времени N, то решение системы (5) имеет вид

$$V(S,0) = V_0(S) = \\ = \frac{1}{(1+r)^N} \sum_{l=0}^{N} C_N^l p^l (1-p)^{N-l} V \times \\ \times \left((1+u)^l (1+d)^{N-l} S, N \right).$$

Формула носит название формулы Кокса–Росса–Рубинштейна.

Рассчитанные данные сведены в таблицу.

Использование моделей на примере ценных бумаг ЗАО «Райффайзенбанк». ЗАО «Райффайзенбанк» является 100%-ным дочерним банком австрийской банковской группы Райффайзен. Банк работает в России с 1996 г. и оказывает полный спектр услуг частным и корпоративным клиентам, резидентам и нерезидентам, в рублях и иностранной валюте. Московское Главное Территориальное Управление Банка России (БИК ОПЕРУ Московского Главного Территориального Управления Банка России 044525000) осуществляет надзор за деятельностью Райффайзенбанка.

В начале 2006 г. группа «Райффайзен Интернациональ» приобрела 100 % акций ОАО «ИМПЭКСБАНК», в марте 2007 г. было принято официальное решение о дате начала реорганизации ОАО «ИМПЭКСБАНК» в форме присоединения к ЗАО «Райффайзенбанк Австрия». В результате данного приобретения Группа Райффайзен Интернациональ стала крупнейшей банковской группой в России.

С 1 октября 2007 г. УК «Райффайзен Капитал» начинает формирование новых фондов:

– ОПИФ А «Райффайзен-Потребительский сектор»;

– ОПИФ А «Райффайзен-Сырьевой сектор»;

– ОПИФ А «Райффайзен-Электроэнергетика»;

– ОПИФ А «Райффайзен-Телекоммуникации»;

– ОИПИФ «Райффайзен-Индекс ММВБ»;

– ОПИФ О «Райффайзен – Корпоративные инвестиции».

Пять из них рассчитаны на частных инвесторов и один (ОПИФ О «Райффайзен – Корпоративные инвестиции» на корпоративных.

Пример моделирования меры риска. Ниже приведены аппроксимации меры риска для данного банка и для следующих ценных бумаг: Раффайзен-Акции, Раффайзен-Облигации, Раффайзен-Сбалансированные, Раффайзен-Фонд Фондов.

Рассмотрены известные стандартные распределения: нормальное, показательное, Парето, логистическое.

Нормальное распределение:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}},$$

где a – математическое ожидание, $a > 0$; σ – среднее квадратичное отклонение, $\sigma > 0$.

Логистическое распределение:

$$F(x) = \frac{1}{1 + e^{-\frac{x-\alpha}{\beta}}},$$

где α, β – параметрами распределения, $x > \alpha$, $\alpha, \beta > 0$.

Показательное распределение:

$$F(x) = 1 - e^{-\alpha x},$$

где α – параметрами распределения, $\alpha, x > 0$.

Парето распределение:

$$F(x) = 1 - x^{-\alpha},$$

где α – параметрами распределения, $\alpha > 0$, $x \geq 1$.

Используем функцию риска Вонга [1]:

В виде функции $g(x)$ рассмотрены четыре случая:

$$g(x) = x,\ g(x) = x^2,\ g(x) = x^3,\ g(x) = \frac{\ln(x+1)}{\ln(2)}.$$

Ниже приведены сведения о мере риска рассмотренных распределений (табл. 1)

Пример построения портфеля на основе формулы Кокса–Росса–Рубинштейна. Ниже приведены расчеты стоимости опциона для данного банка.

Ниже приведены таблицы стоимости опционов безрисковый актив – Райффайзен-Акции (количество $\beta = 5$), рисковый актив – Райффайзен-Индекс ММВБ в зависимости от времени N и количества рисковых активов (см. табл. 2–4).

Таким образом, приведенные данные показывают, что рассмотренные модели могут быть использованы при изучении экономических систем, включающих работу с ценными бумагами.

Таблица 1

Меры риска для банка ценной бумаги Райффайзен-Акции

Функция распределения / Мера риска	Нормальное	Логистическое	Показательное	Парето
$g(x) = x$	0,318	0,006848	0,320	0,783
$g(x) = x^2$	0,280	0,006337	0,159	3,211
$g(x) = x^3$	0,261	0,007819	0,106	1,034
$g(x) = \frac{\ln(x+1)}{\ln(2)}$	0,378	0,009879	0,331	0,832

Библиографический список

1. Новоселов, А. А. Математическое моделирование финансовых рисков: Теория измерения / А. А. Новоселов. Новосибирск : Наука, 2001.

2. Крамер, Г. Математические методы статистики / Г. Крамер. М. : Мир, 1975.

Таблица 2

Стоимость опциона при верхнем значении процентной ставке рисковой бумаги *d* - min и при нижнем значении процентной ставке рисковой бумаги *u* – min

Количество бумаг γ / Время *N*	5	15	25	50
3	2,353 1·10^{6}	2,116 1·10^{6}	2,879 1·10^{6}	2,786 6·10^{6}
5	9,778 5·10^{5}	1,740 9·10^{6}	2,503 9·10^{6}	4,411 4·10^{6}
10	5,575 3·10^{5}	1,320 5·10^{6}	2,083 6·10^{6}	3,991 1·10^{6}
15	2,511 9·10^{6}	2,006 4·10^{6}	4,359·10^{6}	4,449 2·10^{6}
25	4,561 9·10^{15}	–1,631 ·10^{17}	–1,151·10^{17}	–2,747·10^{17}
30	–1,134·10^{22}	–1,956·10^{22}	9,460 5·10^{21}	–3,932·10^{22}

Таблица 3

Стоимость опциона при верхнем значении процентной ставке рисковой бумаги *d* – max и при нижнем значении процентной ставке рисковой бумаги *u* – max

Количество бумаг γ / Время *N*	5	15	25	50
3	2,353 1·10^{6}	2,116 1·10^{6}	2,879 1·10^{6}	2,786 6·10^{6}
5	9,778 5·10^{5}	1,740 9·10^{6}	2,503 9·10^{6}	4,411 4·10^{6}
10	5,575 3·10^{5}	1,320 5·10^{6}	2,083 6·10^{6}	3,991 1·10^{6}
15	4,314 4·10^{5}	1,195 5·10^{6}	1,952 7·10^{6}	3,850 2·10^{6}
25	6,333 2·10^{12}	7,441 3·10^{12}	7,9781·10^{12}	1,486·10^{13}
30	–3,758·10^{15}	1,006 2·10^{17}	1,2678·10^{17}	2,064 8·10^{17}

Таблица 4

Стоимость опциона при верхнем значении процентной ставке рисковой бумаги *d* – среднее и при нижнем значении процентной ставке рисковой бумаги *u* – среднее

Количество бумаг γ / Время *N*	5	15	25	50
3	2,353 1·10^{6}	2,116 1·10^{6}	2,879 1·10^{6}	4,786 6·10^{6}
5	9,778 5·10^{5}	1,740 9·10^{6}	2,503 9·10^{6}	4,411 4·10^{6}
10	5,575 3·10^{5}	1,320 5·10^{6}	2,083 6·10^{6}	3,991 1·10^{6}
15	7,296 3·10^{5}	1,583 6·10^{6}	2,503 5·10^{6}	4,714 2·10^{6}
25	1,524 7·10^{16}	2,970·10^{16}	2,786 8·10^{16}	4,955·10^{16}
30	–1,917·10^{20}	1,462·10^{21}	–2,232·10^{20}	–3,751·10^{20}

T. A. Shiryaeva, S. I. Senashov

STOCHASTIC MODELS OF THE ANALYSIS OF FINANCIAL SYSTEMS

The method of the optimum portfolio of securities formation on the basis of Koks–Ross Rubinshtejn formula is offered. A work result is the list of a concrete kind of the risk measure and application of the received measures to concrete securities and the preference formation of one papers to anothers.

Keywords: a risk measure, the stochastic analysis.

УДК 004.931; 004.932

М. Н. Фаворская

РАСПОЗНАВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ НА ОСНОВЕ ПРЕДСКАЗЫВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ

Построена модель распознавания динамических образов из видеопоследовательностей на основе допустимых отображений в пространстве изображений и пространстве признаков. Введено понятие максимального динамического инварианта. Рассмотрен метод определения максимальных динамических инвариантов на основе фильтров, предсказывающих поведение траектории в многомерном пространстве признаков.

Ключевые слова: распознавание, динамические образы, инвариантные функции.

Постановка задачи распознавания видеопоследовательностей несколько отличается от распознавания изображений тем, что видеопоследовательность представляет собой некоторую совокупность последовательных во времени изображений (кадров) с возможно изменяющимися сценами наблюдения, иными словами само понятие «изображение» теряет статичность, обладает предысторией и становится возможным прогнозирование поведения интересующих нас объектов. В этом случае производится анализ некоторого множества идеальных последовательных изображений **FV**, на котором задано разбиение на подмножества $\mathbf{V}^{fv}{}_1, \mathbf{V}^{fv}{}_2, \ldots, \mathbf{V}^{fv}{}_m$, называемые классами разбиения (см. таблицу). При этом оператор ϕ_I^b:**P**→**O**, представляющий собой отображение множества объектов наблюдения **P** в различных проекциях на множество нормализованных объектов **O** приобретает качественно иную структуру и становится оператором ϕv_I^b:**PV**→**OV**, отражающим динамику поведения объекта наблюдения. Оператор ϕv_I^b играет существенную роль и при отображении φv_I^b множества нормализованных объектов **OV** на множество эталонов **ZV**, так как помимо традиционных признаков статических изображений используется информация о признаках движения, что повышает точность распознавания объектов и характеризует их поведенческие аспекты. Особенностью распознавания видеопоследовательностей является то, что они могут состоять как из плавно изменяющихся сцен (задачи сопровождения объектов), так и из множества не связанных между собой сцен (анализ видеофильмов). При анализе видеофильмов требуется возобновлять процедуру распознавания объектов в каждой сцене. Сложность отображения φv_I^b также связана с понятием многоуровневого движения в кадре. Задача автоматического разбиения сцены последовательных кадров на уровни движения является очень полезной с точки зрения практического применения, но весьма далекой от решения на уровне модели.

Изображения объектов в видеопоследовательности представляют собой либо результат движения, либо процесс их развития. При этом объекты переходят из одного состояния в другое, последовательность или совокупность которых определяет принадлежность объекта тому или иному образу. Каждое состояние объекта определяется набором признаков (в том числе мгновенными значениями скоростей и ускорений и их направлениями), а вектор, соответствующий описанию объекта, может изменяться при различных ракурсах съемки и одновременно формировать определенную траекторию в пространстве признаков. Таким образом, задачу распознавания динамических образов можно определить как классификацию совокупностей состояний, как классификацию траекторий, так и то, и другое одновременно. При смене ракурсов изменяется описание объекта, но всегда существует некоторая закономерность смены его состояний, по которой и определяется образ, которому принадлежит наблюдаемый объект. Иногда для распознавания достаточно определить некую совокупность состояний, которую принимал объект относительно наблюдателя, иногда этих сведений оказывается недостаточно и приходится учитывать не только совокупность наблюдаемых состояний, но и динамику их проявления (предыстория поведения). Для случая учета предыстории поведения объекта окончательное решение о принадлежности объекта тому или иному образу формируется в результате продолжительного наблюдения за поведением объекта. Такую процедуру в некоторых случаях можно рассматривать как известную последовательную процедуру принятия решений [1].

Функции φv_I^b:**OV**→**ZV**, ϕv_I^b:**PV**→**OV**, fv_I^b:**FV**→**PV**, ψv_I^b:**RV**→**FV** характеризуют процессы порождения мно-

Допустимые отображения при распознавании объектов в видеопоследовательностях

Отображения в ространстве изображений	Отображения в ространстве признаков	Краткая характеристика
ψv_I^b:RV→FV	ψv_S^b:X^{RV}→X^{FV}	Низший уровень обработки. Пространственная и временная фильтрация видеопоследовательностей, выявление зон интереса
fv_I^b:FV→PV	fv_S^b:X^{FV}→X^{PV}	Средний уровень – сегментация. Вычисление глобальных и локальных признаков изображений проекций объектов с учетом предыстории
ϕv_I^b:PV→OV	ϕv_S^b:X^{PV}→X^{OV}	Средний уровень – сегментация. Вычисление глобальных и локальных признаков изображений объектов с учетом предыстории
φv_I^b:OV→ZV	φv_S^b:X^{OV}→X^{ZV}	Высший уровень – распознавание и понимание. Анализ глобальных и локальных признаков изображений объектов с учетом предыстории

жества изображений нормализованных объектов **OV** из множества эталонов **ZV**, множества объектов наблюдения **PV** в произвольных проекциях из множества нормализованных объектов **OV**, множества идеальных изображений **FV** из множества изображений объектов наблюдения **PV** и реальных изображений **RV** из идеальных изображений **FV**. Особенность рассматриваемого класса задач состоит в том, что в них отображение fv_I^t и соответствующее ему обратное отображение fv_I^b зависят не только от мешающего параметра β, но и от времени t. Обозначим функцию отображения fv_I^t, изменяющуюся во времени как $(fv_I^t)_{\beta,t}$, а изображение

$$RV_j = \psi v_I^t(FV_j, h),\ FV_j = (fv_I^t)_{\beta,t}(\phi v_I^t((\varphi v_I^t)_\alpha(Z_j)))$$

называют динамическим изображением (видеопоследовательностью) объекта наблюдения, принадлежащего образу V_j. При этом $h \in \mathbf{H}$ – шум, возникающий в процессе отображения ($\mathbf{H}$ – множество возможных значений h). Можно рассмотреть упрощенную модель при $\alpha = \text{const}$, однако, следует помнить, что преобразование ϕ становится намного сложней из-за концепции многоуровневого движения в видеопоследовательности. Тогда

$$RV_j = \psi v_I^t(FV_j, h),\ FV_j = (fv_I^t)_{\beta,t}(\phi v_I^t(Z_j)). \qquad (1)$$

Такая модель, отображающая динамические характеристики видео объектов, существенно отличается от модели статического изображения [2]. Предполагалось, что множество переходов $\beta_k \to \beta_v$ порождает множество $\mathbf{B}^c$, которое в свою очередь порождает множество преобразований $g \in \mathbf{G}$ пространства самого на себя, т. е. для любого перехода $\beta_k \to \beta_v$ найдется такое $g \in \mathbf{G}$, при котором выполняется равенство

$$gFV_k = g\varphi v_I^t((fv_I^t)_{\beta k}(PV_j)) = \varphi v_I^t((fv_I^t)_{\beta v}(PV_j)) = FV_v, \qquad (2)$$

где $FV_k, FV_v \in \mathbf{FV}$.

Обобщенная модель (1) отличается тем, что любые переходы $(\beta_k \to \beta_v) \in \mathbf{B}^c$ обладают свойством (2), но переходы $t_n \to t_{n+1}$ этим свойством не обладают, т. е. между множествами переходов $(t_n \to t_{n+1}) \in \mathbf{t}^c$ и множеством порождаемых ими преобразований на множестве **FV** нельзя установить соответствие вида (2). Именно эта особенность видеопоследовательностей не позволяет применять обычные методы распознавания для их классификации, хотя постановка задачи формально не изменяет своего содержания.

Если при распознавании статических объектов модель порождения изображений можно было рассматривать как совокупность траекторий, состоящих из всех точек множества $\mathbf{X}^{FV}$, окруженных облаком, расположение которого определяется распределением шума h, а сами эти точки (включая и точки $X^{FV}{}_k \in \mathbf{X}^{FV}$) образуют множество $\mathbf{X}^{RV}$, то при распознавании движущихся объектов эта модель существенно усложняется. Если при распознавании одного объекта модель динамического изображения представляет собой некую гиперплоскость, соответствующую одному образу и окруженную облаком, расположение которого зависит от характера шума, то при распознавании нескольких образов существует несколько таких гиперплоскостей, взаимное расположение которых практически не позволяет провести какие-либо границы между ними. Такие гиперплоскости строятся при значениях $\beta = \text{var}$, $t = \text{var}$. Даже если существенно упростить задачу и считать, что $\beta = \text{const}$, то решение нельзя найти классическими методами теории распознавания образов. Дело в том, что переходы $t_n \to t_{n+1}$ порождают такие преобразования изображений **FV**, относительно которых невозможно восстановить максимальные инварианты известными способами.

Введем понятие динамического максимального инварианта. Пусть {**RV**} – последовательность кадров $\{RV_t, RV_{t+1}, \ldots, RV_{t+N}\}$, где t – начальный, а $t+1, t+2, \ldots, t+N$ – последующие моменты наблюдения, причем t может быть выбрано в любой точке гиперповерхности. При этом любые две точки $X^{FV}{}_{k,t}$ и $X^{FV}{}_{v,t}$, соответствующие одному и тому же образу, должны лежать на гиперповерхности, соответствующей заданному значению t. Тогда динамической инвариантной функцией будем называть любую функцию от {**RV**}, если она не изменяется при изменении параметров β и t. Предположим, что для динамической инвариантной функции E при достаточно длинных последовательностях {**RV**} и {**RV**}^{c} равенство

$$E\{\mathbf{RV}\} = E\{\mathbf{RV}\}^c \qquad (3)$$

выполняется только тогда, когда для каждой пары из серии наблюдений {**RV**} и {**RV**}^{c} существует такое преобразование $g \in \mathbf{G}$ и всегда найдутся такие значения t и t^c, что

$$\begin{cases} \mathrm{RV}_{k,t} = g\mathrm{RV}_{v,t^c}, \\ \mathrm{RV}_{k,t+1} = g\mathrm{RV}_{v,t^c+1}, \\ \cdots \\ \mathrm{RV}_{k,t+N} = g\mathrm{RV}_{v,t^c+N}. \end{cases} \qquad (4)$$

Такую функцию назовем максимальным динамическим инвариантом, причем $g \in \mathbf{G}$ – преобразования, порожденные всевозможными переходами из $\mathbf{B}^c$. Условия (3) и (4) выполняются только тогда, когда либо все наблюдения {**RV**} и {**RV**}^{c} принадлежат гиперплоскости при отсутствии шума, либо все они сосредоточены в окрестности гиперплоскости, определяемой распределением шума h, и всегда существует возможность сдвинуть наблюдения во времени так, чтобы выполнялись равенства (4). Если помеха h постоянна на всем интервале наблюдения, то условия (4) будут выполняться на некоторой равноудаленной гиперплоскости. Отсюда следует, что некоторая функция от совокупности наблюдений обладает свойством максимального динамического инварианта только тогда, когда она постоянна на любой траектории или является совокупностью точек, принадлежащих гиперповерхности или лежащих в окрестности этой гиперповерхности.

Если наблюдения {**RV**} и {**RV**}^{c} достаточно продолжительны, то функции $E\{\mathbf{RV}\}$ и $E\{\mathbf{RV}\}^c$, обладающие свойствами максимального динамического инварианта, различаются только в том случае, если наблюдения {**RV**} и {**RV**}^{c} находятся на гиперповерхностях различных образов. Для решения задачи распознавания достаточно указать номер гиперповерхности, из которой произошла наблюдаемая последовательность, а максимальный динамический инвариант постоянен именно на тех точках, которые произошли из некоторой гиперповерхности. Тогда для построения решающей функции, инвариантной к параметрам β и t, достаточно построить такую функцию,

которая зависела бы от наблюдений только через максимальный динамический инвариант. Сформулируем задачу распознавания динамических образов в общем виде, используя свойства максимального динамического инварианта.

Предположим, что любое изображение формально описывается выражением (1). Задана обучающая выборка, состоящая из N^* последовательностей наблюдения. Для каждой последовательности наблюдений $\{\mathbf{RV}\}_k$, $k = 1, 2, \ldots, N^*$, указана ее принадлежность определенному образу. Требуется по данным обучающей выборки восстановить любой максимальный инвариант $E_{\beta, t}\{\mathbf{RV}\}$ относительно параметров β и t по всем j и построить решающую функцию $U\{\mathbf{RV}\}$, зависящую от изображений **RV** только через найденный максимальный инвариант (j – номер образа). Эта функция должна принимать одинаковые значения на множестве изображений одного образа и различные значения на множествах разных образов.

В общем случае по заданной обучающей выборке требуется определить множество преобразований **G**, соответствующее множеству возможных переходов $\mathbf{B}^c$ или множеству возможных значений $\beta \in \mathbf{B}$. Такая задача очень сложна. Ее можно упростить, считая, что заранее задается множество преобразования **G** или восстанавливается такая функция $E\{\mathbf{RV}\}$, которая обладает свойствами максимального динамического инварианта только относительно последовательностей, входящих в обучающую выборку. При обучении распознаванию динамических образов задача определения полного множества преобразований существенно усложняется и практически не может быть решена без дополнительных ограничений. Процесс определения преобразований **G**, восстановления максимального динамического инварианта и выбора решающей функции, зависящей от наблюдения только через найденный максимальный динамический инвариант, называется процессом обучения. Применение полученной решающей функции для принятия решений о принадлежности образам новых наблюдений называется процессом распознавания.

Рассмотрим модель порождения изображений (1) более подробно. Предположим, что в этой модели отсутствуют помехи, т. е. $h = 0$ и $\beta = \text{const}$. Тогда каждому образу динамического объекта будет соответствовать единственная траектория в некотором пространстве признаков. Траектории, соответствующие различным интервалам наблюдения за объектами одного и того же образа, будут представлять собой отрезки траектории этого образа. Процесс распознавания заключается в определении принадлежности наблюдаемого объекта тому или иному образу, т. е. по серии наблюдений требуется указать номер той траектории, на которой лежат наблюдаемые точки. При этом траектории различных образов могут пересекаться. Однако задача усложняется тем, что проекции движущегося объекта, отображаемые во фронтальной плоскости (плоскости реальных изображений или кадров), могут кардинально изменяться при движении объекта. В этом случае нахождение обобщенного максимального динамического инварианта становится еще более трудной, а в некоторых случаях и невозможной задачей, или следует принять, что траектория объекта размывается. В последнем варианте можно говорить о принадлежности наблюдаемого объекта некоторому образу с некоторой долей вероятности.

Вернемся к более простому варианту, когда проекции объектов подвержены группе аффинных преобразований. Предположим, что точки траекторий образов установлены в процессе обучения. Однако мгновенного наблюдения (в результате которого будет получена одна точка, принадлежащая той или иной траектории) за движущимся объектом будет недостаточно, потому что траектории образов могут пересекаться, и возникает неоднозначность. Таким образом, для распознавания движущихся объектов требуется учитывать совокупность наблюдений, определяющих поведение объекта в предыдущие моменты времени, т.е. предысторию изображений $\{\mathbf{RV}\}_0^N$ на некотором интервале времени t_0, t_N. При появлении шума в модели (1) и при $\beta = \text{var}$ принцип учета предыстории приобретает еще большее значение, так как при этом для распознавания динамических образов требуется еще большее количество точек наблюдения из предыстории. Таким образом, максимальный динамический инвариант зависит от предыстории, а решающая функция должна зависеть от наблюдений только через максимальный динамический инвариант. По определению, максимальный динамический инвариант обладает особым свойством, заключающимся в том, что для достаточно длинных последовательностей наблюдений $\{\mathbf{RV}\}_0^N$ он принимает одно и то же значение только в том случае, когда эти последовательности принадлежат одной и той же гиперповерхности. Если же сравниваемые последовательности принадлежат различным гиперповерхностям, то их максимальные инварианты не равны между собой. Основная трудность при решении задачи распознавания динамических образов состоит в определении максимальных динамических инвариантов: если они будут найдены, то и задача распознавания динамических образов будет решена.

Рассмотрим один из методов определения максимальных динамических инвариантов. Предположим, что известны аналитические зависимости

$$\mathbf{X}^{RV}_{t+1} = \Phi_j(\mathbf{X}^{RV}_{t}, \mathbf{X}^{RV}_{t-1}, \ldots, \mathbf{X}^{RV}_{t-N}), j = 1, 2, \ldots, m, \quad (5)$$

где $\mathbf{X}^{RV}_{t+1}, \mathbf{X}^{RV}_{t}, \mathbf{X}^{RV}_{t-1}, \ldots, \mathbf{X}^{RV}_{t-N}$ – точки в пространстве, соответствующие наблюдениям за динамическим объектом в моменты времени $t+1, t, t-1, \ldots, t-N$. Функцию Φ_j можно рассматривать как предсказывающий фильтр, который по предыдущим значениям $\mathbf{X}^{RV}$ определяет его будущие значения. Кроме того, функция Φ_j является некоторой моделью, адекватной гиперповерхности j-го образа. Если модель (5) достаточно точная и если последовательность $\{\mathbf{X}^{RV}\}$ лежит в окрестности k-й поверхности, то

$$\sum_{t=0}^{\infty}\left(\mathrm{X}^{RV}_{t+1} - \left(\mathrm{X}^{RV}_{t+1}\right)^k\right)^2 = \min_j \sum_{t=0}^{\infty}\left(\mathrm{X}^{RV}_{t+1} - \left(\mathrm{X}^{RV}_{t+1}\right)^j\right)^2,$$

где $(\mathbf{X}^{RV}_{t+1})^k$ – координаты точки $\mathbf{X}^{RV}_{t+1}$, вычисленные k-м фильтром; $(\mathbf{X}^{RV}_{t+1})^j$ – координаты точки $\mathbf{X}^{RV}_{t+1}$, вычисленные j-м фильтром; $\mathbf{X}^{RV}_{t+1}$ – действительные координаты точки. Равенство

$$\arg\min_j \sum_{t=0}^{\infty}\left(\mathrm{X}_{t+1}^{RV}-\left(\mathrm{X}_{t+1}^{RV}\right)^j\right)^2 =$$
$$=\arg\min_j \sum_{t=0}^{\infty}\left(\left(\mathrm{X}_{t+\ 1}^{RV}\right)^c-\left(\mathrm{X}_{t+1}^{RV}\right)^j\right)^2$$

достигается тогда, когда последовательности $\{\mathbf{RV}\}$ и $\{\mathbf{RV}\}^c$ лежат в окрестности одной и той же поверхности, и только тогда, когда выполняются равенства (4). Значит,

$$\arg\min_j \sum_{t=0}^{\infty}\left(\mathrm{X}_{t+1}^{RV}-\left(\mathrm{X}_{t+1}^{RV}\right)^j\right)^2 \qquad (6)$$

обладает свойством максимального динамического инварианта. Построив решающее правило, зависящее от наблюдений через выражение (6), можно решить задачу распознавания динамических образов.

С точки зрения математической статистики задача распознавания образов полностью совпадает с задачей различения гипотез. Каждому образу ставится в соответствие вероятностная мера, а параметром, по которому различаются эти меры, является номер образа. На основании наблюдений следует предпочесть одну их гипотез. В классической постановке задачи различения гипотез считаются известными условные распределения вероятностей. В задаче распознавания эти распределения можно определить в процессе обучения. Предположим, что в процессе обучения определены значения вероятностей $P(\{\mathbf{X}^{PV}{}_v\}'/V_j)$ для всех значений v и j (v = 1, 2, …, S – номера состояний). Предположим, что существует возможность определить вероятности $P(\{\mathbf{X}^{PV}\}/V_j)$ для любой совокупности состояний $\{\mathbf{X}^{PV}\}$ и для всех j. Тогда, на каждом шаге наблюдения можно вычислить отношения вероятностей P_{jN}/P_{kN}, где P_{kN} = ($\{\mathbf{X}^{PV}{}_1\}'$, $\{\mathbf{X}^{PV}{}_2\}'$, …, $\{\mathbf{X}^{PV}{}_N\}'/V_k$); P_{jN} = ($\{\mathbf{X}^{PV}{}_1\}'$, $\{\mathbf{X}^{PV}{}_2\}'$, …, $\{\mathbf{X}^{PV}{}_N\}'/V_j$); $\{\mathbf{X}^{PV}{}_1\}'$ – состояние, которое принял динамический объект в момент первого наблюдения; $\{\mathbf{X}^{PV}{}_2\}'$ – состояние, которое принял динамический объект в момент второго наблюдения и т. д. Используя отношение P_{jN}/P_{kN} для решения задачи распознавания, можно применить известные последовательные процедуры. Но отношение P_{jN}/P_{kN} и есть тот функционал, который зависит от наблюдений через совокупности тех состояний, который принимает динамический объект в процессе наблюдения. Последовательные процедуры могут дать удовлетворительный результат, поскольку в них не просто используется перечисление состояний, а учитываются вероятности попадания представляющей точки в ту или иную область пространства признаков.

Простое перечисление совокупности пройденных состояний не всегда приводит к положительному результату: для классификации можно использовать более детальные свойства траекторий, а именно порядок смены состояний. Присвоим каждой области пространства определенный вес так, чтобы веса областей различались. Рассмотрим систему координат, в которой по оси абсцисс откладываются значения времени, а по оси ординат – вес той области, в которой находится представляющая точка в данный момент. Тогда в процессе наблюдения за объектом вычерчиваются кривые линии, каждая из которых соответствует определенной траектории в пространстве признаков. Траекториям, прошедшим через одни и те же области, но в различных последовательностях, соответствуют различные кривые в новой плоской системе координат. Таким образом, задачу классификации сложных пространственных траекторий можно свести к более простой задаче классификации плоских кривых.

Используя новую систему координат, задачу классификации пространственных кривых можно решить и другим способом. Построим координатную сетку, где по оси абсцисс отложены определенные отрезки времени, а по оси ординат – веса, присвоенные различным областям. Если считать, что факт попадания представляющей точки в один из прямоугольников этой сетки является одним из множества несовместных событий, то достаточно провести классификацию траекторий как совокупности всех состояний, принадлежащих этой траектории. Такая процедура позволяет выносить решение о принадлежности наблюдаемого изображения объекта тому или иному образу по неполным наблюдениям.

Для обучения системы необходимо оценить вероятности вида $P(\{\mathbf{X}^{PV}{}_v\}'/V_j)$, где v = 1, 2, …, S, j = 1, 2, …, m; $\{\mathbf{X}^{PV}{}_v\}'$ – событие, характеризующееся попаданием представляющей точки в один из прямоугольников координатной сетки; V_j – образы, на которые необходимо разделить все входные изображения. Когда такие вероятности определены, задача классификации траекторий сводится к задаче классификации совокупностей состояний, т. е. такой метод позволяет перейти от учета порядка следования состояний к учету совокупности состояний, что значительно упрощает решение задачи. В данном случае специфическую сложность представляет выбор масштаба времени. Масштаб времени и интервалы на оси абсцисс должны выбираться в соответствии со скоростью изменений местоположения объекта.

Задачу распознавания динамических образов с учетом последовательности состояний можно решить с использованием максимально инвариантных свойств выражения (6). В этом случае задача распознавания динамических образов формулируется следующим образом. Предположим, что любое изображение может быть формально описано выражением (1). Задана обучающая выборка, состоящая из N^* последовательных наблюдений $\{\mathbf{RV}\}_k$, k = 1, 2, …, N^*, указана ее принадлежность определенному образу. Требуется для каждого образа построить такой предсказывающий фильтр, который на основании некоторой последовательности предыдущих состояний указывал бы будущее состояние динамического объекта. Решение должно зависеть от сравнения предсказанных и действительных состояний на (t + 1)-м шаге наблюдения. Таким образом, задача распознавания динамических образов сводится к задаче построения фильтра, предсказывающего поведение траектории в многомерном пространстве. Методы, основанные на такой постановке задачи распознавания динамических образов, называются методами обучающихся предсказывающих фильтров.

Задачу распознавания динамических объектов с учетом порядка следования состояний можно свести к задаче классификации многомерных процессов. Общим функциональным выражением предыстории функции времени в ограниченном частотном диапазоне является зависимость

$$\Phi\left(x(t)\right)=\sum_{i=0}^{N}\alpha_i x_{t-i}+\sum_{i_1=0}^{N}\sum_{i_2=0}^{N}\alpha_{i_1,i_2}x_{t-i_1}x_{t-i_2}+\ldots, \qquad (7)$$

где x_{t-i} – значения функции в моменты времени t, $t-1$, $t-2$, …; α_i – соответствующие коэффициенты. Выраже-

ние (7), называемое оператором Колмогорова–Габора, используется для прогноза временных последовательностей. Первая сумма в этом операторе представляет собой линейный предсказывающий фильтр. Коэффициент α_i определяет влияние дискретного значения функции x, которое она принимает на i-м интервале из предыстории. Вторая сумма состоит из квадратичных комбинаций дискретных значений x. Коэффициенты $\alpha_{i1, i2}$ определяют веса пар значений функции в моменты $t - i_1$ и $t - i_2$ из предыстории.

Для решения полинома (7) целесообразно использовать метод группового учета аргументов, основная особенность которого состоит в том, что нормальные уравнения составляются и решаются не относительно всего полинома (7), а относительно более простых полиномов с небольшим количеством членов, учитывающих только некоторые группы аргументов. При этом каждый упрощенный полином рассматривается как самостоятельный и независимый предсказывающий фильтр, коэффициенты которого определяются путем решения нормальных уравнений с небольшими матрицами коэффициентов. После настройки каждый фильтр (каждый упрощенный полином) проверяется на специальной проверочной последовательности, после чего отбираются лишь несколько наилучших в смысле результата предсказывания фильтров и выход каждого из них используется в качестве аргумента для построения более сложного фильтра и т. д. После нескольких отборов образуется гибкая математическая структура, которая, с одной стороны, дает удовлетворительное предсказывание, а с другой стороны – может быть сравнительно легко реализована при сравнительно небольших обучающих последовательностях.

Рассмотрим метод группового учета аргументов на примере попарного учета аргументов. Пусть задана функция $x(t)$ на некотором интервале наблюдения T. Этот интервал разбивается на два интервала T_1 и T_2. Пусть в качестве обучающей последовательности используется интервал T_1, а в качестве проверочной последовательности – интервал T_2. При этом учитывается только N точек из предыстории x_t, x_{t-1}, …, x_{t-N+1}. Для каждой пары аргументов x_{t-iv} и x_{t-ik} составляются упрощенные полиномы первого уровня типа $y_{j1}(x_{t-iv}, x_{t-ik})$, и определяются неизвестные коэффициенты. После этого полиномы считаются обученными. С помощью проверочной последовательности оценивается качество предсказания каждого из обученных фильтров, определяемое, например, по величине среднеквадратичной ошибки. Из этих фильтров выбирается несколько лучших в смысле выбранного критерия, и составляются полиномы второго уровня вида $z_{j2}(y_{j1v}, y_{j1k})$. Далее составляются нормальные уравнения относительно полиномов z_j, в результате решения которых определяются коэффициенты $\alpha_{j1}^{(2)}$. Обученные фильтры (полиномы) проверяются на проверочной последовательности T_2, и из них отбираются N^{**} лучших в смысле выбранного критерия качества. После этого значения, получаемые на выходах отобранных фильтров, используются для построения более сложных полиномов следующего ряда j_3 и т. д. Наращивание сложности полиномов прекращается тогда, когда хотя бы один полином последнего ряда дает удовлетворительные предсказания. Этот полином используется в качестве предсказывающего фильтра.

Такая процедура может быть легко применена при распознавании динамических объектов. Для этого методом группового учета аргументов нужно построить столько предсказывающих фильтров по каждой координате, на сколько образов требуется разделить динамические объекты. В процессе распознавания предпочтение следует отдавать тому образу, для которого

$$\varepsilon_k = \min_j \sum_{i=1}^{n} \overline{\varepsilon}_{ij}^2 ,$$

где $\overline{\varepsilon}_{ij}^2$ – среднеквадратичная ошибка по i-й координате фильтра, обученного на объектах j-го образа.

Таким образом, в статье предложена упрощенная модель, отображающая динамические характеристики объектов в видеопоследовательности. Показано, что при распознавании нескольких динамических образов существует несколько гиперплоскостей в многомерном пространстве признаков, взаимное расположение которых не позволяет провести какие-либо границы между ними, что приводит к невозможности нахождения решения классическими методами теории распознавания образов. Сформулирована задача распознавания динамических образов с использованием функции максимального динамического инварианта и рассмотрен более простой вариант, когда проекции объектов подвержены группе аффинных преобразований. Показано, что метод определения максимальных динамических инвариантов на основе предсказывающих фильтров может быть реализован по схеме метода группового учета аргументов.

Библиографический список

1. Васильев, В. И. Распознающие системы : справ. / В. И. Васильев. Киев : Наукова думка, 1983.

2. Фаворская, М. Н. Инвариантные решающие функции в задачах распознавания статистических изображений / М. Н. Фаворская // Вестник СибГАУ. Красноярск, 2007. Вып. 1(14).

M. N. Favorskaya

THE DYNAMIC PATTERNS RECOGNITION BASED ON PREDICATING FILTERS

The model of dynamic patterns recognition from video sequences based on allowable mapping into images space and features space is realized. The term of maximum dynamic patterns recognition function is introduced. The method of maximum dynamic invariant functions based on filters, predicating a trajectory behavior in multivariate feature space is regarded.

Keywords: patterns recognition, dynamic patterns, invariant functions.

УДК 629.78.015.4:534.1

Е. Г. Долгих, Ю. Г. Архипкин, Е. А. Лысенко, К. Е. Лысенко

СПОСОБ ИСПЫТАНИЙ КОНСТРУКЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НЕГЕРМЕТИЧНОГО ИСПОЛНЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ МЕТОДОМ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЕРИФИЦИРОВАННЫХ КЭМ-МОДЕЛЕЙ

Рассмотрен вопрос о недостаточности наземных статических испытаний на прочность корпусов негерметичных космических аппаратов (КА). Проведен анализ дополнительных испытаний конструкции КА на прочность методом кинематического возбуждения.

Ключевые слова: статические испытания, кинематическое возбуждение, верификация модели.

Испытания конструкции КА на прочность проводятся статическими и динамическими методами. Специально для этих целей изготавливаются инженерные натурные макеты КА.

К задачам испытаний на прочность относятся: подтверждение статической прочности конструкции; проверка правильности заложенных конструктивных решений; проверка работоспособности после приложения нагрузок; экспериментальное определение напряженно-деформированного состояния; выявление возможных конструктивных и технологических дефектов; оценка несущей способности (определение испытательных запасов прочности); определение жесткостных характеристик конструкции.

В результате анализа эксплуатационных нагрузок, действующих на КА, определяются расчетные случаи нагружений, рассчитываются значения напряжений по конструкции, разрабатываются программы и методики проведения испытаний, выбираются схемы, режимы и критерии положительных оценок испытаний конструкции.

При статических испытаниях на прочность космических аппаратов методом сосредоточенных сил инерционные нагрузки, действующие на объект испытания, воспроизводят с помощью гидравлических силовозбудителей, специальным образом закрепленных в различных точках конструкции. При разработке испытательной схемы распределенные массы конструкции и грузов заменяются сосредоточенными массами таким образом, чтобы масса, собственные моменты инерции и положение центра масс модели были идентичны соответствующим характеристикам исходной конструкции.

Таким образом, при статических испытаниях инерционные нагрузки, действующие на КА при рассмотренных случаях нагружений, заменяются системой сосредоточенных статических сил (рис. 1).

К недостаткам статических испытаний на прочность корпусов КА негерметичного исполнения в лабораторных условиях относится следующее: практическая невозможность приложения нагрузок ко всем элементам конструкции из-за ограниченных возможностей испытательного оборудования (число рабочих каналов) и особенностей конструкции КА (невозможно, например, приложить силу к элементам внутри замкнутого корпуса). Так же при проведении испытаний в местах приложения результирующих сил, имитирующих распределенную инерционную нагрузку, возникают локальные зоны напряжений, превышающие расчетные.

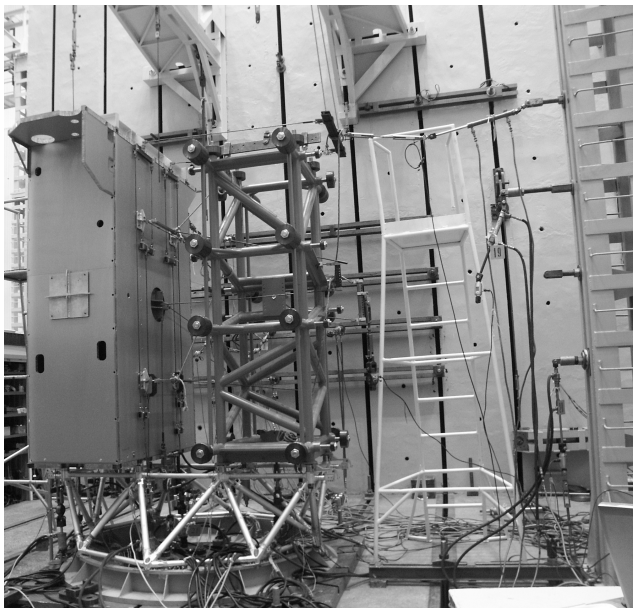


Рис. 1. Статические испытания конструкции КА «Глонасс-К» системой сосредоточенных сил

Особенностью конструкции КА негерметичного исполнения являются сотопанели с большим количеством вклеенных в них закладных элементов.

Закладные элементы конструкции воспринимают инерционные нагрузки и передают их на первичные элементы конструкции (панели, стойки). Поэтому, на этапе наземной экспериментальной отработки необходимо проверять тысячи закладных. Большинство приборов устанавливается на закладных внутри корпуса КА. В собранном состоянии аппарата задача статических испытаний закладных элементов методом прикладывания силы на практике нереализуема.

Прочность всей конструкции КА негерметичного исполнения можно испытать методом кинематического возбуждения. При этом можно уйти от недостатков, присущих испытаниям статическими методами.

Суть предлагаемого метода заключается в том что поэтапно к основанию конструкции объекта испытания прикладывается в определенном направлении кинематическое синусоидальное воздействие постоянной часто-

ты таким образом, чтобы уровень напряжений в стержнях устройства отделения соответствовал напряжениям, возникающим при расчетных случаях. Частота колебаний для испытаний выбирается из дорезонансной области амплитудно-частотной характеристики объекта для того, чтобы не достичь первой формы колебаний и не получить существенного усиления по высоте конструкции. Таким образом, контролируя внутренние напряжения, задаваемые кинематическим методом в стержнях устройства отделения, можно приложить ко всем элементам конструкции аппарата распределенные инерционные силы в соответствии с их массами. Объект испытаний размещается на вибростенде (рис. 2).

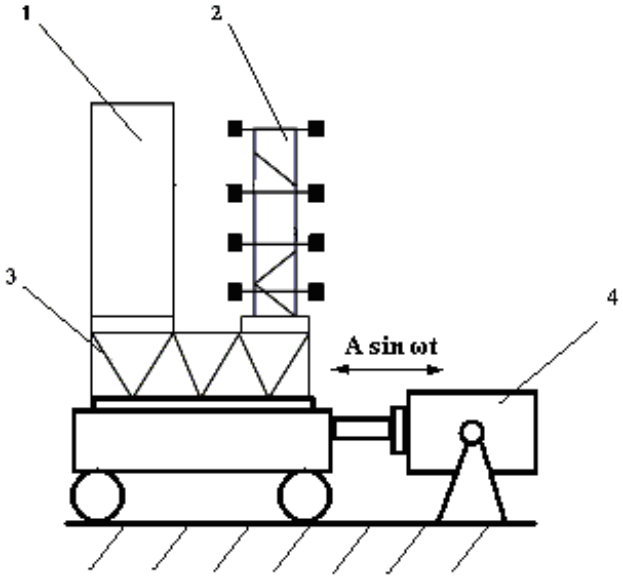


Рис. 2. Схема испытаний конструкции КА негерметичного исполнения методом кинематического возбуждения:
1 – корпус КА; *2* – инерционно-весовой макет корпуса КА;
3 – устройство отделения для системы из двух КА;
4 – электродинамический возбудитель колебаний.

Возможность проведения испытаний анализировалась на примере натурного макета 06СТИ корпуса негерметичного космического аппарата «Глонасс-К» на расчетный случай «Старт» (рис. 1).

В соответствии с натурным макетом средствами NASNRAN разработана конечно-элементная модель устройства отделения с размещенными на нем корпусом КА и инерционно-весовым макетом корпуса.

Рассчитаны значения эквивалентных напряжений в стержнях фермы УО от внешних нагрузок расчетного случая «Старт». Для примера, на рис. 3 показана диаграмма эквивалентных напряжений в стержнях УО на расчетный случай «Старт *Z*».

Для определения собственных частот конструкции численными методами проведен модальный анализ, в результате которого выявлены первые 10 собственных форм колебаний и соответствующих им частот, определены эффективные массы (рис. 4, частота 11,83 Гц).

С целью определения первой собственной частоты и верификации разработанной модели проведены испытания натурного макета методом качающейся частоты. Схема динамического испытания (рис. 5) разработана в соответствии с полученными данными при модальном анализе. Направление вынужденных колебаний, задаваемых при испытаниях кинематическим возбуждением, ось *Z* объекта испытания.

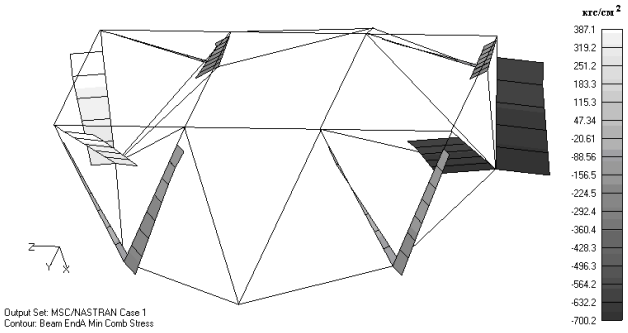


Рис. 3. Диаграмма напряженного состояния наклонных стержней устройства отделения. Расчетный случай «Старт *Z*»

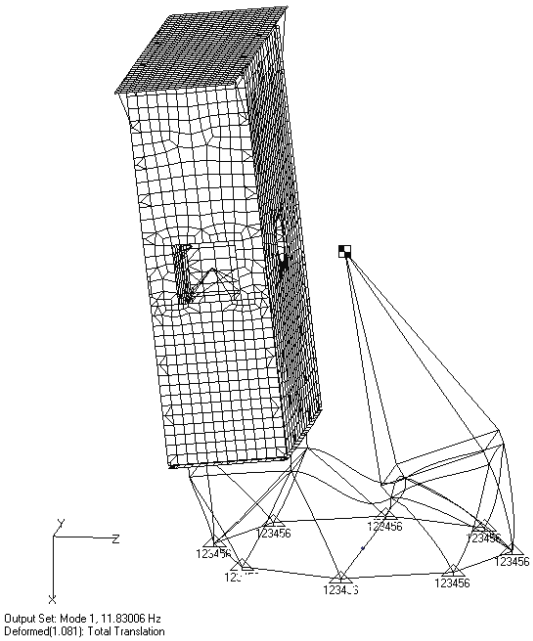


Рис. 4. Модальный анализ. Первая собственная форма колебаний. Направление – ось *Z* изделия

Графики отклика на вынужденное воздействие зафиксированные акселерометрами, представлены на рис. 6. Резонансные явления наблюдались в области 11–11,8 Гц, что соответствует полученной при модальном анализе конечно-элементной модели первой форме колебаний.

По результатам проведенных испытаний произведена верификация конечно-элементной модели и подобрана из дорезонансной области частота 7 Гц для испытаний натурного макета методом кинематического возбуждения.

Для испытаний кинематическим возбуждением методом последовательных приближений рассчитаны уровни перегрузки по различным направлениям приложения возбуждения, так, чтобы напряжения в стержнях устройства отделения соответствовали напряжениям, полученным при расчете от внешних нагрузок случая «Старт».

Одна из полученных таким образом диаграмм напряженного состояния в стержнях УО при приложении кинематической перегрузки 2,39*g* в направлении оси *Z* представлена на рис. 7 для сравнения с диаграммой, изображенной на рис. 3.

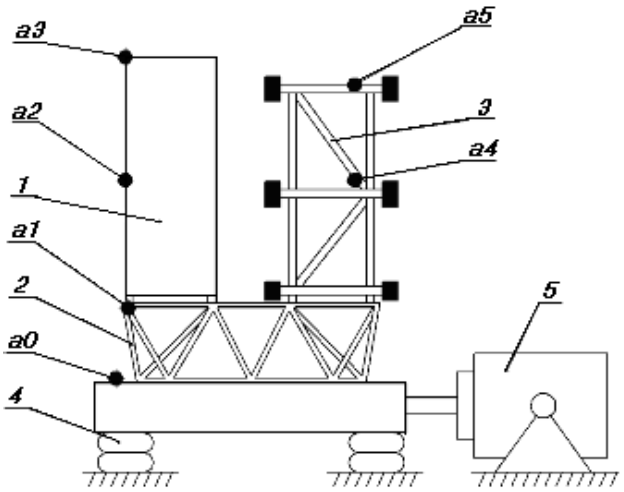


Рис. 5. Схема проведения испытаний для выявления первой собственной частоты и верификации расчетной модели: *1* – корпус КА; *2* – ферма УО; *3* – инерционно-весовой макет изделия; *4* – пневмоопора; *5* – ЭДВ: *a0* – акселерометр контроля задаваемых режимов; *a1*, *a2*, *a3* – измерительные акселерометры на корпусе КА; *a4*, *a5* – измерительные акселерометры на ИВМ изделия

Критерием положительной оценки результатов испытаний является отсутствие механических повреждений всех элементов конструкции после нагружения и проведение испытаний в соответствии с режимами.

В результате проведенного анализа была подтверждена возможность проведения испытаний на прочность конструкции аппарата негерметичного исполнения методом кинематического возбуждения, которая может в дальнейшем применяться при создании новых космических аппаратов негерметичного исполнения.

Описанный способ кинематических испытаний космического аппарата нуждается в дальнейшей более детальной проработке.

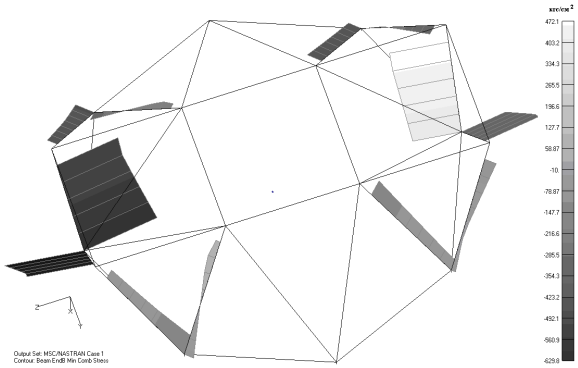
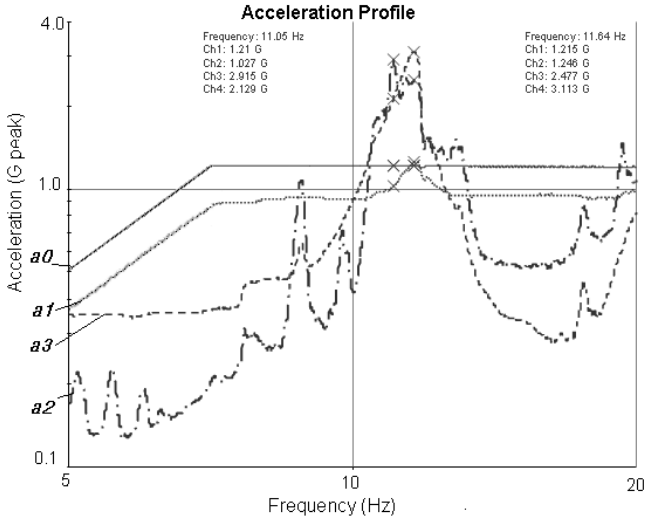


Рис. 7. Диаграмма напряженного состояния наклонных стержней фермы УО. Перегрузка 2,39*g* в направлении оси *Z*



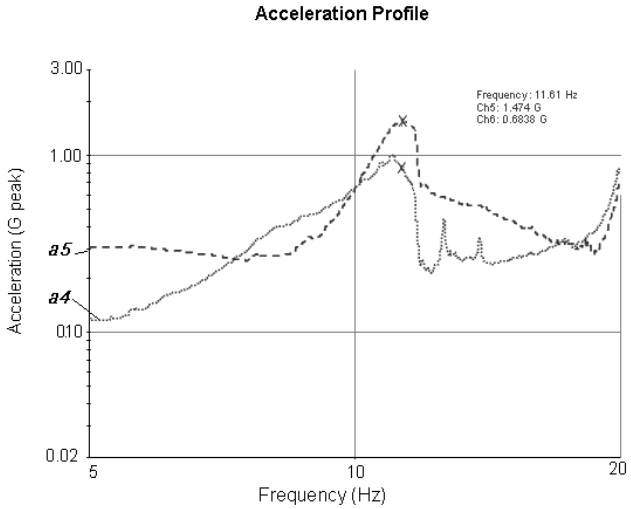


Рис. 6. Графики отклика на вынужденное воздействие

E. G. Dolgikh, Y. G. Arhipkin, E. A. Lysenko, K. E. Lysenko

SPACECRAFT STRUCTURAL TEST METHOD BASED ON KINEMATIC EXCITATION TECHNIQUE USING VERIFIED FINITE ELEMENT MODELS

The problem of spacecraft structure ground static strength tests insufficiency is discussed in the paper. The additional spacecraft structure strength tests by means of kinematic excitation method has been carried out.

Keywords: static strength tests, kinematical excitation, verification finite element model.

УДК 533.68

И. О. Бобарика, И. Н. Гусев

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ НЕСУЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭКРАНОПЛАНА СХЕМЫ «УТКА»

Рассматривается возможность определения рационального взаимного расположения несущих поверхностей экраноплана схемы «утка» аналитическими методами. Используется подход, отличный от традиционного, а именно, возможность увеличения аэродинамического качества несущей системы не за счет увеличения подъемной силы, а за счет уменьшения силы лобового сопротивления несущей системы. Выносится предположение о возможности применения совокупности аналитических методов, позволяющей существенно упростить поиск решения на качественном уровне, что в свою очередь позволит сократить количество экспериментов, в том числе и виртуальных, для получения искомых результатов.

Ключевые слова: экраноплан, интерференция.

Для каждого проектируемого летательного аппарата рациональность расположения несущих поверхностей (НП) определяется максимумом аэродинамического качества при соблюдении иных предъявляемых требований (условий технического задания и т. д.). Активно используются для этого численные методы (электронные продувки с использованием различных программных комплексов), продувки в аэродинамических трубах, буксировочные испытания в бассейнах и на открытой акватории. Однако используемые подходы для решения поставленной задачи приводят, фактически, к перебору вариантов взаимного расположения несущих поверхностей, что усложняет и удорожает процесс поиска решения, при значительном времени поиска. Аналитические методы существенно проще, но точность их существенно ниже, что не позволяет использовать их для решения подобных задач. Формирование нового подхода для определения рационального взаимного расположения НП экраноплана схемы «утка» в сочетании с доработкой и интеграцией аналитических методов может позволить использовать последние для получения качественных результатов и, тем самым, существенно уменьшить число необходимых электронных продувок и экспериментов.

Для определения рационального взаимного расположения НП экраноплана схемы «утка» необходимо выполнение следующих задач:

1) определение поведения потока вблизи изолированной НП в зоне действия экранного эффекта:

– поведения потока за изолированной НП вблизи экрана;

– поведения потока перед изолированной НП вблизи экрана;

2) параметров потока в межкрыльевой области;

3) характеристик НП с учетом интерференции.

Для несущей поверхности вне экрана угол скоса потока считается определенным [1]:

$$\varepsilon = \frac{c_y}{\pi \cdot \lambda}(1+\tau),$$

где τ – коэффициент, учитывающий расстояние до НП, рассчитываемый по формуле

$$\tau = \frac{k^2}{2}\left[1+\sqrt{1+\left(\frac{l}{2\cdot L}\right)^2 \frac{1}{k^2}}\right]-1,$$

где L – расстояние по горизонтали от крыла до рассматриваемой точки A, лежащей в плоскости сходящих вихрей; k – отношение размаха НП к расстоянию между свободными вихрями.

В инженерных расчетах угол скоса потока рассматривают в основном как функцию, определяемую коэффициентом подъемной силы и удлинения крыла ввиду малости значений коэффициента τ.

Учет коэффициента τ позволяет определить угол скоса потока в любой точке пелены, и, тем самым, определить ее траекторию.

Для моделирования экрана использован метод зеркального отражения (рис. 1), где h_a – отстояние рассматриваемой точки от экрана. При этом, для определения угла скоса потока в некоторой точке A, лежащей в плоскости вихревой пелены, необходимо учитывать также угол скоса, индуцируемый отраженной системой вихрей.

Для определения угла скоса потока принято относительное расстояние от точки фокуса до рассматриваемой точки равным $\bar{L}$. Начало координат находится в точке O, располагающейся между центрами давлений реальной и отраженной НП на экране. За положительное направление оси OX принято направление скорости набегающего потока U_∞.

В результате выполнения необходимых преобразований, получена следующая зависимость:

$$\varepsilon = \frac{c_y}{2\pi\lambda}\kappa^2\left(\sqrt{1+\left(\frac{\lambda}{2\sqrt{\bar{L}^2+(\bar{h}_d-\bar{h}_a)^2}}\right)^2\cdot\frac{1}{\kappa^2}}-\frac{\lambda^2\sqrt{\bar{L}^2+(\bar{h}_d-\bar{h}_a)^2}}{\kappa^2 4(\bar{L}^2+(\bar{h}_d+\bar{h}_a)^2)\sqrt{\frac{\lambda^2}{4\kappa^2}+\bar{L}^2+(\bar{h}_d+\bar{h}_a)^2}}-\left(1+\frac{\sqrt{\bar{L}^2+(\bar{h}_d-\bar{h}_a)^2}}{\sqrt{\frac{\lambda^2}{4\cdot\kappa^2}+\bar{L}^2+(\bar{h}_d+\bar{h}_a)^2}}\right)\cdot\frac{\lambda}{\kappa^2\sqrt{\frac{\lambda^2}{4\kappa^2}+4\bar{h}_a^2}}\right),$$

где $\bar{h}_d$ – относительное отстояние точки центра давления НП по углу атаки от экрана; $\bar{h}_a$ – относительное отстояние вихревой пелены от экрана в рассматриваемой точке; к – коэффициент, определяемый по формуле:

$$\kappa = \frac{1+\dfrac{1}{2\lambda}}{1-\bar{h}}.$$

Таким образом, в свертке получим следующее:

$$\varepsilon = \frac{c_y}{\pi\lambda}\left(\tau - \tau_{экр}\right).$$

В формулу для определения угла скоса потока введена новая составляющая, отражающая, собственно, влияние экрана:

$$\tau_{экр} = \frac{\kappa^2}{2}\left(\begin{array}{l} 1+\dfrac{\lambda^2\sqrt{\bar{L}^2+(h_d-h_a)^2}}{\kappa^2 4(\bar{L}^2+(h_d+h_a)^2)\sqrt{\dfrac{\lambda^2}{4\kappa^2}+\bar{L}^2+(h_d+h_a)^2}} - \\ -\left(1+\dfrac{\sqrt{\bar{L}^2+(h_d-h_a)^2}}{\sqrt{\dfrac{\lambda^2}{4\kappa^2}+\bar{L}^2+(h_d+h_a)^2}}\right)\dfrac{\lambda}{\kappa^2\cdot\sqrt{\dfrac{\lambda^2}{4\kappa^2}+4h_a^2}} \end{array}\right) - 1.$$

Для решения использован метод максимальных приближений.

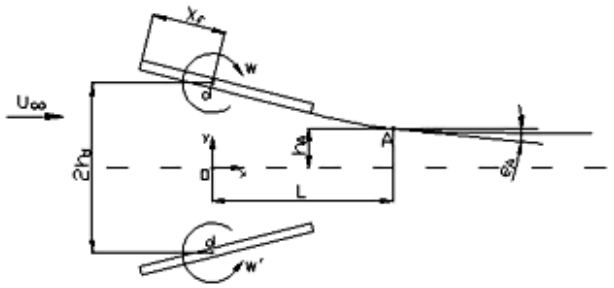


Рис. 1. Моделирование экрана методом зеркального отражения

Траектория вихревой пелены представлена состоящей из множества прямых отрезков. Пусть *dL* – элементарный горизонтальный отрезок, на котором вихревая пелена принимается движущейся прямолинейно (рис. 2). Угол скоса потока в *i*-й точке вихревой пелены имеет вид

$$\varepsilon_i = \operatorname{arctg}\left(\frac{\bar{h}_{i-1}-\bar{h}_i}{dL}\right).$$

Для некоторой точки *A*, лежащей в плоскости вихревой пелены, используем формулу

$$\bar{h}_A = \bar{h}_f - \sum_{i=1}^{n} d\bar{L}\sin(\varepsilon_{i-1}),$$

где *n* – количество последовательно рассматриваемых точек при *n*–1 разбиении.

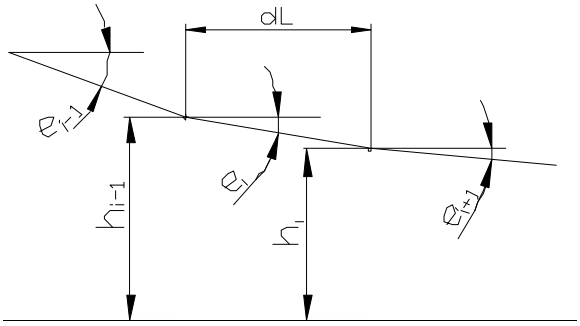


Рис. 2. Элемент траектории вихревой пелены

Определена траектория вихревой пелены за НП для различных значений удлинения НП, угла атаки и отстояния от экрана.

По представленным графикам (рис. 3, 4, 5) видно, что при увеличении угла атаки НП угол скоса потока пропорционально увеличивается; при приближении НП к экрану угол скоса потока уменьшается; при увеличении удлинения НП угол скоса потока уменьшается, что полностью согласуется с результатами исследований [2]. Кроме того, на расстоянии одной хорды от задней кромки НП поток условно можно принять горизонтальным ввиду малости значения угла скоса потока.

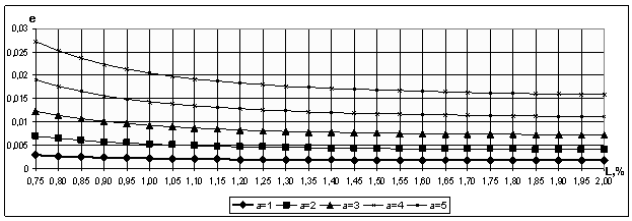


Рис. 3. Угол скоса потока при различных углах атаки при относительном отстоянии $\bar{h} = 0{,}1$ и удлинении $\lambda = 2$

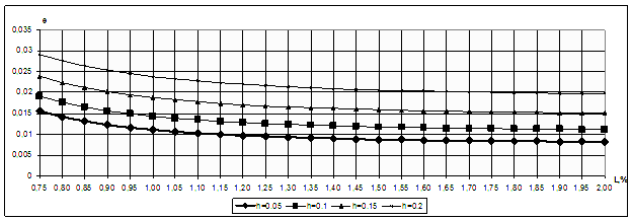


Рис. 4. Угол скоса потока при различных отстояниях при угле атаки $\alpha = 4°$ и удлинении $\lambda = 2$

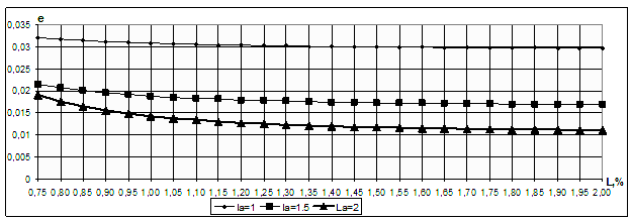


Рис. 5. Угол скоса потока при различном удлинении при угле атаки $\alpha = 4°$ и относительном отстоянии $\bar{h} = 0{,}1$

Вследствие самоиндуцированного воздействия вихревая пелена обычно неустойчива и на некотором расстоянии от НП сворачивается в спираль. Важность представления вихревой пелены как распределения вихревых нитей состоит в том, что, используя конечный набор дискретных вихрей можно вполне адекватно моделировать разнообразные течения, в том числе и процесс сворачивания вихревой пелены. В отличие от бесконечно тонкой вихревой нити более приближенной к реальности [3] является модель цилиндрического вихря с конечным ядром круглого сечения радиуса *r*, в котором завихренность ω постоянна. Вне ядра течение полагается безвихревым. Для определения параметров вихря применена вихревая модель Ренкина, как одна из наиболее простых моделей, отражающая основные особенности концентрированных вихрей.

В работах [3] и [4] рассмотрен плоский ламинарный след за пластиной, расположенной параллельно потоку несжимаемой жидкости. Определено изменение полуширины следа и убывание дефекта скорости вниз по потоку. Дефект скорости

Δu убывает по закону $\Delta u = U_\infty(4x/r + 1)^{-1/2}$, а полуширина следа нарастает по закону $r = b[0{,}693\,1\,(4x/b + 1)\mathrm{Re}]^{1/2}$. Ось x направлена вниз по потоку, а ось y – поперек; начало координат – на задней кромке НП.

В первом приближении принято, что ввиду небольших углов атаки передней НП при наличии экрана спутный след за ней практически прямолинеен. Данное упрощение принято только для определения ширины следа для существенных отстояний при небольших углах атаки и неприменимо при малых отстояниях, где ширина следа уменьшается за счет поджатия сходящих вихрей опорной поверхностью.

Так как полуширина следа есть условный радиус, то профиль давлений в ядре вихря на некотором расстоянии от вихря считается определенным.

Также рассмотрено поведение потока перед несущей поверхностью (рис. 6), для чего выполнено предположение о незначительности влияния свободных вихрей, сходящих с НП.

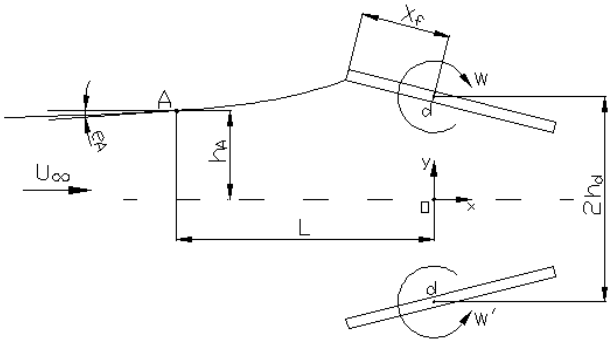


Рис. 6. Моделирование экрана
для определения отклонения потока перед НП

Для определения угла отклонения потока перед НП расчетная формула принимает вид

$$\varepsilon = \frac{c_y}{2\pi\lambda}\kappa^2 \cdot \left(\frac{\lambda^2}{4\kappa^2\sqrt{L^2 + (h_a - h_d)^2}\cdot\sqrt{\frac{\lambda^2}{4\kappa^2} + L^2 + (h_a - h_d)^2}} - \frac{\lambda^2\sqrt{\bar{L}^2 + (h_a - h_d)^2}}{\kappa^2 4\,(\bar{L}^2 + (h_d + h_a)^2)\cdot\sqrt{\frac{\lambda^2}{4\kappa^2} + \bar{L}^2 + (h_d + h_a)^2}} \right).$$

Также методом максимальных приближений определена траектория потока перед НП для различных значений удлинения НП, угла атаки и отстояния от экрана.

По представленным графикам (рис. 7, 8, 9) видно, что при увеличении угла атаки НП угол скоса потока пропорционально увеличивается; при приближении НП к экрану угол скоса потока увеличивается; при увеличении удлинения НП угол скоса потока увеличивается, что полностью согласуется с реальной физикой явления. Кроме того, на расстоянии одной хорды от передней кромки НП поток условно можно принять горизонтальным ввиду малости значения угла отклонения потока.

Рассмотрено поведение потока в так называемой межкрыльевой зоне при обтекании комбинации несущих поверхностей как показано на рис. 10 (зона F).

Для определения их рационального взаимного расположения подробнее рассмотрено обтекание носка задней НП.

Как известно [5], при безударном обтекании НП ее сопротивление существенно меньше притом, что реализуется безотрывное обтекание (чем, собственно и обусловлено применение отклоняемого носка крыла). Таким образом, представляется целесообразным обеспечить безударное обтекание задней НП, что позволит, в свою очередь, улучшить ее аэродинамическое качество.

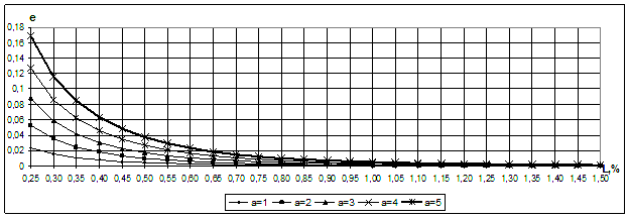


Рис. 7. Угол отклонения потока при различных углах атаки при относительном отстоянии $\bar{h} = 0{,}1$ и удлинении $\lambda = 2$

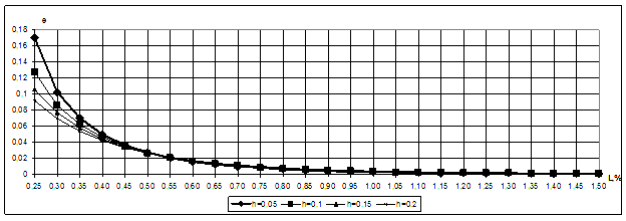


Рис. 8. Угол отклонения потока при различных отстояниях при угле атаки $\alpha = 4°$ и удлинении $\lambda = 2$

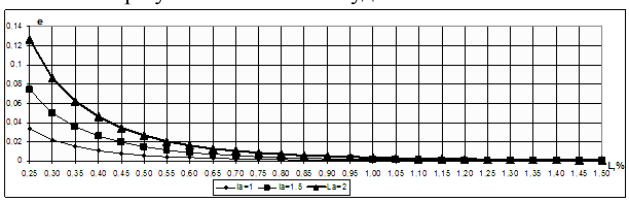


Рис. 9. Угол отклонения потока при различном удлинении при угле атаки $\alpha = 4°$ и относительном отстоянии $\bar{h} = 0{,}1$

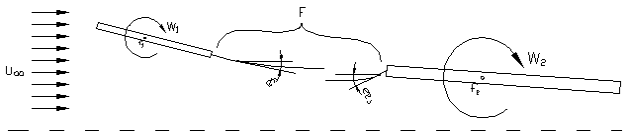


Рис. 10. Поток в межкрыльевой области

Давление в критической точке A, где происходит расслоение потока, может быть представлено выражением

$$P_A = P_\infty + q.$$

Сопротивление в данной точке максимально.

Для минимизации сопротивления использовано свойство вихревой пелены, сходящей с передней НП. Так как вихревая пелена характеризуется резким понижением давления, минимум которого наблюдается на оси вихря, то условие минимума давления в точке A запишется в виде

$$P_{A_{\min}} = P_{\min} + q,$$

где $P_{\min}$ – давление в центре вихря, сходящего с передней НП.

Физический смысл данной записи заключается в том, что точка A лежит на оси вихря, сходящего с передней НП. Именно при таком взаимном расположении НП поток, набегающий на среднюю поверхность, моделирующую профиль задней НП, не огибает переднюю кромку, а разделяется на ней на верхний и нижний. При этом такой режим обтекания возможен уже при различных уг-

лах атаки задней НП, так как обеспечивается положением передней НП относительно задней НП. При данных условиях имеет место полная реализация подсасывающей силы и, как следствие, наименьшее аэродинамическое сопротивление НП.

Так как обтекание носка задней НП безударное, то в передней точке поток горизонтален ($\varepsilon_2 = 0$), то есть выполняется следующее условие:

$$\frac{c_{y_1}}{\lambda_1}(\tau_1 - \tau_{\text{экр1}}) = \frac{c_{y_2}}{2\lambda_2}\tau_{\text{экр2}},$$

где коэффициенты с индексом 1 характеризуют переднюю НП, а коэффициенты с индексом 2 характеризуют заднюю НП.

В связи с вышеизложенным, принято, что определение рациональных параметров взаимного расположения НП возможно при наличии такого начального условия, как $h_1 > (h_2)_0$, где $(h_2)_0$ – отстояние носка задней НП от экрана.

Данным условием обеспечивается, собственно, возможность существования такой точи на вихревой пелене, в которой $\varepsilon = 0$ (поток горизонтален).

Угол скоса потока в межкрыльевой области с учетом интерференции имеет вид

$$\varepsilon_i = (\varepsilon_1)_i - (\varepsilon_2)_{n-i}.$$

Пусть A – точка вихревой пелены, где $\varepsilon = 0$. Тогда:

$$\Delta h = h_A - (h_2)_0.$$

Для приведения потока в носок задней НП описанные алгоритмы допускают множество вариаций:

$$(\alpha_1)_{i+1} = (\alpha_1)_i \frac{(h_A)_i}{h_2};$$

$$(h_1)_{i+1} = (h_1)_i \frac{(h_A)_i}{h_2};$$

$$(L)_{i+1} = (L)_i \frac{(h_A)_i}{h_2}.$$

Поиск решений ведется итеративно до получения удовлетворительной сходимости результатов.

Представленные алгоритмы позволяют определить искомое взаимное расположение НП, при котором может быть реализовано минимальное аэродинамическое сопротивление задней НП при относительно небольших потерях подъемной силы.

Вышеизложенные алгоритмы позволяют определять значение подъемной силы задней НП с учетом дефекта скорости, возникающим за передней НП. При этом, так как скорость в следе считается осредненной, то истинное значение скорости составляет среднее между рассчитанной в следе и скоростью невозмущенного потока. Изменение давления при определении подъемной силы не учтено, т. к. все значимые изменения укладываются в область ширины следа, что при выполнении поставленных ранее условий не превышает половины толщины задней НП, а, следовательно, укладывается в область носка задней НП и оказывает влияние лишь на создание силы сопротивления.

Аэродинамическое качество задней НП рассчитывается по формуле

$$K = \frac{C_y \rho \frac{\vartheta^2}{2} K_y}{K_x \int_0^b (P_{\text{пер}} - P_{\text{зад}})dx},$$

где K_x и K_y – коэффициенты интерференции сопротивления и подъемной силы соответственно:

$$K_y = \frac{\vartheta_{\text{возм}}}{\vartheta};$$

$$K_x = \frac{P_{\text{возм}}}{P},$$

где $\vartheta_{\text{возм}}$ и $P_{\text{возм}}$ – возмущенная скорость а давление соответственно.

Полный коэффициент интерференции НП:

$$K_{\text{инт}} = \frac{K_y}{K_x} = \frac{\vartheta_{\text{возм}} P}{P_{\text{возм}} \vartheta}.$$

Простота нахождения результата по изложенной методике позволяет рассмотреть в первом приближении большое число расчетных случаев за гораздо меньшее время с гораздо меньшими трудозатратами, при отсутствии необходимости в сложных измерительных комплексах и программных продуктах.

Кроме того, представленная методика применима для всего диапазона отстояний и не только для плоских НП, но и для телесных профилей, так как значения коэффициентов подъемной силы определяются вне данной методики (экспериментально, по атласу аэродинамических характеристик профилей, численными или иными методами).

Библиографический список

1. Краснов, Н. Ф. Аэродинамика : учебник для втузов / Н. Ф. Краснов. М. : Высш. шк., 1971.

2. Костин, А. Г. Исследование движения несущей системы вблизи экрана / А. Г. Костин // Тр. Иркут. политехн. ин-та. 1969. Вып. 52.

3. Алексеенко, С. В. Введение в теорию концентрированных вихрей / С. В. Алексеенко, П. А. Куйбин, В. Л. Окулов. М. ; Ижевск : Ин-т компьютерн. исслед., 2005.

4. Секундов, А. Н. Экспериментальное исследование течения в следе за тонкими пластинами / А. Н. Секундов, О. В. Яковлевский // Изв. АН СССР МЖГ. М. : Наука, 1970. № 6.

5. Павленко, В. С. Нелинейные характеристики тонкого крыла при безударном обтекании носка / В. С. Павленко // Изв. АН СССР МЖГ. М. : Наука, 1975. № 5.

I. O. Bobarika, I. N. Gusev

CHOICE OF RATIONAL MUTUAL POSITIONING OF BEARING SURFACES OF «DUCK» SCHEME AIRFOIL BOAT

Determination possibility of rational mutual positioning of bearing surfaces positioning of «duck» scheme airfoil boat is considered by analytical methods. The approach which is different from traditional, exactly,the possibility of

aerodynamic quality of bearing system increase not for of a carrying power, but for reduction force of front resistance of bearing system force is used. The assumption possibility of the analytical methods application unity that allows essentially to simplify essentially the search of the decision at qualitative level is taken out that in turn will allow to reduce the quantity of experiments, including virtual, to receive required results.

Keywords: airfoil boat, interferention.

УДК 629.6:629.735.33

М. И. Антипин, И. Н. Гусев

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ЭКРАНОПЛАНА НА СТАДИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Построена математическая модель выбора рациональных параметров экраноплана при эскизном проектировании методом исследования пространства параметров. Получены численные значения аэродинамических коэффициентов c_y (a, h) и m_z (a, h), относительной координаты аэродинамического фокуса x_f(a, h), распределение аэродинамической нагрузки по несущей поверхности для трех аэродинамических схем несущих поверхностей: «самолетная», «утка», «гибрид». Построены функциональные зависимости $c_y = f(a, h)$, $m_z = f(a,h)$, $x_f = f(a, h)$.

Ключевые слова: математическая модель, экранный эффект, экраноплан, центр тяжести, 5V-образное крыло с отрицательным углом стреловидности.

Проект нового экраноплана на этапе технического предложения должен отражать результаты проектно-конструкторских изысканий рациональных параметров экраноплана. Под рациональными параметрами понимаются такие, которые наилучшим образом отвечают поставленным тактико-техническим требованиям и техническому заданию. Выбор рациональных параметров летательного аппарата, рассмотренный в работах [1; 2; 3], позволяет решать задачи многопараметрической оптимизации, где в качестве целевой функции $\Phi = f(A, f)$ принимают либо приведенные затраты, либо критерий, отражающий устойчивость летательного аппарата.

Задачу выбора рациональных параметров экраноплана необходимо рассматривать как многофункциональную, поскольку требуется при проектировании обеспечить максимальное аэродинамическое качество, устойчивость аппарата, минимальную массу конструкции, минимальные приведенные затраты, минимальное лобовое сопротивление.

Существующие методы оптимизации, основанные на свертывании векторного критерия целевых функций и перехода к одноцелевой задаче, приводят к замене одной задачи другой, а получаемое решение не соответствует исходной постановке. Поэтому решать данную задачу необходимо методом, позволяющим учитывать несколько целевых функций, решать задачу в исходной постановке – методом исследования пространства параметров (ИПП).

В данном случае математическая модель была построена для трех основных компоновочных схем, «самолетной», «утка», «гибридная», и трех видов несущих поверхностей треугольное с углом поперечного V < 0, треугольное с углом поперечного V > 0 [4], прямоугольное (рис. 1).

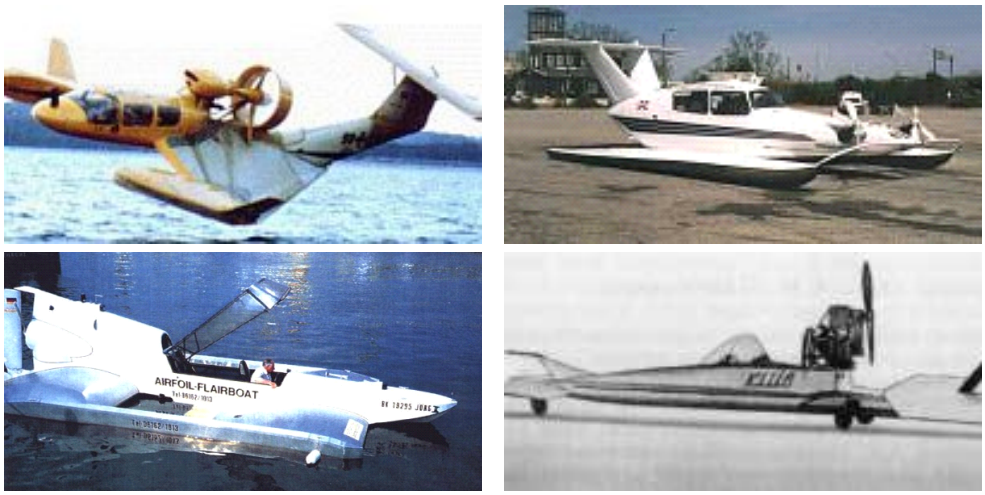


Рис. 1. Основные аэродинамические компоновки экранопланов

Сформулируем задачу выбора рациональных параметров экраноплана.

Варьируемые параметры:

– удлинения несущих поверхностей $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$;

– вынос дополнительных несущих поверхностей, переднего горизонтального оперения, относительно крыла $L_1, L_2, \ldots, L_n$;

– вынос по высоте дополнительных несущих поверхностей, переднего горизонтального оперения, горизонтального оперения относительно крыла $h_1, h_2, \ldots, h_n$;

– угол установки дополнительных несущих поверхностей, переднего горизонтального оперения, горизонтального оперения относительно крыла $\Delta\alpha_1, \Delta\alpha_2, \ldots, \Delta\alpha_n$;

– относительная площадь дополнительных несущих поверхностей, переднего горизонтального оперения, горизонтального оперения $S_1, S_2, \ldots, S_n$.

Целевые функции:

– аэродинамические коэффициенты;

– массовая целевая функция;

– характеристики силовой установки;

– технико-экономические показатели.

Функциональное ограничение – продольная устойчивость; критерии качества.

Получим теперь математическую модель, связывающую варьируемые параметры с целевыми функциями. Для этого сначала необходимо получить функциональные зависимости $c_y = f(a, h)$, $m_z = f(a, h)$, $x_f = f(a, h)$ для трех компоновочных схем.

Методом дискретных вихрей решались линейные задачи стационарного безотрывного обтекания несжимаемой жидкостью системы тонких несущих поверхностей, конечного размаха прямоугольной формы в плане. Результат решения данных задач: численные значения аэродинамических коэффициентов $c_y(a, h)$ и $m_z(a, h)$, относительной координаты аэродинамического фокуса $x_f(a, h)$, распределение аэродинамической нагрузки по несущей поверхности для трех аэродинамических схем несущих поверхностей «самолетная», «утка», «гибрид».

По полученным числовым значениям коэффициента продольного момента, подъемной силы, безразмерной координаты фокуса аппарата относительно крыла методом интерполяции функции нескольких переменных получены функциональные зависимости $c_y = f(a, h)$, $m_z = f(a, h)$, $x_F = f(a, h)$ для компоновки «утка»:

– коэффициент подъемной силы:

$$c_y(a,h) = -1,729\,5\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,032\,39L_{\text{нго}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,020\,34\alpha_{\text{нго}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 4,498\,82h_{\text{нго}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 0,034\,031\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}L_{\text{нго}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,007\,26\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}\alpha_{\text{нго}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 16,659\,57\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}h_{\text{нго}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,002\,348L_{\text{нго}}\alpha(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 0,200\,428L_{\text{нго}}h_{\text{нго}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 1,046\,618\alpha_{\text{нго}}h_{\text{нго}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 1,496\,741\left(\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}\right)^2(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 0,003\,172L^2_{\text{нго}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,000\,51\alpha^2_{\text{нго}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - - 435,581h^2_{\text{нго}}(c_{yo}(a,h) + c_{yo}(A,H)) - 221,940\,5\left(\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}\right)^2 h_{\text{нго}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 1\,022,288\left(\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}\right)h^2_{\text{нго}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 586,298\left(\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}h_{\text{нго}}\right)^2(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h);$$

– коэффициент продольного момента:

$$m_z(a,h) = 0,956\,445\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 0,869\,02L_{\text{нго}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 0,087\,72\alpha_{\text{нго}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + 80,359\,21h_{\text{нго}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 1,145\,21\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}L_{\text{нго}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 0,059\,27\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}\alpha_{\text{нго}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 0,149\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}h_{\text{нго}}(m_{zo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 0,019\,259L_{\text{нго}}\alpha(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 10,981\,3L_{\text{нго}}h_{\text{нго}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 3,744\,83\alpha_{\text{нго}}h_{\text{нго}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 2,985\,42\left(\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}\right)^2(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + 0,078\,725L^2_{\text{нго}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + 0,012\,138\alpha^2_{\text{нго}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - - 1\,631,36h^2_{\text{нго}}(m_{zo}(a,h) + m_{zo}(A,H)) - 7,968\,49\left(\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}\right)^2 h_{\text{нго}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + 1\,870,196\left(\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}\right)h^2_{\text{нго}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 917,071\left(\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}h_{\text{нго}}\right)^2(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h);$$

– безразмерная координата аэродинамического фокуса:

$$x_F(a,h) = 0,133\,457\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) - 1,824\,72L_{\text{нго}}(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) + 0,052\,378\alpha_{\text{нго}}(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) + 691,349\,9h_{\text{нго}}(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) - 0,668\,96\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}L_{\text{нго}}(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) - 0,011\,42\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}\alpha_{\text{нго}}(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) - 1\,953,9\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}h_{\text{нго}}(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) - 0,058\,39L_{\text{нго}}\alpha(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) - 15,320\,6L_{\text{нго}}h_{\text{нго}}(x_{Fo}(A,H)0x_{Fo}(a,h)) - 0,678\,35\alpha_{\text{нго}}h_{\text{нго}}(x_{FO}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) - 1,032\,4\left(\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}\right)^2(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) + 0,225\,833L^2_{\text{нго}}(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) - 0,002\,79\alpha^2_{\text{нго}}(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) - 16\,233h^2_{\text{нго}}(x_{Fo}(a,h) + x_{Fo}(A,H)) + 1\,344,992\left(\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}\right)^2 h_{\text{нго}}(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) + 49\,914,45\left(\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}\right)h^2_{\text{нго}}(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) - 35\,393,4\left(\frac{b_{\text{нго}}}{b_a}h_{\text{нго}}\right)^2(x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h)) + x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h).$$

Аналогичные выражения для коэффициентов можно получить для «самолетной» компоновки:

– коэффициент подъемной силы:

$$c_y(a,h) = -3,557\,14\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,105\,39L_{\text{го}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 0,0317\,77\alpha_{\text{го}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 3,714\,205h_{\text{го}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 0,211\,581\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,L_{\text{го}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,069\,7\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,\alpha_{\text{го}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 20,589\,1\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,h_{\text{го}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 0,024\,938L_{\text{го}}\alpha_{\text{го}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,039\,66L_{\text{го}}h_{\text{го}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 0,004\,564\alpha_{\text{го}}h_{\text{го}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 5,217\,594\left({}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\right)^2(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,000\,21L_{\text{го}}^2(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,005\,44\alpha_{\text{го}}^2(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 4,231\,439h_{\text{го}}^2(c_{yo}(a,h) + c_{yo}(A,H)) + 26,394\,42\left({}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\right)^2 h_{\text{го}}(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 21,8727\left({}^{b_{zo}}\!/_{b_a}\right)h_{\text{го}}^2(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 269\,207\,4\left({}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,h_{\text{го}}\right)^2(c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + c_{yo}(A,H) + c_{yo}(a,h);$$

– коэффициент продольного момента

$$m_z(a,h) = 12,573\,06\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 0,571\,58L_{\text{го}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 0,599\,96\alpha_{\text{го}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + 6,889\,258h_{\text{го}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 1,466\,7\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,L_{\text{го}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + 1,225\,05\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,\alpha_{\text{го}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + 24,000\,64\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,h_{\text{го}}(m_{zo}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,217\,31L_{\text{го}}\alpha_{\text{го}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + 0,105\,018L_{\text{го}}h_{\text{го}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + 0,487\,911\alpha_{\text{го}}h_{\text{го}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 29,632\,5\left({}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\right)^2(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 0,073\,76L_{\text{го}}^2(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 0,061\,41\alpha_{\text{го}}^2(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + 1,198\,171h_{\text{го}}^2(m_{zo}(a,h) + m_{zo}(A,H)) - 77,328\left({}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\right)^2 h_{\text{го}}(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + 30,876\,79\left({}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\right)h_{\text{го}}^2(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) - 69,817\,9\left({}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,h_{\text{го}}\right)^2(m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h)) + m_{zo}(A,H) + m_{zo}(a,h);$$

– безразмерная координата аэродинамического фокуса

$$x_F(a,h) = 48,172\,7\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,(x_{Fo}(a,h) - x_{Fo}(A,H)) + 4,749\,686L_{\text{го}}(x_{Fo}(a,h) - x_{Fo}(A,H)) - 1,687\,21\alpha_{\text{го}}(x_{Fo}(a,h) - x_{Fo}(A,H)) + 48,898\,69h_{\text{го}}(x_{Fo}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) - 8,080\,47\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,L_{\text{го}}(x_{Fo}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) + 4,0373\,46\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,\alpha_{\text{го}}(x_{Fo}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) - 97,113\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,h_{\text{го}}(x_{Fo}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) - 0,548\,27L_{\text{го}}\alpha_{\text{го}}(x_{Fo}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) + 2,689\,857L_{\text{го}}h_{\text{го}}(x_{Fo}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) + 2,099\,685\alpha_{\text{го}}h_{\text{го}}(x_{FO}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) - 77,181\,8\left({}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\right)^2(x_{Fo}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) + 0,290\,628L_{\text{го}}^2(x_{Fo}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) - 0,0411\,5\alpha_{\text{го}}^2(x_{Fo}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) + 27,425\,76h_{\text{го}}^2(x_{Fo}(a,h) - x_{Fo}(A,H)) + 30,078\,05\left({}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\right)^2 h_{\text{го}}(x_{Fo}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) - 45,063\,5\left({}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\right)h_{\text{го}}^2(x_{Fo}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) - 26,428\,4\left({}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,h_{\text{го}}\right)^2(x_{Fo}(A,H) - x_{Fo}(a,h)) - x_{Fo}(A,H) + x_{Fo}(a,h).$$

Функциональные зависимости коэффициентов для компоновки «гибрид:

– коэффициент подъемной силы

$$c_y(a,h) = 0,085\,203L_{\text{пго}}(c_{yo}(a,h) + c_{yo\,\text{пго}}(A,H)) + 2,884\,814h_{\text{пго}}(c_{yo\,\text{пго}}(A,H) + c_{yo}(a,h)) + 4,172\,279\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,(c_{yo\,\text{пго}}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,190\,132L_{\text{го}}(c_{yo\,\text{пго}}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 3,943\,717\,{}^{b_{\text{пго}}}\!/_{b_a}\,h_{\text{пго}}(c_{yo\,\text{пго}}(A,H) + c_{yo}(a,h)) - 0,188\,437L_{\text{пго}}h_{n\text{го}}c_{yo\text{пго}}(A,H) - 0,031\,53\alpha_{\text{пго}}h_{\text{пго}}c_{yo\text{пго}}(A,H) - 2,246\,337\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,h_{\text{пго}}c_{yo\text{пго}}(A,H) - 5,074\,07L_{\text{го}}h_{\text{пго}}c_{yo\text{пго}}(A,H) - 6,054\,128h_{\text{пго}}\alpha_{\text{го}}c_{yo\text{пго}}(A,H) - 0,428\,328\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,L_{\text{го}}c_{\,yo\text{пго}}(A,H) - 0,202\,132\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\,\alpha_{\text{го}}c_{yo\text{пго}}(A,H) + 0,379\,157\left({}^{b_{\text{пго}}}\!/_{b_a}\right)^2 c_{yo\text{пго}}(A,H) + 50,755\,22h_{\text{пго}}^2c_{yo\text{пго}}(a,h) - 6,561\,358\left({}^{b_{\text{го}}}\!/_{b_a}\right)^2 c_{yo\text{пго}}(A,H);$$

– коэффициент продольного момента

$$m_z(a,h) = 19,349\,56\,{}^{b_{\text{пго}}}\!/_{ba}\,m_{z\text{пго}}(A,H) + 1,728\,912l_{\text{пго}}m_{z\text{пго}}(A,H) + 21,344\,88h_{\text{пго}}m_{z\text{пго}}(A,H) - 32,250\,92\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{ba}\,m_{z\text{пго}}(A,H) + 2,127\,166l_{\text{го}}m_{z\text{пго}}(A,H) + 34,5418\,9\,{}^{b_{\text{пго}}}\!/_{ba}\,h_{\text{пго}}m_{z\text{пго}}(A,H) - 9,398\,498({}^{b_{\text{пго}}}\!/_{ba})({}^{b_{\text{го}}}\!/_{ba})m_{z\text{пго}}(A,H) + 15,041\,79l_{\text{пго}}h_{\text{пго}}m_{z\text{пго}}(A,H) + 7,277\,154\alpha_{\text{пго}}h_{\text{пго}}m_{z\text{пго}}(A,H) - 15,966\,96h_{\text{пго}}({}^{b_{\text{го}}}\!/_{ba})m_{z\text{пго}}(A,H) + 26,848\,16h_{\text{пго}}l_{\text{го}}m_{z\text{пго}}(A,H);$$

– безразмерная координата аэродинамического фокуса

$$x_F(a,h) = -300,272\,3h_{\text{пго}}(x_F(a,h) + x_{F\text{пго}}(A,H) + x_{F\text{го}}(A,H)) - 16,853\,88\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{ba}\,(x_F(a,h) +$$

$$+x_{F\text{пго}}(A,H)+x_{F\text{го}}(A,H))+$$
$$+0,472\,105 l_{\text{го}}(x_F(a,h)+x_{F\text{пго}}(A,H)+$$
$$+x_{F\text{го}}(A,H))-2,390\,15\,{}^{b_{\text{пго}}}\!/_{ba}\, l_{\text{пго}}(x_F(a,h)+$$
$$+x_{F\text{пго}}(A,H)+x_{F\text{го}}(A,H))+$$
$$+15,229\,53\frac{b_{\text{пго}}}{ba}h_{\text{пго}}(x_F(a,h)+x_{F\text{пго}}(A,H)+$$
$$+x_{F\text{го}}(A,H))-31,019\,59\alpha_{\text{пго}}h_{\text{пго}}(x_F(a,h)+$$
$$+x_{F\text{пго}}(A,H)+x_{F\text{го}}(A,H))-$$
$$-4,730\,539h_{\text{пго}}\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{ba}\,(x_F(a,h)+x_{F\text{пго}}(A,H)+$$
$$+x_{F\text{го}}(A,H))+200,789h_{\text{пго}}l_{\text{го}}(x_F(a,h)+$$
$$+x_{F\text{пго}}(A,H)+x_{F\text{го}}(A,H))+$$
$$+32,730\,4h_{\text{пго}}\alpha_{\text{го}}(x_F(a,h)+x_{F\text{пго}}(A,H)+$$
$$+x_{F\text{го}}(A,H))+1,263\,621\,{}^{b_{\text{го}}}\!/_{ba}\,\alpha_{\text{го}}(x_F(a,h)+$$
$$+x_{F\text{пго}}(A,H)+x_{F\text{го}}(A,H))+$$
$$+1,399\,461(x_F(a,h)+x_{F\text{пго}}(A,H)+$$
$$+x_{F\text{го}}(A,H))-2,490\,428({}^{b_{\text{пго}}}\!/_{ba})^2(x_F(a,h)+$$
$$+x_{F\text{пго}}(A,H)+x_{F\text{го}}(A,H))-$$
$$-2\,077,063(h_{\text{пго}})^2(x_F(a,h)+x_{F\text{пго}}(A,H)+$$
$$+x_{F\text{го}}(A,H))+32,648\,05({}^{b_{\text{го}}}\!/_{ba})^2(x_F(a,h)+$$
$$+x_{F\text{пго}}(A,H)+x_{F\text{го}}(A,H)).$$

Вышеприведенные формулы учитывают значения коэффициентов изолированных несущих поверхностей. Рассмотрим зависимости, приведенные для изолированных крыльев различной формы в работе [4]:

– для треугольного крыла с углом поперечного $V<0$:

$$c_y = 0,264\alpha - 1,204\,4\alpha h - 0,011\,97\alpha^2 + 0,119\,57\alpha^2 h +$$
$$+2,715\alpha h^2 - 0,212\,3\alpha^2 h^2 - 0,003\,69\alpha^3 - 0,003\,41\alpha^3 h -$$
$$-2,633\,4\alpha h^3 + 0,018\alpha^3 h^2 + 0,091\,1\alpha^2 h^3 - 0,007\,4\alpha^3 h^3 +$$
$$+0,000\,55\alpha^4 - 0,000\,82\alpha^4 h + 0,943\,9\alpha h^4;$$
$$m_z = -0,066\,8\alpha + 0,304\,2\alpha h + 0,001\,97\alpha^2 - 0,019\alpha^2 h -$$
$$0,703\,9\alpha h^2 + 0,033\,7\alpha^2 h^2 + 0,000\,617\alpha^3 + 0,000\,43\alpha^3 h +$$
$$+0,707\,2\alpha h^3 - 0,002\,7\alpha^3 h^2 - 0,014\,4\alpha^2 h^3 + 0,001\,1\alpha^3 h^3 -$$
$$-8,873\cdot 10^{-5}\alpha^4 + 0,000\,13\alpha^4 h - 0,260\,6\alpha h^4;$$

– для плоского крыла прямоугольной формы в плане малого удлинения:

$$c_y = 0,243\,5\alpha - 1,226\,6\alpha h - 0,003\,3\alpha^2 + 0,072\,1\alpha^2 h +$$
$$+2,843\,3\alpha h^2 - 0,134\,4\alpha^2 h^2 - 0,004\,5\alpha^3 + 0,002\,35\alpha^3 h -$$
$$-2,849\alpha h^3 + 0,008\,3\alpha^3 h^2 + 0,050\,7\alpha^2 h^3 - 0,002\,27\alpha^3 h^3 +$$
$$+0,000\,54\alpha^4 - 0,000\,84\alpha^4 h + 1,054\,76\alpha h^4;$$
$$m_z = -0,070\,6\alpha + 0,378\,7\alpha h - 0,000\,95\alpha^2 -$$
$$-0,006\,5\alpha^2 h - 0,908\,3\alpha h^2 + 0,014\,1\alpha^2 h^2 + 0,001\,25\alpha^3 -$$
$$-0,001\,92\alpha^3 h + 0,945\,1\alpha h^3 + 0,000\,367\alpha^3 h^2 - 0,002\,7\alpha^2 h^3 -$$
$$-0,000\,7\alpha^3 h^3 - 0,000\,12\alpha^4 + 0,000\,2\alpha^4 h - 0,360\,7\alpha h^4;$$

– для треугольного крыла малого удлинения с углом поперечного $V>0$:

$$c_y = 0,127\,8\alpha - 0,520\,8\alpha h - 0,005\alpha^2 + 0,048\,8\alpha^2 h +$$
$$+1,149\,9\alpha h^2 - 0,086\,2\alpha^2 h^2 - 0,001\,44\alpha^3 -$$
$$-0,001\,47\alpha^3 h - 1,102\,6\alpha h^3 + 0,007\,3\alpha^3 h^2 +$$
$$+0,037\alpha^2 h^3 - 0,003\,05\alpha^3 h^3 + 0,000\,22\alpha^4 -$$
$$-0,000\,32\alpha^4 h + 0,391\,4\alpha h^4;$$
$$m_z = -0,029\,9\alpha + 0,125\alpha h + 0,000\,83\alpha^2 -$$
$$-0,007\,3\alpha^2 h - 0,282\,6\alpha h^2 + 0,012\,7\alpha^2 h^2 +$$
$$+0,000\,19\alpha^3 + 0,000\,24\alpha^3 h + 0,280\alpha h^3 -$$
$$-0,001\;07\alpha^3 h^2 - 0,005\,5\alpha^2 h^3 + 0,000\,46\alpha^3 h^3 -$$
$$-2,953\cdot 10^{-5}\alpha^4 + 4,33\cdot 10^{-5}\alpha^4 h - 0,102\alpha h^4.$$

Данные формулы позволяют перейти от компоновки с прямоугольными несущими поверхностями к крыльям различной формы в плане.

Коэффициент сопротивления аппарата составляет

$$cx = c_{xoa} + c_{xi},$$

тогда зависимость индуктивного сопротивления от подъемной силы крыла можно представить формулой

$$c_{xi} = -\frac{\lambda}{2}\frac{c_y^2}{\left(c_y^{\alpha}\right)^2}\int_{-1}^{1} w_y(\bar{z})\Gamma_{\alpha}^{*}(\bar{z})d\bar{z}.$$

Теперь перейдем к массовой целевой функции. Взлетная масса экраноплана имеет вид [1]

$$m_0^{''} = \frac{m_H + m_{\text{сл}}}{1-\overline{m}_к - \overline{m}_{\text{тс}} - \overline{m}_{су} - \overline{m}_{\text{об}}},$$

где относительная масса крыла находится по уравнению [5]

$$\overline{m}_{\text{кр}} = 1,15\cdot 10^{-4}\cdot k_{\text{мех}}\cdot k_{\text{кон}}\cdot k_{\text{мт}}\cdot\varphi\cdot n_p\frac{\lambda\sqrt{S}}{\sqrt{\theta\cdot\overline{c}_o}\cdot\cos^{1,5}\chi}\cdot\frac{\eta+4}{\eta+1}\cdot\left(1-\frac{\mu-1}{\eta+3}\right);$$

относительная масса фюзеляжа [5]:

$$\overline{m_ф} = 1,14k_{\text{дв}}(1+0,4p_{\text{каб}}^{э})\left(D\cdot\lambda\right)_ф^{1,5}m_o^{-3/4},$$

относительная масса оперения [5]:

$$\overline{m}_{\text{оп}} = \frac{k_м\cdot k_v}{m_0^l}\left(4,4+0,8\cdot 10^{-3}\cdot m_o\right)S_{оп};$$

относительная масса шасси (при колесном) [5]:

$$\overline{m}_ш = k_{\text{мт}}k_{\text{обт}}\left(6H_ш^2+11,3\right)\cdot 10^{-3} + 0,0625k_{\text{пн}}\frac{\sqrt{p_{\text{пн.гл}}}}{1+p_{\text{пн.гл}}} + 0,005.$$

Для шасси на воздушной подушке массу можно определить согласно работе [6]. Относительная масса силовой установки для ТВД имеет вид [5]

$$\overline{m_{\text{су}}} = 1,36\cdot k_{\text{су}}\cdot\gamma_{\text{дв}}\cdot\overline{N_o},$$
$$k_{\text{су}} = 1,1+(1,36/\gamma_{\text{дв}})(0,1+0,9/N_{oi}^{1/3}).$$

Относительная масса оборудования управления для пассажирского варианта рассчитывается по формуле [5]:

$$\overline{m}_{\text{об. упр}} = \frac{200}{m_o} + 0,2\overline{m_{\text{ц.н}}}\cdot\left(1+0,1L_{\text{р}}/V_{\text{рейс}}\right)+0,08.$$

Относительная масса топлива для экраноплана с поршневыми двигателями или турбовинтовыми [5]:

$$\overline{m_{\text{Т}}} \approx \left(\frac{V\cdot t}{270}\cdot\frac{c_e}{\eta_в\cdot K}\right)_{\text{крейс}} + \frac{1}{75K_{\max}}\cdot\left(\frac{c_e\cdot V\cdot t_{\text{н.з}}}{\eta_в}\right)_{K\max} + 0,006.$$

Характеристики силовой установки. Потребная тяга (мощность) и число двигателей для взлетного режима можно оценить по следующим зависимостям [8], при единой силовой установке:

$$N_{\text{дв}} = \frac{P_n}{K_{\text{дв}}P_{\text{дв}}};\quad P_n = \left(\frac{j_x}{g}+\frac{1}{K_c}\right)m_o g;$$

при раздельной силовой установке, число маршевых двигателей составляет [8]

$$N_{\text{дв}}^{\text{м}} = \frac{m_{\text{пол}}g}{\left(K_{\text{кр}}\cdot P_{\text{двv}}^{\text{м}}\right)};$$

число стартовых двигателей рассчитывается по выражению [8]

$$N_{\text{дв}}^{\text{ст}} = \frac{1}{K_{\text{дв}}^{\text{ст}}P_{\text{дв}}^{\text{ст}}}\left[\left(\frac{j_x}{g}+\frac{1}{K_c}\right)m_o g - N_{\text{дв}}^{\text{м}}K_{\text{дв}}^{\text{м}}P_{\text{дв}}^{\text{м}}\right];$$

для крейсерского режима полета потребная тяговооруженность имеет вид

$$P_{\text{кр}}^{\vartheta} = 1/K_{\text{кр}}.$$

Технико-экономические показатели экраноплана можно оценить по методике, предложенной в работах [1; 5]. Таким показателем являются приведенные затраты, которые находятся следующим образом:

$$a_{\text{пр}} = a + a_{\text{кап. влож}};$$

где себестоимость перевозок составляет [1; 5]

$$a = \frac{100A}{k_{\text{ком}} m_{\text{н}} V_{\text{крейс}}};$$

$$A = A_{\text{ас}} + A_{\text{ад}} + A_{\text{т ос}} + A_{\text{т од}} + A_{\text{топ}} + A_{\text{зп}} + B_{\text{ап}}.$$

Приведенные капиталовложения имеют вид [1; 5]:

$$a_{\text{кап. влож}} = \frac{100 \cdot \varepsilon \cdot \left(1,05C_c + 1,03C_{\text{дв}} n_{\text{дв}} \cdot b\right)}{k_{\text{ком}} m_{\text{ком}} V_{\text{рейс}} B_{\text{год}}}.$$

Введем функциональные ограничения с целью обеспечения безопасности движения для проектируемого аппарата, в качестве которых примем условия статической устойчивости экраноплана [9]:

$$\frac{f_1(A)}{\bar{x}_{F9}} > \bar{x}_T (m_z^9 < 0);$$

$$\frac{f_2(A)}{\bar{x}_{F9}} > \bar{x}_{FH} \left[\left(\frac{dc_y}{d\bar{H}} \right)_{\substack{m_z=0 \\ \delta=\text{const}}} < 0 \right].$$

Первое ограничение обеспечивает статическую устойчивость аппарата по углу тангажа, второе – по относительной высоте полета.

Основная цель, ради которой создается экраноплан, это высокое аэродинамическое качество, максимальный коэффициент подъемной силы, минимальная взлетная масса, минимальная тяговооруженность аппарата, минимальные приведенные затраты, тогда нетрудно записать критерии качества:

– аэродинамическое качество $\Phi_1(A) = \max(c_y / c_x)$;

– коэффициент подъемной силы $\Phi_2(A) = \max(c_y)$;

– взлетная масса экраноплана $\Phi_3(A) = \min(m_o)$;

– тяговооруженность аппарата $\Phi_5(A) = \min(P_o)$;

– приведенные затраты $\Phi_6(A) = \min(a_{\text{пр}})$.

Также могут быть добавлены дополнительные критерии качества, такие как дальность полета, длина разбега и пробега и др.

Допустимое варьирование параметров выбирают на основе статистического анализа существующих конструкций экранопланов. Зондирование пространства параметров можно осуществить любым методом, одним из которых может быть метод квазислучайных последовательностей (ЛП-последовательностей), рассмотренный в работе [10].

Алгоритм выбора рациональных параметров представлен на рис. 2.

Представленная математическая модель позволяет определить параметры экраноплана для различных аэродинамических схем с различными несущими поверхностями; выбрать из ряда проектов решение, наилучшим образом отвечающее поставленным тактико-техническим требованиям и техническому заданию.

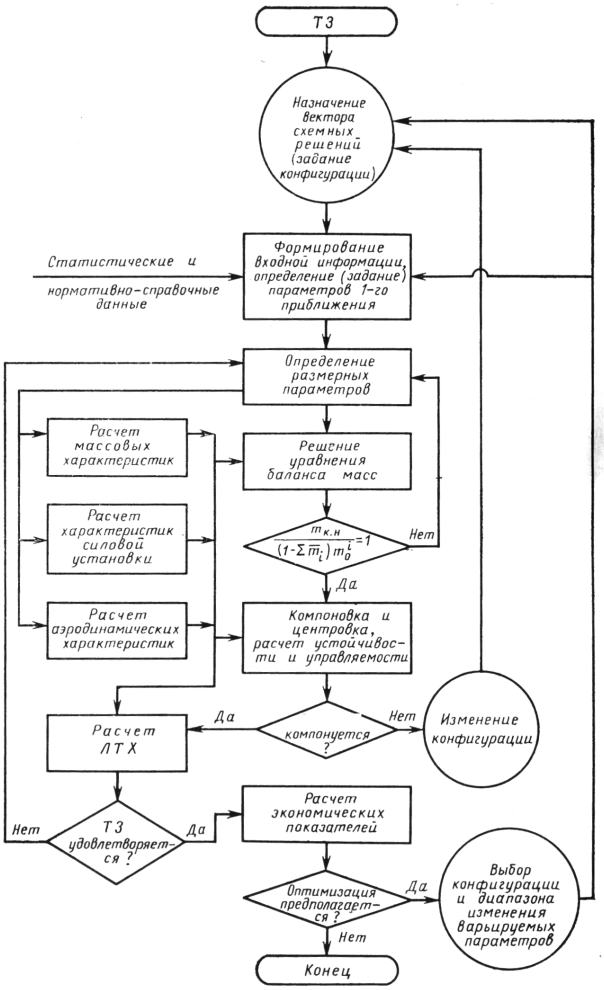


Рис. 2. Блок-схема выбора рациональных параметров экраноплана

Библиографический список

1. Егер, С. М. Проектирование самолетов / С. М. Егер [и др] ; под ред. С. М. Егер. М. : Логос, 2005.

2. Панченков, А. Н. Теория оптимальной несущей поверхности / А. Н. Панченков. Новосибирск : Наука, 1983.

3. Брусов, В. С. Оптимальное проектирование летательных аппаратов: Многоцелевой подход / В. С. Брусов, С. К. Баранов. М. : Машиностроение, 1989.

4. Антипин, М. И. Анализ несущих поверхностей экранопланов / М. И. Антипин, И. Н. Гусев // Вестник СибГАУ. Красноярск. 2008. С. 101–105.

5. Бадягин, А. А. Проектирование легких самолетов / А. А. Бадягин, Ф. А. Мухамедов. М. : Машиностроение, 1978.

6. Гусев, И. Н. Расчет взлетной массы летательных аппаратов с применением ЭВМ / И. Н. Гусев ; Иркут. политехн. ин-т. Иркутск : [Б. и.], 1988.

7. Маскалик, А. И. Экранопланы – транспортные суда XXI в. / А. И. Маскалик, Р. А. Нагапетян. М. ; СПб. : Судостроение, 2005.

8. Маскалик, А. И. Экранопланы. Особенности теории и проектирования / А. И. Маскалик, Б. А. Колызаев, В. И. Жуков. М. : Машиностроение, 2000.

9. Жуков, В. И. Особенности аэродинамики, устойчивости и управляемости экраноплана / В. И. Жуков. М. : Изд. отдел ЦАГИ, 1997.

10. Соболь, И. М. Выбор рациональных параметров / И. М. Соболь. М. : Дрофа, 2006.

M. I. Antipin, I. N. Gusev

MATHEMATICAL MODEL OF THE ECRANOPLAN PARAMETERS CHOICE AT THE STAGE OF THE TECHNICAL OFFER

The mathematical model of the rational parameters choice is constructed at outline designing by a method of research of space of parameters. Values of aerodynamic factors $c_y = f(a, h)$ and $m_z = f(a, h)$, relative coordinate of aerodynamic focus $x_f = f(a, h)$, distribution of aerodynamic loading on a bearing surface for three aerodynamic schemes of bearing surfaces plane, «duck», «hybrid» are received numerically. Functional dependences $c_y = f(a, h)$, $m_z = f(a, h)$, $x_f = f(a, h)$ are constructed.

Keywords: mathematical model, ground effect, ekranoplan, center of gravity, reversed delta wing.

УДК 519.622

Е. А. Новиков, Л. В. Кнауб

ПРИМЕНЕНИЕ ЯВНОГО ТРЕХСТАДИЙНОГО МЕТОДА ТИПА РУНГЕ-КУТТА ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ[1]

Получены коэффициенты явного трехстадийного метода типа Рунге-Кутта. Построены неравенства для контроля точности вычислений и устойчивости численной схемы. Приведены результаты расчетов двух моделей орегонатора, подтверждающие повышение эффективности за счет дополнительного контроля устойчивости.

Ключевые слова: методы Рунге-Кутта, контроль устойчивости, орегонатор.

При решении задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений средней жесткости и большой размерности в ряде случаев можно применять явные методы. Они не требуют обращения матрицы Якоби и поэтому могут быть эффективнее неявных численных схем. Однако для эффективного использования явных методов при решении задач средней жесткости требуется контролировать не только точность вычислений, но и устойчивость численной схемы. В противном случае, на участке установления вследствие противоречивости требований точности и устойчивости шаг интегрирования раскачивается. В лучшем случае это приводит к большому количеству повторных вычислений решения, а шаг выбирается значительно меньше максимально допустимого. В настоящее время можно выделить два подхода к контролю устойчивости [1; 2]. Первый связан с оценкой максимального собственного числа матрицы Якоби f_y через ее норму с последующим контролем неравенства $h\|f_y\| \le D$ [1], где h – шаг интегрирования, а положительная постоянная D зависит от размера области устойчивости. Ясно, что для явных методов, где матрица Якоби не участвует в вычислительном процессе, это приводит дополнительно к ее нахождению и, следовательно, к значительному увеличению вычислительных затрат. Второй подход основан на оценке максимального собственного числа λ_{max} матрицы Якоби степенным методом через приращения правой части системы дифференциальных уравнений с последующим контролем неравенства $h|\lambda_{max}| \le D$ [2]. Такая оценка фактически не приводит к увеличению затрат [3]. Здесь построено неравенство для контроля устойчивости явного трехстадийного метода типа Рунге-Кутта. Алгоритм интегрирования применяется для численного моделирования орегонатора, дающего сложный предельный цикл.

Для численного решения задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений

$$y' = f(y), \quad y(t_0) = y_0, \quad t_0 \le t \le t_k, \tag{1}$$

рассмотрим явный трехстадийный метод типа Рунге-Кутта, который имеет вид

$$\begin{gathered} y_{n+1} = y_n + p_1 k_1 + p_2 k_2 + p_3 k_3; \\ k_1 = hf(y_n); \;\; k_2 = hf(y_n + \beta_{21} k_1); \\ k_3 = hf(y_n + \beta_{31} k_1 + \beta_{32} k_2), \end{gathered} \tag{2}$$

где y и f – вещественные n-мерные вектор-функции; t – независимая переменная; h – шаг интегрирования; k_1, k_2 и k_3 – стадии метода, p_1, p_2, p_3; β_{21}, β_{31} и β_{32} – числовые коэффициенты, определяющие свойства точности и устойчивости. В случае неавтономной системы $y' = f(t, y)$, $y(t_0) = y_0$, $t_0 \le t \le t_k$, схема (2) записывается следующим образом:

$$\begin{gathered} y_{n+1} = y_n + p_1 k_1 + p_2 k_2 + p_3 k_3; \\ k_1 = hf(t_n, y_n); \;, \; k_2 = hf(t_n + \beta_{21} h, y_n + \beta_{21} k_1); \\ k_3 = hf(t_n + [\beta_{31} + \beta_{32}]h, y_n + \beta_{31} k_1 + \beta_{32} k_2). \end{gathered} \tag{3}$$

Ниже для сокращения выкладок будем рассматривать задачу (1). Однако построенные методы можно применять для решения неавтономных задач.

[1] Работа поддержана грантами РФФИ №08-01-00621 и Президента НШ-3431.2008.9.

Получим соотношения на коэффициенты метода (2) третьего порядка точности. Для этого разложим стадии k_1, k_2 и k_3 в ряды Тейлора и подставим в первую формулу трехстадийного метода (2):

$$y_{n+1} = y_n + (p_1 + p_2 + p_3)hf_n + \\ +[\beta_{21}p_2 + (\beta_{31} + \beta_{31})p_3]h^2 f'_n f_n + \\ +h^3[\beta_{21}\beta_{32}p_3 f'^2_n f_n + 0,5(\beta^2_{21}p_2 + \\ +(\beta_{31} + \beta_{32})^2 p_3) f''_n f_n^2] + \\ +h^4[0,5\beta^2_{21}\beta_{32}p_3 f'_n f''_n f_n^2 + \\ +\beta_{21}(\beta_{31} + \beta_{32})\beta_{32}p_3 f''_n f'_n f_n^2 + \\ +\frac{1}{6}(\beta^3_{21}p_2 + (\beta_{31} + \beta_{32})^3 p_3) f'''_n f_n^3] + O(h^5). \quad (4)$$

Сравнивая ряды для приближенного y_{n+1} и точного $y(t_{n+1})$ решений до членов с h^3 включительно при условии $y_n = y(t_n)$, запишем условия третьего порядка точности схемы (2), которые имеют вид

$$p_1 + p_2 + p_3 = 1;\ \beta_{21}p_2 + (\beta_{31} + \beta_{32})p_3 = 0,5; \\ \beta^2_{21}p_2 + (\beta_{31} + \beta_{32})^2 p_3 = 1/3; \\ \beta_{21}\beta_{32}p_3 = 1/6. \quad (5)$$

Локальную ошибку δ_n схемы (2) можно вычислить по формуле $\delta_n = y(t_{n+1}) - y_{n+1}$. Учитывая представления $y(t_{n+1})$ и y_{n+1} в виде рядов Тейлора, получим

$$\delta_n = h^4\{\frac{1}{24}f'^3 f + [\frac{1}{24} - \frac{1}{2}\beta^2_{21}\beta_{32}p_3]f f' f''^2 + \\ +[\frac{1}{8} - \beta_{21}(\beta_{31} + \beta_{32})\beta_{32}p_3]f f'' f' f^2 + \\ +[\frac{1}{24} - \frac{1}{6}\beta^3_{21}p_2 - \frac{1}{6}(\beta_{31} + \beta_{32})^3 p_3]f''' f^3\} + O(h^5). \quad (6)$$

В нелинейной системе (5) два свободных коэффициента. Исследуем два варианта.

Вариант 1. Минимизируем локальную ошибку выражения (6). Для этого, учитывая его вид, вместо уравнения (5) рассмотрим следующую расширенную нелинейную систему

$$p_1 + p_2 + p_3 = 1; \\ \beta_{21}p_2 + (\beta_{31} + \beta_{32})p_3 = 1/2; \\ \beta^2_{21}p_2 + (\beta_{31} + \beta_{32})^2 p_3 = 1/3; \\ \beta_{21}\beta_{32}p_3 = 1/6; \quad (7) \\ \beta^2_{21}\beta_{32}p_3 = 1/12; \\ \beta_{21}(\beta_{31} + \beta_{32})\beta_{32}p_3 = 1/8.$$

При $1,5\beta_{21} = \beta_{31} + \beta_{32}$ два последних уравнения (7) совпадают. Из четвертого и пятого соотношений (7) имеем $\beta_{21} = 0,5$. Из второго и третьего равенств получим $p_2 = 1/3$ и $p_3 = 4/9$. Из первого уравнения (7) – $p_1 = 2/9$, а из четвертого – $\beta_{32} = 3/4$. Наконец, из соотношения $\beta_{31} + \beta_{32} = 3/4$ получим $\beta_{31} = 0$. В результате коэффициенты метода (2) с минимальной локальной ошибкой можно записать в виде

$$p_1 = 2/9;\ p_2 = 1/3;\ p_3 = 4/9; \\ \beta_{21} = 1/2;\ \beta_{31} = 0;\ \beta_{32} = 3/4. \quad (8)$$

При данных коэффициентах локальную ошибку δ_n схемы (2) можно представить следующим образом $\delta_n = (h^4/24)\times$ $\times f'^3 f - (h^4/288)f''' f^3 = O(h^5)$. При использовании (2) с наборами коэффициентов (8) ни одна стадия не вычисляется в точке t_{n+1}. При быстром изменении решения это может приводить к понижению точности расчетов.

Вариант 2. Положим $\beta_{21} = 0,5$ и $\beta_{31} + \beta_{32} = 1$. Тогда на каждом шаге k_1, k_2 и k_3 вычисляются в точках t_n, $t_n + 0,5h$ и $t_n + h$, соответственно. В этом случае условия третьего порядка записываются в виде

$$p_1 + p_2 + p_3 = 1; \\ 0,5p_2 + p_3 = 0,5; \\ 0,25p_2 + p_3 = 1/3; \\ \beta_{32}p_3 = 1/3. \quad (9)$$

Из второго и третьего уравнений данной системы имеем $p_2 = 2/3$ и $p_3 = 1/6$. Из первого и последнего – $p_1 = 1/6$ и $\beta_{32} = 2$. Из равенства $\beta_{31} + \beta_{32} = 1$ следует $\beta_{31} = -1$. В результате коэффициенты метода (2) имеют следующий вид

$$p_1 = 1/6;\ p_2 = 2/3;\ p_3 = 1/6; \\ \beta_{21} = 0,5;\ \beta_{31} = -1;\ \beta_{32} = 2. \quad (10)$$

При данных соотношениях локальную ошибку δ_n схемы (2) можно записать следующим образом $\delta_n = (h^4/24)\times$ $\times [f'^3 f - f' f f^2 - (1/3)f''' f^3] = O(h^5)$.

Построим неравенство для контроля точности вычислений метода третьего порядка. Для этого рассмотрим вспомогательную схему

$$y_{n+1,1} = y_n + r_1 k_1 + r_2 k_2, \quad (11)$$

где k_1 и k_2 определены в уравнениях (2). Необходимо, чтобы данный метод имел второй порядок точности. Сравнивая ряды для $y(t_{n+1})$ и $y_{n+1,1}$ видим, что требование второго порядка будет выполнено, если $r_1 + r_2 = 1$, $\beta r_2 = 0,5$. Отсюда получим $r_2 = 0,5/\beta$, $r_1 = 1 - r_2$, где значение β_{21} определено в (8) или (10). С помощью идеи вложенных методов оценку ошибки $\varepsilon_{n,3}$ метода третьего порядка можно оценить по формуле $\varepsilon_{n,3} = y_{n+1} - y_{n+1,1} = (p_1 - r_1)k_1 + (p_2 - r_2)k_2 + p_3 k_3$. Тогда неравенство для контроля точности вычислений имеет вид $\|(p_1 - r_1)k_1 + (p_2 - r_2)k_2 + p_3 k_3\| \le \varepsilon$, где $\|\cdot\|$ – некоторая норма в R^n, ε – требуемая точность интегрирования. В конкретных расчетах применялся метод (2) с коэффициентами (10), как более надежный. Исходя из этого неравенство для контроля точности вычислим следующим образом: $\|k_1 - 2k_2 + k_3\| \le 6\varepsilon$.

Теперь построим неравенство для контроля устойчивости (2) предложенным в работах [2; 3] способом. Запишем стадии k_1, k_2 и k_3 применительно к задаче $y' = Ay$, где A есть матрица с постоянными коэффициентами. В результате получим

$$k_1 = Xy_n;\ k_2 = (X + \beta_{21}X^2)y_n; \\ k_3 = [X + (\beta_{31} + \beta_{32})X^2 + \beta_{21}\beta_{32}X^3]y_n,$$

где $X = hA$. Найдем коэффициенты d_1, d_2 и d_3 из условия выполнения равенства

$$d_1 k_1 + d_2 k_2 + d_3 k_3 = X^3 y_n.$$

Данное требование будет выполнено, если

$$d_1 = (\beta_{31} + \beta_{32} - \beta_{21})/d; \\ d_2 = -(\beta_{31} + \beta_{32})/d;\ d_3 = \beta_{21}/d,$$

где $d = \beta^2_{21}\beta_{32}$. Также видно, что

$$\beta_{21}^{-1}(k_2 - k_1) = X^2 y_n .$$

Тогда согласно работе Е. А. Новикова [3] оценку максимального собственного числа $\nu_{n,3} = h\lambda_{\max}$ матрицы Якоби системы (1) можно вычислить по формуле

$$\nu_{n,3} = \beta_{21} \max_{1 \le i \le N} (d_1 k_1^i + d_2 k_2^i + d_3 k_3^i \mid / \mid k_2^i - k_1^i \mid). \quad (12)$$

Интервал устойчивости численной схемы (2) приблизительно равен 2,5. Поэтому для ее контроля устойчивости можно применять неравенство $\nu_{n,3} \le 2{,}5$.

Полученная оценка выражения (12) является грубой, потому что вовсе не обязательно максимальное собственное число сильно отделено от остальных, в степенном методе применяется мало итераций, дополнительные искажения вносит нелинейность задачи (1). Поэтому здесь контроль устойчивости используется как ограничитель на размер шага интегрирования. В результате прогнозируемый шаг h_{n+1} будет вычисляться следующим образом: новый шаг h^{ac} по точности определим по формуле $h^{ac} = q_1 h_n$, где h_n – последний успешный шаг интегрирования; q_1, учитывая соотношение $\varepsilon_{n,3} = O(h^3{}_n)$, задается уравнением $q^3{}_1 \|\varepsilon_{n,3}\| = \varepsilon$. Шаг h^{st} по устойчивости запишем формулой $h^{st} = q_2 h_n$, где q_2, учитывая равенство $\nu_{n,3} = O(h_n)$, определяется из уравнения $q_2 \nu_{n,3} = 2{,}5$. В результате, шаг h_{n+1} вычисляется по следующей формуле:

$$h_{n+1} = \max[h_n, \min(h^{ac}, h^{st})].$$

Данное выражение позволяет стабилизировать поведение шага на участке установления решения, где определяющую роль играет устойчивость. Собственно говоря, именно наличие данного участка существенно ограничивает возможности применения явных методов для решения жестких задач.

Расчеты проводились на Intel(R) Core 2 Quad CPU с двойной точностью. В конкретных расчетах левая часть неравенства для контроля точности вычислялась по формуле $||k_2 - k_1|| = \max_{1 \le i \le N}(|k^i{}_2 - k^i{}_1|/|y^i{}_n| + r)$, где i – номер компоненты; r – положительный параметр. Если по i-й компоненте решения выполняется неравенство $|y^i{}_n| < r$, то контролируется абсолютная ошибка rе, в противном случае – относительная ошибка ε. В расчетах параметр r выбирался таким образом, чтобы по всем компонентам решения фактическая точность была не хуже задаваемой. Значение ε полагалось равным 10^{-2}.

Сравнение эффективности проводилось с тринадцатистадийным методом Рунге-Кутта–Фельберга с контролем (RKF78ST) [4] и без контроля (RKF78) [5] устойчивости. В работе E. Fehlberg [5] получены два комплекта коэффициентов вложенных методов седьмого и восьмого порядков точности, что позволяет оценить ошибку вычислений. Ниже через *isa*, *iwo* и *ifu* обозначены, соответственно, суммарное число шагов интегрирования, число повторных вычислений решения (возвратов) вследствие нарушения требуемой точности расчетов и число вычислений правой части задачи (1).

Сравнение эффективности методов проводилось на модели модифицированного орегонатора, дающего сложный предельный цикл. Соответствующая реакция состоит из шести стадий следующего вида:

$$A + Y \rightleftarrows X + P\,;\ k_1 = 0{,}084\,;\ k_{-1} = 10^4\,;$$

$$X + Y \rightleftarrows 2P\,;\ k_2 = 4 \cdot 10^8\,;\ k_{-2} = 5 \cdot 10^{-5}\,;$$

$$A + X \rightleftarrows 2W;\ k_3 = 2 \cdot 10^3;\ k_{-3} = 2 \cdot 10^7;$$

$$C + W \rightleftarrows X + Z\,;\ k_4 = 1{,}3 \cdot 10^5\,;\ k_{-4} = 2{,}4 \cdot 10^7\,;$$

$$2X \rightleftarrows A + P\,;\ k_5 = 4 \cdot 10^7;\ k_{-5} = 4 \cdot 10^{-11};$$

$$Z \to C + 0{,}462Y;\ k_6 = 0{,}65\,,$$

где k_i $-5 \le i \le 6$ – константы скоростей прямых (с положительными индексами) и обратных (с отрицательными индексами) стадий. В данной реакции участвуют 7 частиц, имеющие следующие обозначения: $A = BrO^-{}_3$, $C = M(n)$, $P = HOBr$, $W = BrO_2$, $X = HBrO_2$, $Y = Br^-$, $Z = M(n+1)$. В этих обозначениях M(n) – ион металла катализатора, $M(n+1)$ – окисленная форма этого иона. Обозначим концентрации реагентов следующим образом:

$$c_1 = [BrO^-{}_3],\ c_2 = [Br^-],\ c_3 = [M(n)],\ c_4 = [HBrO_2],$$

$$c_5 = [HOBr],\ c_6 = [BrO_2],\ c_7 = [M(n+1)].$$

Данная реакция протекает в изотермическом реакторе постоянного объема с обменом вещества, то есть соответствующая система дифференциальных уравнений состоит из семи уравнений вида (например, [6; 7])

$$C' = AV^T + \frac{1}{\theta}(C_p - C),$$

где $C = (c_1, c_2, \ldots, c_7)^T$ – вектор концентраций реагентов; A – стехиометрическая матрица; $V = (v_1, v_2, \ldots, v_6)^T$ – вектор скоростей стадий; $C_p = (c_{p1}, c_{p2}, \ldots, c_{p7})^T$ – вектор концентраций реагентов на входе в реактор; Θ – время пребывания смеси в реакторе, $\Theta = r/u$; r – объем реактора; u – объемная скорость течения смеси через реактор.

Соответствующая система дифференциальных уравнений имеет вид

$$\begin{aligned}
c_1' &= -v_1 - v_3 + v_5 + (c_{p1} - c_1)/\theta\,;\\
c_2' &= -v_1 - v_2 + 0{,}462v_6 + (c_{p2} - c_2)/\theta\,;\\
c_3' &= -v_4 + v_6 + (c_{p3} - c_3)/\theta\,;\\
c_4' &= v_1 - v_2 - v_3 + v_4 - 2v_5 + (c_{p4} - c_4)/\theta\,;\\
c_5' &= v_1 + 2v_2 + v_5 + (c_{p5} - c_5)/\theta\,;\\
c_6' &= 2v_3 - v_4 + (c_{p6} - c_6)/\theta;\\
c_7' &= v_4 - v_6 + (c_{p7} - c_7)/\theta\,,
\end{aligned} \quad (13)$$

где скорости $v_1, v_2, \ldots, v_6$ стадий определяются по следующим формулам:

$$v_1 = k_1 c_1 c_2 - k_{-1} c_4 c_5;\ v_2 = k_2 c_2 c_4 - k_{-2} c_5^2;$$

$$v_3 = k_3 c_1 c_4 - k_{-3} c_6^2;\ v_4 = k_4 c_3 c_6 - k_{-4} c_4 c_7;$$

$$v_5 = k_5 c_4^2 - k_{-5} c_1 c_5;\ v_6 = k_6 c_7.$$

Интегрирование системы (13) проводилось на промежутке [0,1000] с начальным шагом 10^{-5}. Концентрации реагентов на входе в реактор принимают значения $c_{p1} = 0{,}14$, $c_{p2} = 0{,}151 \cdot 10^{-5}$, $c_{p3} = 0{,}125 \cdot 10^{-3}$, $c_{p4} = c_{p5} = c_{p6} = c_{p7} = 0$, причем $\Theta = 125{,}5$. Начальные значения концентраций реагентов следующие:

$$c_1 = 0{,}138\,7;\ c_2 = 0{,}153\,4 \cdot 10^{-6};$$

$$c_3 = 0{,}117\,6 \cdot 10^{-3};\ c_4 = 0{,}316\,5 \cdot 10^{-7};$$

$$c_5 = 0{,}195\,6 \cdot 10^{-3};\ c_6 = 0{,}581\,4 \cdot 10^{-6};\ c_7 = 0{,}631 \cdot 10^{-5}.$$

При решении задачи (13) методом третьего порядка RK3 без контроля устойчивости затраты *isa* = 274 247;

iwo = 71 808; *ifu* = 966 357, а для алгоритма RK3ST с контролем устойчивости – *isa* = 233 770; *iwo* = 3 517; *ifu* = 708 344. Вычислительные затраты для метода Фельберга следующие: для RKF78 – *isa* = 140 134; *iwo* = 140 089; *ifu* = 3 502 810; для RKF78ST – *isa* = 138 912; *iwo* = 46 378; *ifu* = 2 362 392.

Рассмотрим простейшую моделью орегонатора с периодическим решением [8], которая в последнее время активно используется для тестирования методов интегрирования

$$y_1' = 77,27(y_2 - y_1 y_2 + y_1 - 8,375 \cdot 10^{-6} y_1^2);$$
$$y_2' = (-y_2 - y_1 y_2 + y_3)/77,27;$$
$$y_3' = 0,161(y_1 - y_3); \qquad (14)$$
$$t \in [0,300];\ h_0 = 10^{-3};\ y_1(0) = 4;$$
$$y_2(0) = 1,1;\ y_3(0) = 4.$$

При решении задачи (14) методом третьего порядка RK3 без контроля устойчивости затраты составляют *isa* = 2 903 698; *iwo* = 769 326; *ifu* = 10 249 746, а для алгоритма RK3ST с контролем устойчивости – *isa* = 2 966 743; *iwo* = 7 764; *ifu* = 8 915 757. Вычислительные затраты для метода Фельберга следующие: для RKF78 – *isa* = 1 478 475; *iwo* = 1 477 617; *ifu* = 38 429 196; для RKF7ST – *isa* = 1 507 475; *iwo* = 21 158; *ifu* = 19 872 229.

Из сравнения результатов расчетов следует, что контроль устойчивости всегда приводит к повышению эффективности. Это является следствием устранения возвратов (повторных вычислений решения), возникающих из-за неустойчивости численной формулы. В конце интервала интегрирования фактическая точность вычислений для алгоритмов без контроля устойчивости примерно на порядок лучше задаваемой, а для алгоритмов с контролем – примерно на два порядка. Такая же тенденция сохраняется при интегрировании всех рассмотренных задач и, в частности, примеров [8; 9].

Использование неравенства для контроля устойчивости фактически не приводит к увеличению вычислительных затрат, потому что оценка максимального собственного числа матрицы Якоби системы (1) осуществляется через ранее вычисленные стадии и не приводит к росту числа вычислений функции *f*. Такая оценка получается грубой. Однако применение контроля устойчивости в качестве ограничителя на рост шага позволяет избежать негативных последствий грубости оценки. Более того, в некоторых случаях это приводит к нестандартно высокому повышению эффективности алгоритма. На участке установления за счет контроля устойчивости старые ошибки стремятся к нулю, а новые невелики за счет малости производных решения. В некоторых случаях вместо оценки максимального собственного числа оценивается следующее по порядку. Шаг интегрирования становится больше максимально допустимого и с таким шагом осуществляется интегрирование до тех пор, пока не нарушается неравенство для контроля точности. Как правило, число таких шагов невелико. Однако величина шага может на порядок превышать максимальный шаг по устойчивости. После нарушения неравенства для контроля точности шаг уменьшается до максимально возможного. Такой эффект может повторяться многократно в зависимости от длины участка установления. В результате средний шаг интегрирования может превышать максимально допустимый.

Библиографический список

1. Shampine, L. M. Implementation of Rosenbrock method / L. M. Shampine // ACM Transaction on Mathematical Software. 1982. Vol. 8. № 5. P. 93–113.

2. Новиков, Е. А. Контроль устойчивости явных методов интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений / Е. А. Новиков, В. А. Новиков // ДАН СССР. 1984. Т. 277. № 5. С. 1058–1062.

3. Новиков, Е. А. Явные методы для жестких систем / Е. А. Новиков. Новосибирск : Наука, 1997.

4. Новиков, Е. А. Контроль устойчивости метода Фельберга седьмого порядка точности / Е. А. Новиков, Ю. В. Шорников // Вычислительные технологии. 2006. Т. 11. № 4. С. 65–72.

5. Fehlberg, E. Classical fifth-, sixth-, seventh- and eighth order Runge-Kutta formulas with step size control / E. Fehlberg // Computing. 1969. Vol. 4. P. 93–106.

6. Бабкин, В. С. Автоматизированный банк кинетической информации (общее описание) / В. С. Бабкин, В. И. Бабушок, Ю. П. Дробышев, Ю. Н. Молин, Е. А. Новиков, Г. И. Скубневская // Препринт № 704. Новосибирск : ВЦ СО АН СССР. 1987.

7. Бабкин, В. С. Разработка банка кинетической информации / В. С. Бабкин, В. И. Бабушок, Ю. Н. Молин, Е. А. Новиков, Г. И. Скубневская // Гос. служба стандартных справочных данных. М. : Изд-во стандартов, 1989. Бюлл. 20. С. 8–10.

8. Enright, W. H. Comparing numerical methods for the solutions of systems of ODE's / W. H. Enright, T. E. Hull // BIT. 1975. № 15. P. 10–48.

9. Хайрер, Э. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие и дифференциально-алгебраические задачи / Э. Хайрер, Г. Ваннер. М. : Мир, 1999.

E. A. Novikov, L. V. Knaub

APPLICATION OF EXPLICIT THREE-STAGE RUNGE-KUTTA METHOD FOR NUMERICAL MODELING OF CHEMICAL KINETICS PROBLEMS

Coefficients of explicit three-stage Runge-Kutta method have been obtained. The inequalities for exactness of calculations control and stability control of numerical scheme have been developed. Numerical results of oregonator two models with an additional stability control demonstrate an efficiency increase.

Keywords: Runge-Kutta methods, stability control, oregonator.

УДК 533. 697.242.

А. С. Матвиенко, А. Н. Черкасов, Д. А. Исаев

ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИТОРЦЕВОГО ТЕЧЕНИЯ ПРЯМЫХ РЕШЕТОК[1]

Отражены гидродинамические исследования приторцевого течения в прямых решетках. Описана методика проведения эксперимента и выявлены особенности приторцевого течения.

Ключевые слова: компрессор, гидролоток, пограничный слой, лопаточный венец.

Эффективным направлением аэродинамического совершенствования осевых компрессоров является улучшение аэродинамики их проточной части за счет уменьшения потерь. Это достигается как конструктивными мероприятиями, так и применением различных газодинамических методов. Важное место среди них занимает улучшение характеристик лопаточных венцов (в том числе и срывных) на основе использования эффекта управления пристеночным течением, которое включает в себя течение в пограничных слоях и прилегающей к ним части основного потока. Течение в пристеночных областях осевого компрессора очень сложное из-за взаимодействия основного потока с течениями в пограничных слоях на стенках корпуса и лопатках, вторичных течений и перетеканий в радиальных зазорах. В этих областях потока наблюдаются основные потери, несущие за собой ухудшение характеристик осевого компрессора. Поэтому для улучшения аэродинамических характеристик компрессоров необходимо исследовать пристеночное течение и возможность уменьшения его интенсивности, что является актуальной задачей.

Изучение характера течения газового потока в элементах силовой установки и снятия характеристик с моделей и натуральных образцов обычно осуществляется на экспериментальных установках и стендах, в которых рабочим телом является газ. Но они не всегда позволяют простыми методами визуализировать течения, а изготовление экспериментальных установок, как правило, требует значительных материальных затрат и энергетических мощностей.

В связи с этим при исследованиях в ряде случаев выгодно газ заменить жидкостью [1]. В качестве жидкости чаще всего используется вода. Возможность замены воздушной среды на жидкость при изучении характера течений показана в трудах Н. Е. Жуковского [2]. В работе Л. И. Седова [3] приводится пример замены газа на жидкость при испытании моделей дирижаблей и аэростатов. А. Л. Богомоловым [4] показано решение обратной задачи, когда жидкость моделируется воздухом. Выполняя условия газодинамической аналогии [5], в жидкости получают хорошие спектры обтекания элементов силовой установки.

Для изучения аэродинамических процессов гидродинамическими методами используются гидролотки, гидробассейны и гидротрубы с горизонтально расположенной рабочей частью. По результатам количественных замеров, полученных в экспериментах с жидкостью при выполнении условий подобия, делается оценка характеристик натурального образца.

Заменяя газ на жидкость, можно решать следующие задачи: по спектрам обтекания жидкости изучать характер течения и сравнивать его с результатами расчетов на ЭВМ; используя метод газодинамической аналогии, исследовать обтекание сверхзвуковым потоком элементов силовой установки; снимать количественные гидродинамические характеристики проливаемых моделей.

Визуализация на жидкости обычно осуществляется красителями, каплями жидкости с удельным весом близким к единице, мелкими частицами, воздушными пузырьками и др. Спектры обтекания фиксируются на кино- или фотопленку с последующей расшифровкой результатов.

При переносе исследований с газа на жидкость необходимо, в зависимости от решаемых задач, выполнять следующие условия:

– условия геометрического подобия, когда линейные размеры L или площади f и объема w находятся в соотношениях:

$$L_h/L_m = m_L;\ f_h/f_m = m_L^2;\ w_h/w_m = m_L^3,$$

где m_L – линейный масштаб моделирования (здесь и ниже индексы означают «H» – натура, «m» – модель);

– кинематического подобия, когда выполняется первое условие и дополнительно $t_h/t_m = m_t$ или

$$v_h/v_m = m_v,$$

где m_t, m_v – масштабы моделирования времени t и скорости v;

– динамического подобия, если выполняется два предыдущих условия, и дополнительно $c_h/c_m = m_c$ или

$$P_н/P_m = m_P,$$

где m_P и m_c – масштаб моделирования силы P и плотности с.

Первое условие выполняется при изготовлении модели, второе – при сохранении законов распределения скорости на натурном образце и модели. Кинематический масштаб моделирования находится из условия динамического подобия, которое будет выполнено, если у натуры и модели будут одинаковые безразмерные параметры [3; 4; 6]:

– число Рейнольдса

$$\mathrm{Re} = Vl/н;$$

– число Фруда

$$\mathrm{Fr} = V^2/(gl);$$

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 08-08-00767).

– число Эйлера

$$\mathrm{Eu} = p/(cV^2);$$

– число Струхаля

$$\mathrm{Sh} = l/(Vt),$$

где V – скорость движения потока; v – кинематический коэффициент вязкости среды; l – характерный линейный размер; p – статическое давление; t – время.

Числа Re и Fr характеризует отношение сил инерции к силам вязкости и силе тяжести, число Eu – силы давления к силе инерции, а Sh – нестационарность течения. Последние два критерия не являются определяющими и ими пренебрегают. Известно, что течение жидкости осуществляется под действием силы тяжести (безнапорные потоки), поэтому такие течения моделируют по Fr. Если изучают напорные, то определяющим будет Re.

Как доказано в работах [3; 6 и др.], из-за несовместимости Re и Fr, обеспечить подобие по этим критериям одновременно в одной среде невозможно. Так как масштаб моделирования из условия $\mathrm{Re}_h = \mathrm{Re}_m$ связан с другими масштабными соотношениями $m_V = m_v/m_l$ (здесь $m_v = V_h/V_m$), а из выражения $\mathrm{Fr}_h = \mathrm{Fr}_m$ – соотношением $m_v = m_l^{1/2}$, то в первом случае для обеспечения подобия по Re ($m_v = 1$ – для однородной среды) скорость модельного потока должна быть в m_l раз больше, а во втором случае – меньше в $m_l^{1/2}$ раз. Подобие по Re и Fr выполнить можно одновременно лишь в том случае, если удастся подобрать среду по m_v.

Если в качестве определяющего выбирается критерий Re, тогда, учитывая, что для натуральных образцов число Re выше критического (для воздуха $\mathrm{Re}_{кр} = 10^5 \ldots 10^6$), при моделировании в жидкости считается достаточным обеспечить автомодельный режим течения модельной жидкости (для жидкости $\mathrm{Re}_{кр} = 500 \ldots 580$), в которой испытывается модель. В таком случае отпадает необходимость обеспечения строгого равенства чисел Re для натуры и образца. Иначе это потребовало бы значительных скоростей жидкости при испытаниях. Рекомендуемая скорость движения воды в русле при проливке моделей должна быть не более 10…12 м/с [8].

При рассмотрении течения газа в элементах СУ принято пренебрегать действием сил земного тяготения. Поэтому в гидродинамических исследованиях определяющим критерием подобия будет число Рейнольдса.

Таким образом, движение воздуха в венце лопаточной машины можно моделировать жидкостью при сохранении идентичности физических явлений, происходящих в натуре и модели.

Гидродинамическое исследование приторцевого течения в прямых лопаточных венцах проведены на гидролотке.

Конструктивно гидролоток состоит (рис. 1) из напорного *1* и расходного *2* баков, сообщающихся между собой через управляемую дроссельную заслонку *3* с электромеханизмом управления *4*, сливной бак *5*, русло 6 с регулируемой шириной канала, выполненного из оргстекла (δ = 12 мм) и подкрепленной силовыми балками *7*, подкоса *8* управления наклоном русла с винтовой парой *9*, приводимой в действие реверсивным электродвигателем *10* через редуктор, системы кольцевания, включающей насос *11* переменной производительности, дроссельной заслонки *12*, управляемой электромеханизмом *13*, трубопровода *14* кольцевания лотка. Все баки и узлы крепления размещены на силовых рамах *15* с регулировочными болтами *16*, которые используются для выставки стенда в горизонтальное положение в поперечном и продольном направлениях. В состав установки входит также дистанционный пульт управления стендом *17* с цифровым индикатором деформации типа ИДЦ-1, система подкрашивания жидкости *18*. Индикатор деформации работает в комплексе с тензовесами и испытуемой моделью.

Для выравнивания потоков в расходном баке и в русле установлены соответствующие металлические сетки

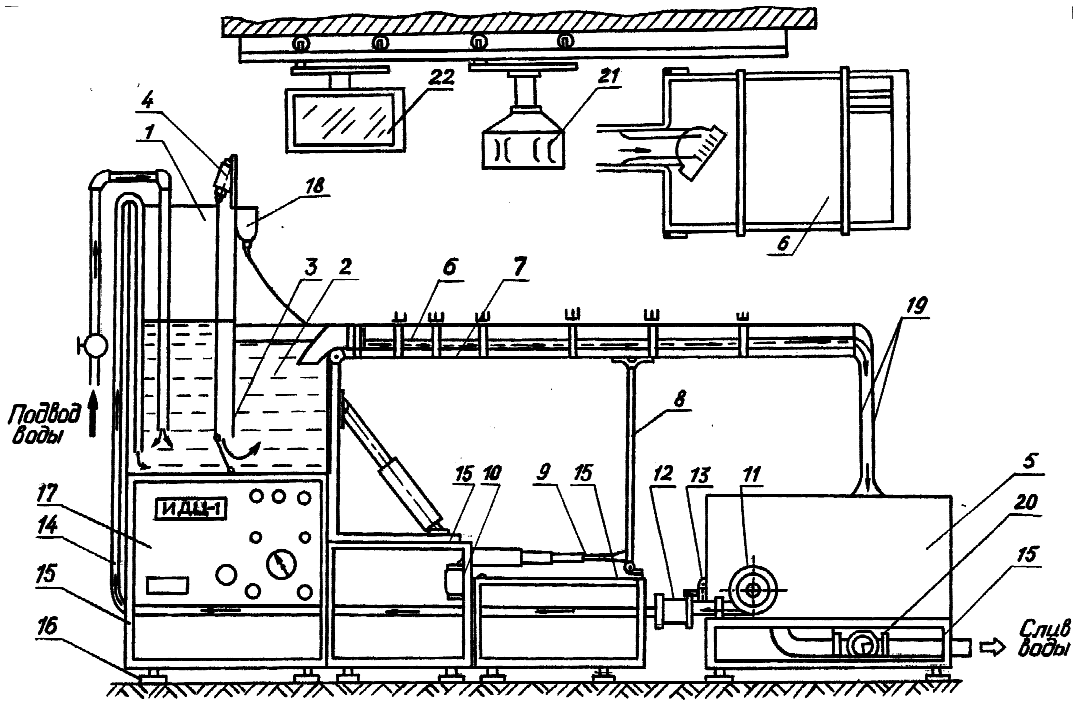


Рис. 1. Гидролоток

19. Чтобы исключить разбрызгивание воды, сливающийся из русла в сливной бак, предусмотрен брызгозащитный резиновый фартук *20*. Уровень воды в бакаках *1*, *2*, *5* контролируется водомерными трубками.

Гидролоток может работать в замкнутом и не замкнутом режимах.

Замкнутый режим (режим кольцевания) позволяет осуществлять работу гидролотка независимо от внешнего источника питания водой, что особенно важно при ограниченных расходах воды в водопроводе. Однако время работы на этом режиме ограничивается из-за ухудшения контрастности спектров обтекания, что отрицательно сказывается на качестве фотоснимков. Ухудшение контрастности объясняется загрязнением воды красителем.

При работе по незамкнутой схеме, вода из лотка сливается в сливной бак. Для обеспечения работы лотка в этом режиме требуется значительные расходы воды, но время работы при этом не ограничивается. Рабочая часть рассчитана на производительность 400 л/мин.

Таким образом, гидролоток позволяет решать широкий круг научных задач [9].

В качестве объектов исследования (ОИ) использовались прямые лопаточные венцы с геометрическими параметрами, приведенными в таблице, что соответствует значениям удлинения лопаток (при их высоте $h = 75$ мм) в диапазоне $\overline{h} = 0{,}75\ldots2{,}70$. Лопатки изготавливались по шаблонам из дерева, покрывались тонким слоем шпатлевки и тщательно шлифовались. Лопатки собирались в пакет с торцевыми поверхностями, выполненными из оргстекла. Крепление лопаток к поверхностям производилось с помощью штифтов.

По фронту решетки нижняя торцевая поверхность дренировалась. Через дренажные отверстия подводилась подкрашенная жидкость (вода подкрашивалась тушью) с целью визуализации течения в пограничном слое. Дренировались также и лопатки для визуализации течения в пограничном слое на них и визуализации взаимодействия торцевого и лопаточного пограничных слоев. Режим обтекания лопаток задавался углом атаки. Изменение числа Re достигалось изменением скорости потока. Результаты выполненных проливок представлены на рис. 2.

Рис. 2. Результаты выполненных проливок

При анализе приторцевого течения, прежде всего, необходимо учитывать особенности формирования пограничного слоя на торцевой поверхности, к которым относится четко выраженное течение, разделяющееся на две зоны (рис. 3). В зоне 1 пограничный слой, сформированный на входе в решетку, стекает к спинке лопатки. В зоне 2 (зона повышенного давления) пограничный слой формируется посредством веерного истечения из углового пространства от носика лопатки. По мере удаления от торцевой поверхности наблюдается вырождение зон с организацией единого течения. При этом разделение зон течения на торцевой поверхности происходит по предельной линии тока, исходящей от носика соседней лопатки. Наличие зоны 1 с поперечно направленным течением создает целую область приторцевого течения, которую обтекает основной поток. Взаимодействие основного течения с поперечно ориентированным, с одной стороны, приводит к потерям, а с другой – обуславливает формирование течения в зоне 2. Поэтому при выработке подходов к профилированию торцевой поверхности необходимо учитывать кривизну предельной линии тока и протяженность поперечно ориентированного течения в зоне 1. Визуализация приторцевого течения при различных углах атаки и густотах решетки показала, что кривизна предельной линии тока незначительно зависит от этих параметров.

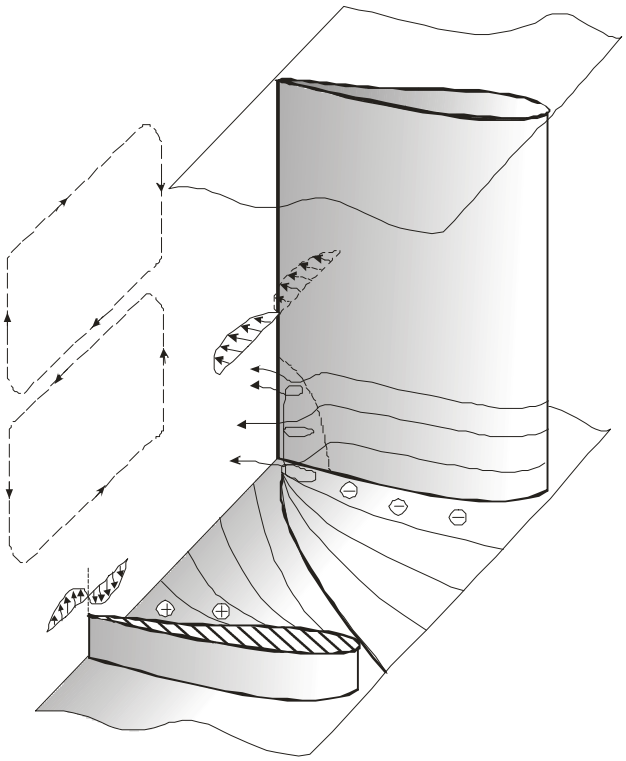


Рис. 3. Пограничный слой на торцевой поверхности

Библиографический список

1. Эпштейн, Л. А. Физика процессов, связанных с засасыванием брызг и частиц в воздухозаборники двигате-

Параметры профилей лопаток

Лопатки	b, мм	θ^0	c_{max}, %	x_c, %	x_f, %	b/t	γ^0
4	50	40^0	10	40	50	1,5	45^0

лей / Л. А. Эпштейн, И. Э. Вольгрод // Труды ЦАГИ. М. : ЦАГИ, 1982.

2. Жуковский, Н. Е. Полное собрание сочинений / Н. Е. Жуковский ; под ред. А. П. Котельникова. М. ; Л. : ЦАГИ, 1937. Т. 7.

3. Седов, Л. И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов. М. : Наука.

4. Богомолов, А. И. Гидравлика : учебник для вузов / А. И. Богомолов, К. А. Михайлов. М. : Стройиздат, 1976.

5. Мартынов, А. К. Методы и задачи практической аэродинамики / А. К. Мартынов, Д. С. Горшенин. М. : Машиностоение, 1977.

6. Емцев, Е. Г. Техническая гидродинамика : учебник / Е. Г. Емцев. М. : Машиностроение, 1978.

7. Башта, Т. М. Расчеты и конструкции самолетных гидравлических устройств / Т. М. Башта. М. : Оборонгиз, 1979.

8. Талиев, В. Н. Аэродинамика вентиляции : учебник / В. Н. Талиев. М. : Стройиздат, 1979.

9. Газогидравлическая аналогия и ее практическое приложение / Р. И. Виноградов, М. И. Жуковский, Н. Р. Якубов. М. : Машиностоение, 1978.

A. S. Matvienko, A. N. Cherkasov, D. A. Isaev

HYDRODIYNAMICAL EXPLORATION OF SIDE FACE CURRENT OF DIRECT LATTICES

Hydrodynamical exploration of side face current of direct lattices is presented. The technique of the experiment carrying out is described and features of side face current are revealed.

Keywords: compressor, hydraulic tray, boundary layer, blade ring.

УДК 629.7.036.7.001.2(082)

В. М. Краев, В. С. Славин, М. В. Краев

УСКОРЕНИЕ ГАЗОВОГО ПОТОКА В КАНАЛЕ ЭЛЕКТРОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ[1]

Рассматривается возможность дальнейшего совершенствования электрореактивных двигателей за счет ускорения газового потока в его канале за счет действия электродинамической силы Лоренца в неоднородном газоплазменном потоке. Приводятся результаты расчета основных параметров двигателя с тягой 1 400 Н.

Ключевые слова: электрореактивный двигатель, газовый поток, ускорение.

Электрические реактивные двигатели (ЭРД) и электрореактивные двигательные установки (ЭРДУ), созданные на их основе, к началу 80-х гг. XX в. вышли из разряда полуфантастических проектов и прочно заняли свое место в практической космонавтике, обеспечивая, в частности, коррекцию орбиты геостационарных связных спутников. Их основное преимущество перед традиционными двигательными установками (ДУ) на химическом топливе заключается в существенно большей энергетической экономичности за счет увеличенной скорости истечения реактивной струи. Несмотря на заметное усложнение таких ДУ, по сравнению с традиционными, и необходимость присутствия на борту космического аппарата (КА) достаточно сложных систем преобразования энергии и управления, достигаемые ЭРД параметры очень существенны. Например, для геостационарного КА среднего класса со сроком активного существования 8...12 лет масса заправленной ЭРДУ для коррекции долготы и наклонения орбиты может составлять 200…300 кг, а ДУ на химическом топливе – до 1 000 кг [1], что составляет более 30 % массы всего КА. Поэтому в мире постоянно расширяется практическое использование ЭРДУ для КА.

Следует отметить, что пионером в области практического использования ЭРДУ на серийных КА была Россия, в частности, с 1982 г. применяются ЭРДУ на базе стационарных плазменных двигателей (СПД) на различных КА. Например, для коррекции наклонения орбиты на КА типа «Галс», «Экспресс», SESAT и другие разработки ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева.

Расширение сферы применения ЭРДУ и повышения их энергетических характеристик требует дальнейшего развития способов ускорения газового потока в канале ЭРДУ, что связано с развитием программ по полетам к планетам солнечной системы.

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта 08-08-00226а).

Во всех ракетных двигателях, преобразующих тепловую энергию химического топлива в кинетическую энергию продуктов сгорания для ускорения газового потока, используется сопло Лаваля, в котором может быть достигнута скорость до 5 км/с, при условии, что практически вся тепловая энергия продуктов сгорания будет трансформирована в кинетическую энергию газового потока. Скорость газового потока при ускорении в сопле Лаваля при наибольшем перепаде давления в потоке определяется простым соотношением

$$W = \sqrt{\frac{2k}{k-1}\frac{R_0}{\mu}T_0},$$

из которого следует, что для увеличения скорости следует выбирать рабочее тело с минимальным молекулярным весом μ. Если взять в качестве рабочего тела водород, то при нагреве его в ядерном реакторе до 2 500 К может быть получена наибольшая скорость истечения водородной струи. Подобный проект предполагается реализовать для пилотируемого полета к Марсу и для этого создан тепловой ядерный ракетный двигатель (проект NERVA [3]), в котором используется высокотемпературный газоохлажаемый ядерный реактор. Фактически в этом проекте будут исчерпаны возможности дальнейшего увеличения скорости в тепловых двигателях с соплами Лаваля.

В настоящее время широко применяется [2; 3] способ ускорения потока рабочего тела в канале ракетного двигателя, включающий предварительный газодинамический разгон потока и использование стационарного электрического разряда, поддерживаемого внешним источником напряжения, который осуществляет ионизацию рабочего тела и его электродинамический разгон. Электродинамическое ускорение потока реализуется с помощью электродинамической силы Лоренца, возникающей при взаимодействии с собственным магнитным полем электрического тока, протекающего через плазму. На основе этого эффекта создаются стационарные сильноточные плазменные ракетные двигатели, которые ускоряют плазму до скорости 100 км/с. В этих устройствах преобразуется электроэнергия внешнего источника в кинематическую энергию газового потока. Однако здесь для достижения нужного значения ускорения потока при относительно низких значениях магнитного поля приходится работать с рабочим телом очень малой плотности, что порождает ограничение на массовый расход рабочего тела. В результате тяга этих двигателей в настоящее время не превышает 0,5 Н и, в перспективе, может возрасти не более чем на порядок, что исключает возможность их применения в качестве основного маршевого двигателя космической транспортной системы. Попытка увеличить расход рабочего тела приводит к снижению температуры плазмы, которая при этом перестает быть полностью ионизованной. В частично ионизованной плазме создаются условия для развития перегревной неустойчивости, возникающей при выполнении двух условий: темп роста выделения тепла при протекании тока через плазму (джоулева диссипация) при росте температуры должен превысить темп роста энергопотерь из плазменного объема; джоулева диссипация в плазме должна превышать ее теплосодержание (энтальпию). Первое условие, как правило, всегда имеет место в частично ионизованной плазме из-за появления новых пар заряженных частиц (электрон-ион), что касается второго, то при скорости плазмы больше 20 км/с сообщенная ей кинетическая энергия более чем в 100 раз превысит ее энтальпию, что с неизбежностью приведет к развитию перегревной неустойчивости.

В работе рассматриваются вопросы повышения устойчивости плазмы к развитию перегревной неустойчивости при многократном увеличении расхода рабочего тела, что позволит пропорционально поднять тягу ЭРД.

Поставленная задача решается тем, что предлагается способ ускорения потока рабочего тела в канале ракетного двигателя, включающий предварительный газодинамический разгон потока и использование электрического разряда, поддерживаемого внешним источником постоянного напряжения, который осуществляет ионизацию рабочего тела и его электродинамический разгон. При этом ионизация и электродинамический разгон осуществляются от независимых внешних источников ЭДС, а ионизацию создают периодическими сильноточными разрядными импульсами от импульсного источника ЭДС, формирующими в потоке рабочего тела сгустки равновесной плазмы с температурой, превышающей 10^4 К, в которых далее в канале с внешним магнитным полем формируют при взаимодействии плазмы с магнитным полем токовые слои (Т-слои), поддерживая их постоянными источниками ЭДС, создавая в Т-слоях ускоряющую электродинамическую силу.

Основная масса рабочего тела (порядка 90 %) будет находиться в неэлектропроводных газовых участках течения, отделяемых друг от друга тонкими самоподдерживающимися плазменными слоями. По плазменным слоям течет ток от внешнего источника напряжения и его взаимодействие с внешним магнитным полем создает в плазме эффект плазменного поршня, толкающего газовый поток. Сильное гидромагнитное взаимодействие плазменного поршня с магнитным полем и газовым потоком приводит к известному магнитогидродинамическому эффекту – формированию устойчивой плазменной структуры, называемой Т-слоем [4]. Т-слой является стабильной фазой развития перегревной неустойчивости и представляет собой сильноточный дуговой разряд, в котором джоулева диссипация уравновешена радиационными потерями энергии. Кроме этого, на Т-слое устанавливается равновесие сил Лоренца и перепада газодинамического давления. При температуре, характерной для плазмы в Т-слое $\sim 2 \cdot 10^4$ К, температурная зависимость джоулевой диссипации имеет вид $\sim T^{3/2}$, в то время как радиационные потери зависят от температуры как $\sim T^4$, т. е. плазма Т-слоя абсолютно устойчива к перегревной неустойчивости. Для создания на основе эффекта Т-слоя слоистой структуры в потоке рабочего тела необходимо, чтобы устройство, генерирующее плазму в потоке работало не в непрерывном режиме, а пульсирующем импульсном, где каждый импульс формирует в газовом потоке плазменный сгусток. Подбирая значение внешнего электрического поля, создаваемого постоянными источниками ЭДС в канале с поперечным к потоку магнитным

полем, добиваемся появления в объеме плазменных сгустков перегревной неустойчивости, развитие которой приводит к формированию Т-слоев.

Формирование Т-слоев является саморегулирующим процессом, в котором параметры равновесной плазмы соответствуют условию устойчивого разряда в полностью ионизованной плазме независимо от плотности потока рабочего тела, следовательно, поток может иметь большой массовый расход, а электрический ракетный двигатель с Т-слоями будет обладать высоким уровнем тяги. Так, например, при массовом расходе 5 г/с и скорости на выходе из двигателя 20 км/с, теоретическое значение тяги составит приблизительно 1 000 Н. Этот уровень соответствует параметрам маршевого двигателя космической транспортной установки с полезной нагрузкой до 100 тонн.

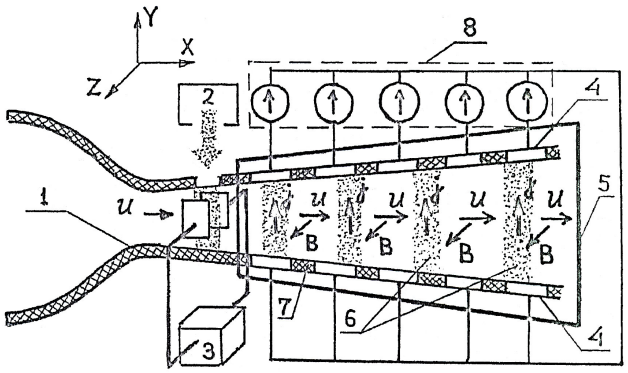
ЭРД со слоистым газопламенным потоком, несущим Т-слои, будет использовать линейный электродный канал прямоугольного сечения с поперечным к потоку внешним магнитным полем. Движущиеся по ее электродам дуговые пятна обеспечивают кратковременный электрический контакт сильноточного разряда (Т-слоя) с поверхностью электродов ($<10^{-5}$ с), в результате чего удастся избежать значительной дуговой эрозии материалов электродов и обеспечить необходимый ресурс их работы.

Потребление электроэнергии при этих параметрах двигателя составит 10 МВт, что потребует наличия мощного бортового источника электроэнергии. Таким источником может быть энергоустановка замкнутого цикла с МГД-генератором [4]. Первичным источником энергии энергоустановки может быть либо ядерный реактор (типа NERVA), либо солнечный коллектор, концентрирующий и направляющий излучение Солнца в аккумулятор тепла. Расчеты, выполненные в варианте ядерного реактора, показали, что на основе МГД-генератора замкнутого цикла может быть создана космическая энергетическая установка с показателем удельной мощности ~ 2 000 Вт/кг. Соединив энергетическую и двигательную установки в единый бортовой комплекс, можно создать эффективную космическую транспортную систему, которая, к примеру, для пилотируемого полета к Марсу потребует запаса рабочего тела в 100 тонн, а не 600 тонн, как предусматривается по проекту с тепловыми ядерными ракетными двигателями к Марсу, может быть сокращена с 1,5 лет до 1,5 месяцев.

На рисунке показано устройство, обеспечивающее ускорения газового потока [5].

Устройство содержит сверхзвуковое сопло *1*; систему *2* импульсной предионизации (в качестве варианта реализации способа может быть предложено устройство импульсной инжекции электронного пучка) для создания первоначального электропроводного канала; систему *3* для периодического импульсного сильноточного разряда; электроды *4* канала МГД-ускорителя, подключенные к постоянным источникам напряжения; обмотку *5* сверхпроводящего электромагнита; электропроводные слои плазмы (Т-слои) *6*; канал *7* МГД-ускорителя; система *8* – электропитание МГД-ускорителя.

Ускорение газового потока осуществляется следующим образом. Нагретый инертный газ (например, ксенон), температура и давление которого задается температурным режимом источника тепла (в варианте ядерного реактора $T = 2\,500$ К, $P = 20$ атм) разгоняют в сверхзвуковом сопле *1*. Перед входом в канал МГД-ускорителя периодически с заданной частотой с помощью системы *2* инжектируются пучком электронов высокой энергии, в результате чего в газовом потоке возникают неравновесные электропроводные плазменные слои. Дальнейший нагрев плазмы в режиме сильноточного равновесного дугового разряда осуществляется импульсной разрядной системой *3*, которая запускается самостоятельно при замыкании электродов разрядника первоначальным неравновесным плазменным сгустком. При этом энергия, вводимая в плазму, подбирается так, чтобы температура плазмы в сгустке превысила 10^4 К. Далее газовый поток вносит электропроводные Т-слои 6 в канал МГД-ускорителя, где плазменные сгустки замыкают электроды *4*, подключенные к внешней системе электропитания *8*. Ток в плазме взаимодействует с магнитным полем, созданным сверхпроводящим магнитом *5*, и при этом из плазменных сгустков формируются токовые слои (Т-слои), в которых возникает электродинамическая сила, вызывающая ускорение потока.



Устройство ускорения газового потока: *1* – сопло Лаваля; *2* – система импульсной ионизации; *3* – система импульсного сильнопоточного разряда; *4* – электроды; *5* – обмотка сверхпроводящего магнита; *6* – слои плазмы (Т-слои); *7* – канал МГД-ускорителя; *8* – система электропитания МГД-ускорителя

Численное моделирование процесса ускорения слоистого газопламенного течения рабочего тела (ксенона), реализующего описанный способ, показало, что может быть достигнут режим со следующими параметрами эффективности [6] для двигателя тягой 1 400 Н: средняя скорость потока на выходе из двигателя 20 км/с; длина канала МГД-ускорителя 1 м; массовый расход рабочего тела 70 г/с; оптимальное магнитное поле 10 Т; максимальная напряженность электрического поля 2 кВ/см; потребляемая электрическая мощность 14 МВт; КПД процесса трансформации электроэнергии в кинетическую энергию рабочего тела составит 95 %.

Библиографический список

1. Ермошкин, Ю. М. Основы теории и расчета электрореактивных двигателей : учеб. пособие / Ю. М. Ермошкин ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2004.

2. Белан, Н. В. Стационарные плазменные двигатели : учеб. пособие для студентов вузов / Н. В. Белан, В. П. Ким, А. И. Оранский, В. Б. Тихонов ; Харьков. авиац. ин-т. Харьков, 1989.

3. Гришин, С. Д. Электрические ракетные двигатели космических аппаратов / С. Д. Гришин, Л. В. Лесков, Н. П. Козлов. М. : Машиностроение, 1975.

4. Пат. РФ № 2110131. МГД-способ преобразования тепловой энергии в электрическую замкнутого цикла / В. В. Данилов, В. С. Славин. Б. И. 1998. № 2.

5. Пат. РФ № 2162958. Способ ускорения потока рабочего тела в канале ракетного двигателя / В. С. Славин, В. В. Данилов, М. В. Краев. Б. И. 2001. № 4.

6. Славин, В. С. Космическая транспортная система на основе МГД-генератора замкнутого цикла и ускорителя газоплазменного потока / В. С. Славин, В. В. Данилов, М. В. Краев // Перспективы МГД и плазменных технологий в аэрокосмических приложениях : сб. трудов. М. : И ВТ РАН, 1999. С. 32–36.

V. M. Kraev, V. S. Slavin, M. V. Kraev

ACCELERATION OF THE GAS STREAM IN THE CHANNEL OF THE ELECTROJET ENGINE

The opportunity of the further perfection of electrojet engines is examined due to gas stream acceleration in its channel due to electrodynamic force of Lorentz in non-uniform gas-plasma stream. The calculation results of the engine key parameters with draft 1 400 H are given.

Keywords: the electro jet engine, a gas stream, acceleration.

УДК 629.7.192:656.735.3

Н. А. Махутов, В. В. Москвичев, А. С. Серегин, М. Н. Степнов

ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ЛОПАСТЕЙ ВОЗДУШНЫХ ВИНТОВ САМОЛЕТОВ

Рассмотрены основные типы предельных состояний для лопастей воздушных винтов самолетов. Выполнены расчетно-экспериментальные оценки остаточной прочности и ресурса лопастей при статическом и циклическом нагружениях. Установлены критические и допускаемые размеры трещин, получены расчетные кривые усталости, позволившие сделать выводы об изменении коэффициентов запаса по долговечности при наличии исходных дефектов.

Ключевые слова: воздушные винты, усталостная прочность, конструкции самолетов.

Лопасти воздушных винтов относятся к наиболее нагруженным элементам конструкций самолетов. Основные причины, приводящие к отказу лопастей, связаны с нестационарным циклическим нагружением от совместного действия центробежной силы и изгибающего момента в процессе эксплуатации, что в сочетании с естественной статистической природой характеристик усталостной прочности приводит к разрушению лопастей при числах циклов $N = 10^5 \ldots 10^6$ [1]. В этих условиях заданный срок службы лопасти определяется по результатам натурных испытаний лопастей на основе статистических методов расчета. Однако в силу значительного разброса характеристик усталостной прочности наблюдаются случаи отказа лопастей до полной выработки установленного ресурса [2], тогда как большее количество лопастей снимается с эксплуатации, не исчерпав своей несущей способности.

В процессе циклического нагружения происходит формирование магистральной усталостной трещины от технологических и эксплуатационных дефектов, конфигурация которой определяется схемой приложения действующих нагрузок и геометрией лопасти в месте расположения дефектов. Наиболее вероятным дефектом являются поверхностные полуэллиптические трещины в области прикомлевых сечений, возникающие под действием центробежной силы и изгибающего момента. Нельзя также исключать возможности развития боковых трещин от передней и задней кромок, а также кольцевых трещин в местах крепления лопасти от центробежных усилий. При наличии усталостных трещин наиболее опасными становятся динамические перегрузки, возникающие в результате скоростных маневров самолета и турбулентных порывов ветра. В большинстве случаев именно с ними связано окончательное разрушение лопасти при длинах трещин меньше рассчитанных по результатам циклических испытаний.

Достижение предельного состояния в лопасти может осуществляться за счет:

– образования и развития трещин многоцикловой усталости от вибрационных нагрузок с большим числом циклов нагружения ($N = 10^6$);

– образования и развития трещин малоцикловой усталости от повторных нагрузок при взлетах и посадках;

– образование разрушения типа хрупкого или квазихрупкого на определенной стадии развития усталостных трещин в результате динамических перегрузок.

Исходя из этого, на основе экспериментальных и расчетных методов механики разрушения, была разработана программа исследования предельных состояний, возникающих в лопастях воздушных винтов самолетов. Программа включала в себя следующее:

– анализ эксплуатационной нагруженности лопасти;

– проведение испытаний образцов, вырезанных из различных участков лопастей с целью определения характеристик трещиностойкости при статическом, циклическом и ударном нагружениях алюминиевого сплава Д1, из которого изготовляется лопасть;

– обоснование расчетных схем и методов расчета несущей способности тел с трещинами, применительно к лопасти воздушного винта;

– определение критических и допускаемых размеров трещин и чисел циклов нагружения по результатам испытаний образцов и их сопоставление с данными натурных испытаний лопастей.

Схема разрезки лопастей предполагала изготовление различных типов образцов с трещинами, которые наиболее полно отражали схему нагружения данного участка лопасти в соответствии с действующими усилиями. Так из комлевой части лопасти, нагруженной осевыми инерционными усилиями, изготавливали цилиндрические образцы с кольцевой трещиной для испытания на осевое растяжение. Были предусмотрены испытания на осевое растяжение и изгиб образцов с боковыми и полуэллиптическими трещинами при статическом и циклическом нагружениях для оценки влияния растягивающих напряжений от инерционных усилий и изгибающих моментов. Совместное влияние этих нагрузок на распространение усталостных трещин исследовалось на образцах внецентренного растяжения.

Особое внимание было уделено оценке предельного состояния комлевой части лопасти, в связи с имевшимися случаями отрыва лопастей во время набора высоты [2]. Комлевая часть имеет осесимметричную форму, по поверхности которой для крепления лопасти наносится круглая резьба, при этом по дну канавок возможно возникновение и развитие кольцевой трещины в процессе эксплуатации.

При проведении расчетов были приняты средние значения механических характеристик сплава Д1 – $\sigma_{0,2}$ = 300 МПа и σ_B = 500 МПа. Эксплуатационное максимальное растягивающие напряжение от действующих усилий в расчетном сечении составляет $\sigma_э$ = 80 МПа. С учетом коэффициента безопасности F = 1,5 и коэффициента максимальной перегрузки $n_{\max}$ = 3,0 расчетное напряжение составит $\sigma_p = F \cdot n_{\max} \cdot \sigma_э$ = 360 МПа. Тогда коэффициент запаса прочности по пределу прочности будет $n = \sigma_B / \sigma_P$ = 1,4. Примем значение n = 1,5.

Оценка остаточной прочности лопасти в случае возникновения кольцевых трещин может быть выполнена на основе концепции предела трещиностойкости [3] с использованием результатов экспериментальных исследований характеристик трещиностойкости сплава Д1, полученных на цилиндрических образцах с кольцевой трещиной в широком диапазоне длин трещин l и диаметров образцов D [4; 5]. Результаты таких исследований представлены на рис. 1 в виде зависимостей критических значений коэффициентов интенсивности напряжений K_c^*, определенных по максимальной нагрузке на диаграмме «нагрузка–смещение берегов трещины» от длины трещины l для значений D = 90; 70; 35; 17 мм.

Расчет предельного состояния согласно концепции предела трещиностойкости ведется по критерию [3]

$$K_c^* = I_c, \qquad (1)$$

где I_c – предел трещиностойкости, представляющий собой непрерывную совокупность значений предельных коэффициентов интенсивности напряжений K_c^* для всего диапазона длин трещин (включая $l = 0$), и записанного в виде функции от обратного коэффициента запаса прочности по пределу прочности:

$$1/n = \sigma_C^б / \sigma_B, \qquad (2)$$

где $\sigma_C^б$ – разрушающее напряжение в брутто-сечении.

Тогда зависимость $K_C^* - \sigma_C^б / \sigma_B$, согласно определения, есть предел трещиностойкости и она может быть записана в виде $I_c - 1/n$. Расчет значений K_c^* проводили по формуле [6]:

$$K_c^* = \sigma_c^б \frac{\sqrt{2\pi D}}{4} \sqrt{\frac{1 - d/D}{(d/D)^3}} \cdot F(d/D), \qquad (3)$$

где d – диаметр нетто-сечения; $F(d/D)$ – поправочная функция, учитывающая геометрию образца.

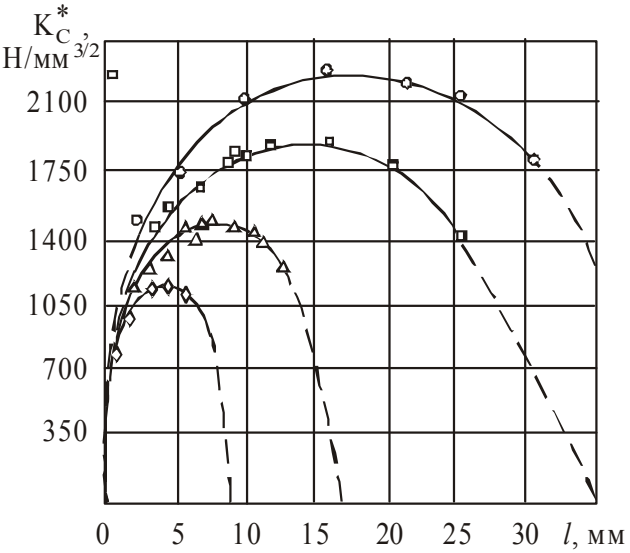


Рис. 1. Зависимость предельных значений коэффициентов интенсивности напряжений от длины трещины для цилиндрических образцов из сплава Д1:
○ – D = 90 мм; □ – 70 мм; Δ – 35 мм; ◊ – 17 мм

Формулу (3) с учетом соотношений (1) и (2) можно записать через величину σ_B и n

$$I_C = K_C^* = \sigma_B \frac{\sqrt{2\pi D}}{4n} \sqrt{\frac{1 - d/D}{(d/D)^3}} F(d/D). \qquad (4)$$

Из выражения (4) следует, что коэффициент интенсивности напряжений зависит от коэффициента запаса прочности n и имеет вид

$$K_c^* = K_c^*(n) = I_c(n). \qquad (5)$$

Варьируя величину n можно получить серию кривых $K_c^* - l$ ($l = D(1-d/D)/2$) для заданных значений диаметра D (рис. 2).

Для определения допускаемой длины трещины в выражениях (1) и (5) (рис. 2, *а*) необходимо ввести коэффициент запаса прочности по пределу трещиностойкости m, показывающий, во сколько раз необходимо увеличить значения K_c^* за счет увеличения длины трещины при неизменных нагрузках и запасах прочности n, чтобы они достигли предельных величин, т. е.

$$I_C(n)/m = I_C(n)/m = K_C^*(n). \qquad (6)$$

По этому выражению определяются значения $K_c^*(n)$ для разных запасов *m*, используя экспериментальные данные, представленные на рис. 1. Соответствующие результаты расчета по формулам (4) и (6) для коэффициентов *m* = 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 приведены на рис. 2, *б*. Критическая длина трещины l_c при конкретном значении коэффициента n определяется графически (рис. 2) при m = 1. В нашем случае n = 1,5, и тогда критическая длина трещины по результатам эксперимента при m = 1 составит l_c = 6,15 мм. Коэффициент запаса по длине трещины рекомендуется принимать m = 2,0…4,0. Зная, что m = 2,5, получим допускаемую длину трещины $[l]$ = 2,6 мм.

Значения предела трещиностойкости могут быть определены расчетным путем. Если предположить, что независимо от исходной длины трещины разрушающее напряжение по нетто-сечению $\sigma_C^{\text{н}} = \sigma_B$ (согласно I теории прочности) и имея в виду, что $\sigma_c^{\text{н}} = \sigma_c^{\text{б}}(d/D)^2$, получим связь между относительной длиной трещины и коэффициентом запаса *n*:

$$\frac{d}{D} = \sqrt{\frac{1}{n}}. \qquad (7)$$

Справедливость данного предположения подтверждается экспериментальными результатами испытаний гладких образцов и образцов с трещинами при различных значениях d/D (рис. 3). Подставляя формулу (7) в (4) получаем зависимость

$$I_C = \sigma_B \frac{\sqrt{2\pi D}}{4n} \sqrt{\frac{1-\sqrt{1/n}}{\left(\sqrt{1/n}\right)^3}} \cdot F\left(\sqrt{1/n}\right). \qquad (8)$$

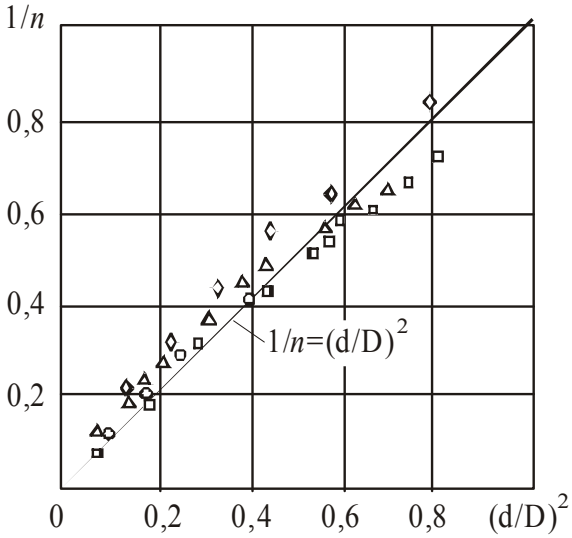


Рис. 3. Зависимость обратного коэффициента запаса прочности $1/n = \sigma_C^{\text{б}}/\sigma_B$ от относительной длины трещины: ○ – D = 90 мм; □ – 70 мм; Δ – 35 мм; ◊ – 17 мм

При варьировании n могут быть построены расчетные кривые $I_C/m - 1/n$ (рис. 2, *б*). При m = 1 расчетная кривая с достаточной степенью точности соответствует экспериментальным точкам, полученным при испытаниях образцов с D = 70 мм. Критическая длина трещины при определении по расчетной зависимости I_c равна l_c = 6,54 мм.

Значения K_c^* зависят от набольшего диаметра образцов (рис. 1), и это определяет существование аналогичной зависимости для значений I_c (рис. 4). Учет этого факта возможен путем введения относительного предела трещиностойкости в форме (рис. 4, *а*):

$$\frac{I_C}{\sigma_B\sqrt{D}} = \frac{\sqrt{2\pi}}{4n} \sqrt{\frac{1-\sqrt{1/n}}{\left(\sqrt{1/n}\right)^3}} \cdot F\left(\sqrt{1/n}\right). \qquad (9)$$

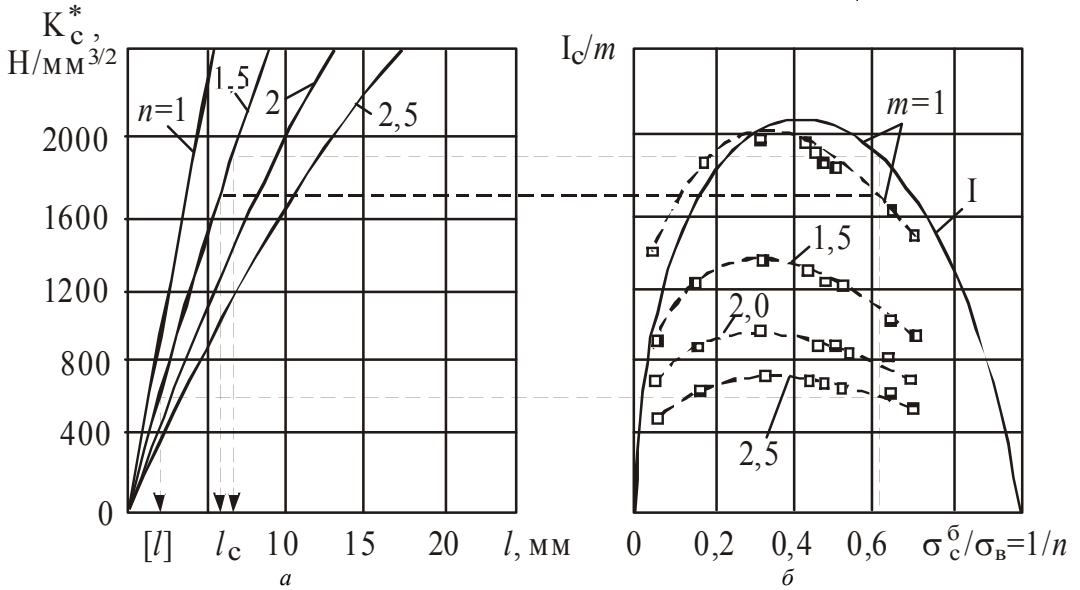


Рис. 2. Зависимость расчетных значений K_c^* (уравнение 4) при различных коэффициентах n от длины трещины l (*а*) и предела трещиностойкости I_c (*б*) при различных коэффициентах m для серии образцов D = 70 мм: □ – экспериментальные точки; I – расчет по уравнению (8) при m = 1

Расчетная кривая по уравнению (9) удовлетворительно описывает (рис. 4, *б*) результаты испытаний образцов с $D =$ 90; 70 мм и дает заниженные значения по сравнению с результатами испытаний образцов с диаметром $D =$ 35; 17 мм. Несоответствие этих результатов можно объяснить тем, что образцы малого диаметра разрушаются при развитых пластических деформациях, при этом $\sigma_C^{\text{н}} > \sigma_B$, т. е. нарушается принятое при выводе формулы (9) условие $\sigma_C^{\text{н}} = \sigma_B$.

Из рис. 4, б следует, что критические длины трещин могут определяться с удовлетворительной точностью по уравнению (8), начиная с диаметра $D =$ 70 мм и выше, т. е. отсюда следует вывод, что размеры критических l_C и допускаемых $[l]$ длин трещин, определенные на образцах с $D =$ 70 мм (см. рис. 2), будут соответствовать критическим и допускаемым длинам трещин, возникающих в натурном сечении концевой части лопасти.

Для оценки предельных состояний лопасти на стадии развития дефекта при циклическом нагружении в качестве исходной информации необходимо иметь диаграммы циклического разрушения, устанавливающие связь между скоростью роста трещины и величиной коэффициента инстенсивности напряжений. Такие диаграммы были получены по результатам усталостных испытаний образцов, имеющих боковые и полуэллиптические трещины и вырезанных из различных участков лопасти, на трехточечный изгиб, осевое и внецентренное растяжение. Диаграммы циклического разрушения, представленные для отдельных испытаний на рис. 5, удовлетворительно описываются степенным уравнением Пэриса

$$\frac{dl}{dN} = C\left(\Delta K\right)^n, \qquad (10)$$

где C, n – постоянные материала и условий испытания; ΔK – размах коэффициента интенсивности напряжений.

Возможность разрушения лопасти на определенной стадии развития усталостной трещины при наличии динамических перегрузок требует определения характеристик трещиностойкости материала при динамическом нагружении. Были проведены испытания образцов с боковой трещиной двух типоразмеров по ГОСТ 9454–78 на трехточечный изгиб в широком диапазоне скоростей нагружения, характеризующихся скоростью изменения коэффициента интенсивности напряжений $\dot{K}_I = 10^{-1}\ldots10^5$ Н·мм$^{-3/2}$/мин. Кроме того, были проведены ударные испытания ($\dot{K}_I \cong 10^5$ Н·мм$^{-3/2}$/мин) при пониженных температурах (до –180 °С). Как и следовало ожидать, учитывая малую чувствительность алюминиевых сплавов к скорости деформирования, полученные значения K_c^{∂} динамического коэффициента интенсивности напряжений практически не зависят от скорости нагружения. Совместное действие динамического нагружения и пониженных температур, как одних из основных охрупчивающих факторов, также мало сказывается на сопротивлении сплава Д1 развитию трещин. В процессе эксплуатации для лопасти следует ожидать изменение величины $\dot{K}_I$ от 10^3 до 10^5 Н·мм$^{-3/2}$/мин. Тогда, полученные в этом диапазоне значения K_c^{∂}, средняя величина которых составила $K_c^{\partial} = 500$ Н/мм$^{3/2}$, могут быть использованы в качестве ориентировочных расчетных характеристик для консервативной оценки остаточной прочности лопасти при наличии дефектов в условиях возможных ударных перегрузок.

Результаты циклических и динамических испытаний образцов были использованы при рассмотрении кинетики роста полуэллиптической трещины, являющейся наиболее вероятным дефектом для лопасти. Исходные размеры трещины назначались с учетом возможностей дефектоскопического контроля, позволяющего выявлять поверхностные дефекты длиной 1,5…6,0 мм, в зависимости от типа искательных головок дефектоскопа [7]. Начальная глубина трещины была принята $l_0 =$ 1,0 и 3,0 мм при соотношении полуосей $l_0/2a =$ 0,2. Расчет числа циклов N, на основе выражения (10), при увеличении начального дефекта с размером l_0 производился по формуле

$$N = \frac{2}{\left(n-2\right)CM^{n/2}\Delta\sigma^n}\left(\frac{1}{l_0^{(n-2)/2}} - \frac{1}{l_f^{(n-2)/2}}\right), \qquad (11)$$

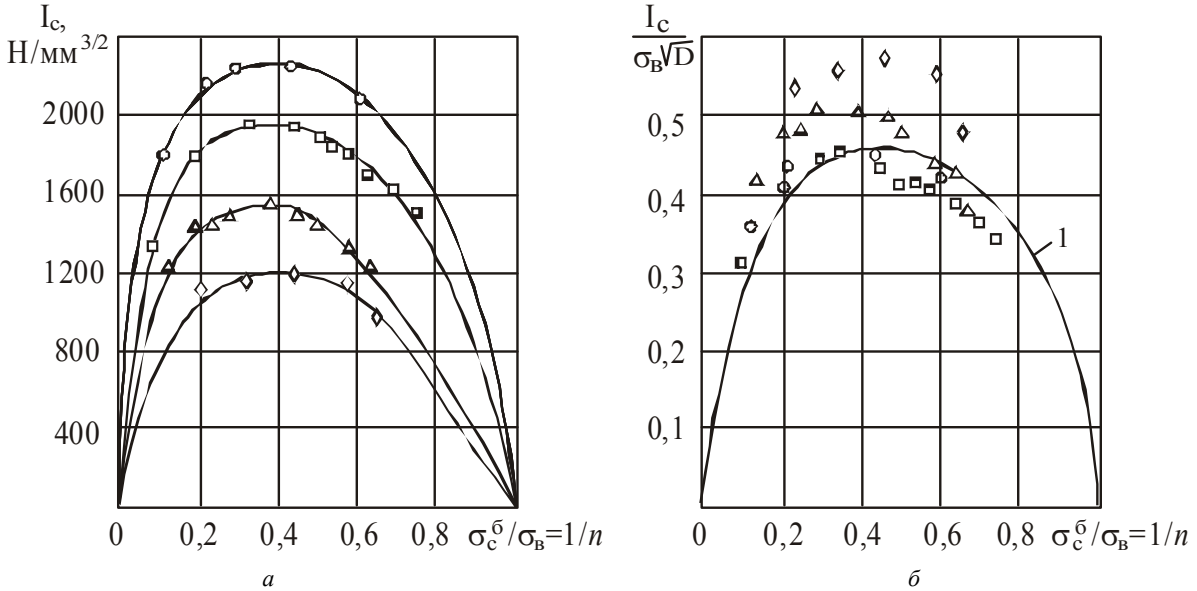


Рис. 4. Зависимость предела трещиностойкости I_c для образцов различных диаметров (*а*) и относительного предела трещиностойкости $I_C\Big/\left(\sigma_B\sqrt{D}\right)$ (*б*): ○ – D = 90 мм; □ – 70 мм; Δ – 35 мм; ◊ – 17 мм

где l_f – текущая длина усталостной трещины; M – параметр формы трещины в выражении, определяющем коэффициент интенсивности напряжений [8].

$$\Delta K = \Delta\sigma\sqrt{M \cdot l}\ . \qquad (12)$$

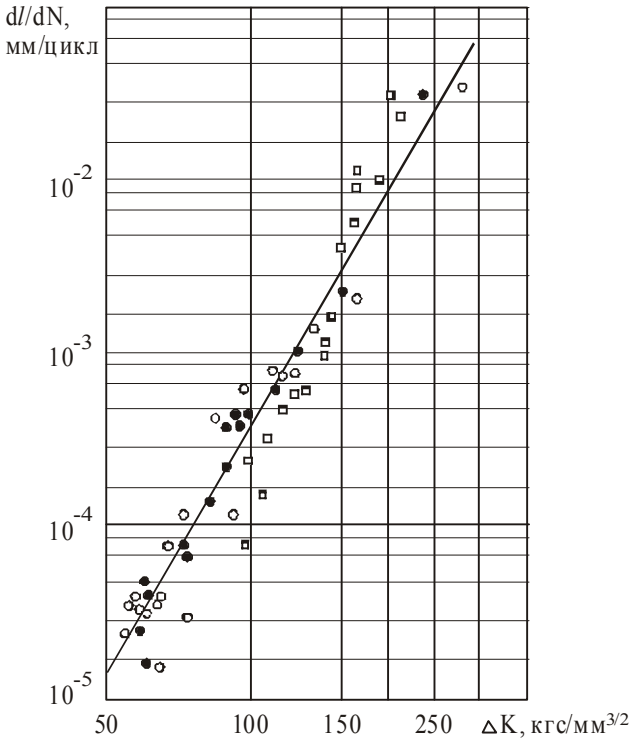


Рис. 5. Диаграммы циклического разрушения образцов, вырезанных из наиболее нагруженных участков лопасти: ○ ● – трехточечный изгиб образцов с боковой трещиной; □ – внецентренное растяжение. ○ – горбушка; ● – рабочая поверхность лопасти

На рис. 6, *а* для разных величин размаха напряжений $\Delta\sigma =$ 60; 80; 120 МПа при $M = 2{,}9$ показаны, рассчитанные по уравнению (11), кривые роста трещины l_f в зависимости от числа циклов N. При расчете использованы значения коэффициентов $C = 3{,}1 10^{-14}$ и $n = 5{,}0$, полученные при обработке результатов циклических испытаний образцов (см. рис. 5). Если из (11) выразить длину трещины l_f и подставить в (12), как это сделано в работе [9], то получим связь между коэффициентом интенсивности напряжений K_I и числом циклов нагружения (рис. 6):

$$K_I = \frac{\Delta\sigma M^{1/2}}{\left[\dfrac{1}{l^{(n-2)/2}} - \dfrac{(n-2)}{2} N \cdot C \cdot M^{n/2} \cdot \Delta\sigma^n\right]^{1/(n-2)}}\ . \qquad (13)$$

С использованием этого выражения для исходной длины трещины $l_0 = 3{,}0$ мм рассчитаны зависимости $K_I - N$ (рис. 6, *б*) для тех же самых значений $\Delta\sigma$. Данные зависимости отражают изменение коэффициента интенсивности напряжений за счет увеличения размера дефекта с ростом числа циклов нагружения. Учитывая возможность динамических перегрузок лопасти уровень значений K_I (рис. 6, *б*) должен быть ограничен минимальной величиной $K_c^{\partial} = 500$ Н/мм$^{3/2}$. Исходя из этого можно определить для различных амплитуд циклических напряжений критические размеры трещин и числа циклов нагружения, при которых возможно разрушение лопасти при динамических перегрузках. Рассматривая связь между напряжениями и критическими числами циклов можно построить кривую усталости (рис. 7), соответствующую предельному состоянию разрушения лопасти, имеющей исходный дефект $l_0 = 3$ мм (кривая 1). Разрушение лопасти только под действием циклического нагружения без учета динамических перегрузок описывается кривой усталости 2, а для лопасти, имеющей исходный дефект $l_0 = 1$ мм – кривой 3. Здесь же представлена кривая усталости лопастей воздушных винтов без исходной дефектности (кривая 4), построенная по стадии окончательного разрушения в результате проведения натурных стендовых испытаний [1].

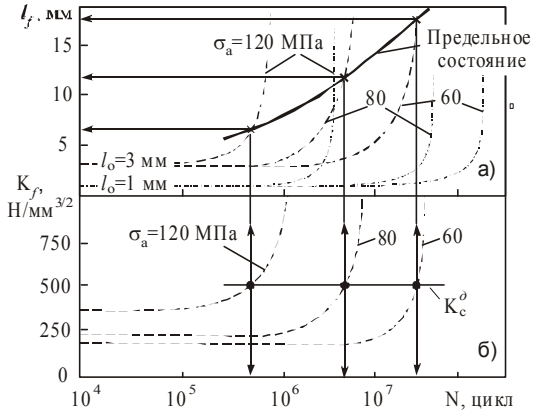


Рис. 6. Зависимости длины усталостной трещины (*а*) и коэффициента интенсивности напряжений (*б*) от числа циклов нагружения для заданных значений $\Delta\sigma_a$

Анализ кривых усталости позволяет сделать определенные выводы. При наличии в лопасти повышенной исходной макродефектности (поверхностная трещина глубиной до 3 мм) по данным расчетно-экспериментальной оценки наблюдается снижение долговечности в 6…8 раз. Снижение исходной дефектности от $l_0 = 3$ мм до $l_0 = 1$ мм при том же уровне циклических напряжений приводит к увеличению долговечности в 3…6 раз. При допущенном уровне повреждения лопасти трещинами ($l_0 = 3$ мм) снижение запаса по отношению к стадии разрушения лопасти, не содержащей исходной дефектности (рис. 7), по напряжениям составляет 1,5…1,7 раза, а по числу циклов нагружения с учетом динамических перегрузок снижение запаса увеличилось до 10 раз.

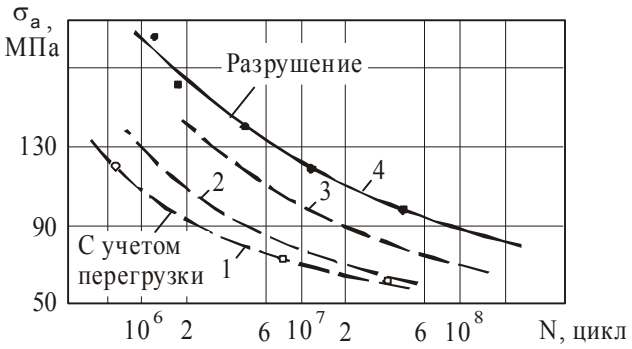


Рис. 7. Кривые усталости лопастей: 1, 2, 3 – расчет; 4 – эксперимент; 2 – $l_0 = 3{,}0$ мм; 3 – $l_0 = 1{,}0$ мм

Таким образом, расчетно-экспериментальный анализ результатов статических, циклических и динамических испытаний позволил рассмотреть вопрос о допускаемых размерах дефектов в лопасти и критических числах циклов нагружения. Обращает на себя внимание резкое увеличение коэффициентов интенсивности напряжений и повышение скоростей развития усталостных трещин на определенной стадии циклического нагружения, что указывает на необходимость более тщательного дефектоскопического контроля трещин в лопастях не по количеству часов налета, а по числу взлетов и посадок. Назначение сроков периодического контроля, обеспечивающих безопасность полетов при эксплуатации лопастей по состоянию, требует дополнительных статистических данных об эксплуатационной нагруженности, законах развития усталостных трещин и характеристиках трещиностойкости материала.

Библиографический список

1. Степнов, М. Н. Сопротивление лопастей воздушных винтов самолетов Проблемы прочности / М. Н. Степнов, А. С. Серегин, О. В. Леонова, Ю. Л. Сухоросов, Е. Н. Куликов, Э. В. Дунаев. 1977. № 5.

2. Савкина, И. А. Прочность и долговечность авиационных конструкций. Обзор по материалам иностранной печати / И. А. Савкина, В. В. Кирин. М. : ЦНТИ ГА, 1976.

3. Партон, В. З. Механика упругопластического разрушения / В. З. Партон, Е. М. Морозов. М. : Наука, 1974.

4. Махутов, Н. А. Характеристики механики разрушения в связи с размерами трещин / Н. А. Махутов, В. В. Москвичев // Машиноведение. 1983. № 6. С. 67–71.

5. Трещиностойкость и механические свойства конструкционных материалов технических систем / В. В. Москвичев, Н. А. Махутов, А. П. Черняев и др. Новосибирск : Наука, 2002.

6. Андрейкив, А. Е. К теории предельного равновесия цилиндрического образца с внешними кольцевыми трещинами / А. Е. Андрейкив, В. В. Панасюк, Н. Н. Панько // ФХММ. 1974. № 3. С. 29–39.

7. Дефектоскопия деталей при эксплуатации авиационной техники / под ред. П. И. Беды. М. : Воениздат, 1978.

8. Браун, У. Испытания высокопрочных металлических материалов на вязкость разрушения при плоской деформации / У. Браун, Дж. Сроули ; пер. с англ. под ред. Б. А. Дроздовского. М. : Мир, 1972.

9. Васильченко, Г. С. Расчет на прочность массивных конструкций, содержащих дефекты / Г. С. Васильченко, Е. М. Морозов // Вестник машиностроения. 1977. № 3. С. 72–77.

N. A. Makhutov, V. V. Moskvichev, A. S. Seregin, M. N. Stepanov

ESTIMATION OF PLANE'S BLADE MARGINAL STATES

The main types of plane's blade marginal states are considered. Experimental calculated estimation of the retained strength and blade life time at static and cyclic loading are calculated. The ultimate and permissible dimension of cracks are determined. The calculated exhaust curves are received. It let make a conclusion about safety life time factor with the initial malfunction availability.

Keywords: exhaust safety, blades, constructions, planes.

УДК 531:519.6

Р. Н. Хамитов

УГЛОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ АМОРТИЗИРУЕМОГО ОБЪЕКТА С ПАССИВНОЙ СИСТЕМОЙ ДЕМПФИРОВАНИЯ

Исследуются угловые движения амортизируемого объекта с упругим подвесом и пассивным демпфированием. Рассмотрены приближенные решения для нестационарного сейсмовоздействия и приводятся результаты численного моделирования переходных процессов с помощью прикладной программы Matlab.

Ключевые слова: угловые движения, пассивная система демпфирования.

Особое место при анализе динамики амортизируемых объектов (АО) занимают угловые движения. Крупногабаритный объект можно рассматривать в первом приближении как абсолютно твердое тело на упругом подвесе, а возмущение, действующее на объект со стороны основания, как кинематическое возмущение. В этом случае, как это следует из справочника [1], для простейшего одномерного случая прямолинейного движения и при кинематическом гармоническом возмущении со стороны основания цель защиты объекта может заключаться в уменьшении амплитуды абсолютного ускорения (перегрузки) объекта. Степень реализации цели характеризуется безразмерным коэффициентом эффективности K:

$$K = a / (w^2 x_o),$$

где a – ускорение объекта; w – частота возмущения; x_o – амплитуда возмущения.

С учетом безразмерных параметров $z = w/w_o$ и $n = n/w_o$, где w_o – собственная частота колебаний объекта; n – коэффициент демпфирования в подвеске объекта. Коэффициент K имеет вид

$$K = \sqrt{\frac{1+4\upsilon^2 z^2}{(1-z^2)^2+4\upsilon^2 z^2}}.$$

Величина $K \le 1$ обеспечивается в частотном диапазоне $z \ge \sqrt{2}$. При этом эффективность виброизоляции выше, если подвес обладает малым демпфированием и, естественно, для этого случая идеальным будет подвес с $n = 0$. Отметим, что все вышесказанное относится, при сделанных предположениях, и к угловым колебаниям. Однако при негармонических воздействиях (типа ударная волна и т. д.) приходится разрешать очевидные противоречия:

– слабое демпфирование обеспечивает хорошую виброизоляцию при длительных гармонических воздействиях (т. е. при рассмотрении только установившихся колебаний объекта), но при единичных воздействиях в такой системе могут возникать колебания со значительной амплитудой на собственной частоте w_o;

– увеличение коэффициента демпфирования наряду с уменьшением амплитуды собственных колебаний повышает величину усилия, передающегося из-за движения основания на объект через упругий подвес с демпфированием.

Вследствие вышеизложенного, решение проблемы амортизации объекта с кинематическим возбуждением представляет всегда компромиссную задачу. Эта задача, для пассивных упруго-демпфирующих элементов подвеса, решается подбором оптимальных значений коэффициентов упругости и демпфирования и может быть успешно решена для любого вида кинематического воздействия введением управляемой виброзащиты (активных виброзащитных систем) [2].

При исследовании угловых движений объекта в первом приближении можно рассматривать только плоское движение, так как взаимовлияние колебаний достаточно мало. Расчетная схема для анализа движения объекта в случае пассивных упруго-демпфирующих элементов представлена на рис. 1.

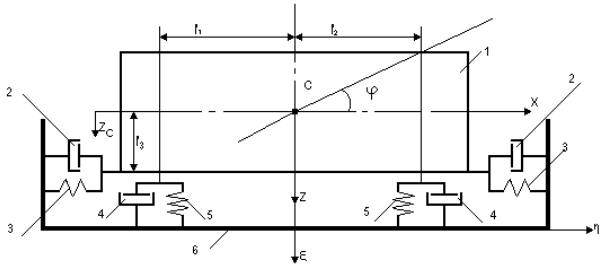


Рис. 1. Расчетная схема подвеса объекта: *1* – амортизируемый объект; *2* – горизонтальный демпфер; *3* – горизонтальный упругий элемент; *4* – демпфер; *5* – упругий элемент; *6* – основание

При составлении дифференциальных уравнений движения будем полагать, что в статическом положении сила тяжести тела с массой m уравновешена силами упругости, координата Z_c отсчитывается от положения равновесия, движение по координате X не рассматривается. При таких предположениях и в случае упругих элементов с линейной нагрузочной характеристикой дифференциальные уравнения малых движений можно записать в следующем виде:

$$\begin{gathered} m\ddot{z}_c = -b(\dot{z}_1+\dot{z}_2) - c(z_1+z_2); \\ J_c\ddot{\varphi} = -bl_1\dot{z}_1 + bl_2\dot{z}_2 - cl_1z_1 + cl_2z_2 + \eta\cdot 2cl_3 + \dot{\eta}\cdot 2bl_3; \\ z_1 = z_c + \varphi l_1 - \xi; \\ z_2 = z_c - \varphi l_2 - \xi, \end{gathered} \qquad (1)$$

где J_c – момент инерции объекта относительно центра масс; c – коэффициент жесткости упругой подвески *5*; b – коэффициент вязкого трения в пассивных демпферах 4; l_1, l_2 – расстояния от центра масс до линии приложения упругих и демпфирующих сил; Z_c, φ – обобщенные координаты; ξ – вертикальные перемещения основания; η – горизонтальные перемещения основания; c_1 – коэффициент жесткости горизонтальной упругой подвески; b_1 – коэффициент вязкого трения в демпферах *2*.

Компоновка амортизируемого объекта обычно такова, что центр масс практически совпадает с центром упругости от элементов *5* и, как показывает проведенное исследование уравнений (1), при неподвижном основании ($\xi = 0$, $\dot{\xi} = 0$) коэффициенты связи продольно-угловых и вертикальных колебаний малы и можно принять допущение о независимости продольных угловых колебаний от вертикальных. В этом случае угловые колебания будут описываться дифференциальным уравнением

$$\begin{gathered} J_c\ddot{\varphi} + 2bl^2\dot{\varphi} + 2cl^2\varphi = \\ = -c\Delta l\xi - b\Delta l\dot{\xi} + 2c_1\eta l_3 + 2b_1\dot{\eta}l_3, \end{gathered} \qquad (2)$$

где $\Delta l = l_1 - l_2$, или приводя к нормальному виду получим

$$\ddot{\varphi} + 2\xi\omega_0\dot{\varphi} + \omega_0^2\varphi = -n_1\xi - n_2\dot{\xi} + d_1\eta + d_2\dot{\eta}, \qquad (3)$$

где $\omega_0^2 = \dfrac{2cl^2}{J_c}$; $2\xi\omega_0 = \dfrac{2bl^2}{J_c}$; $n_1 = \dfrac{c\Delta l}{J_c}$; $n_2 = \dfrac{b\Delta l}{J_c}$; $d_1 = \dfrac{2c_1l_3}{J_c}$; $d_2 = \dfrac{2b_1l_3}{J_c}$.

Динамика угловых колебаний для математической модели в соответствии с уравнением (3) определена для следующих параметров объекта:

$L = 12$ м; $L_3 = 3$ м; $C = 1\,500$ кН/м; $P = mg = 1{,}55\cdot10^3$ кН;

$J_c = 8{,}731\cdot10^6$ кГ·м^2; $w_0 = 7{,}03$ 1/с; $\xi = 0{,}5$–$0{,}7$ м; $\Delta L = 2$ м.

Параметры возмущения заданы в виде перемещения ξ основания при сейсмическом воздействии в соответствии с экспериментальным графиком записи перемещения основания (рис. 2).

Оценка угловых колебаний произведена численным интегрированием уравнения (3) правой части с помощью прикладной программы Matlab (рис. 2). Результат решения выражения (3) при сейсмовоздействии показан на рис. 3:

$$\xi*10^{-2}, \text{м}.$$

Численное решение уравнений и их анализ в среде Matlab при различных значениях коэффициентов ξ, C и C_1, массы амортизируемого объекта, размеров L и L_3 показали, что при сейсмовоздействиях амплитуда колебаний по углу φ лежит в пределах 0,01…0,02 рад

(0,57…1,14°). Таким образом, вариации параметров пассивных элементов системы подвеса амортизируемых объектов не меняют существенно величин угловых колебаний при сейсмовоздействиях.

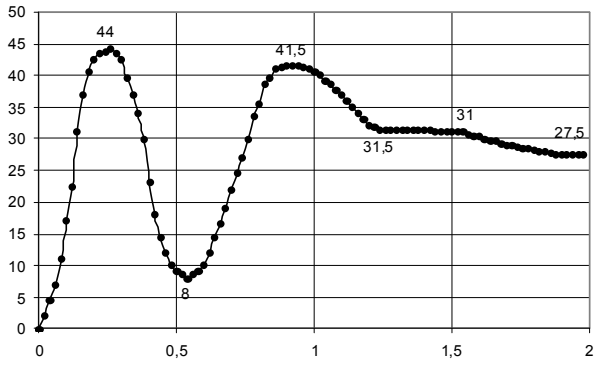


Рис. 2. График перемещения основания

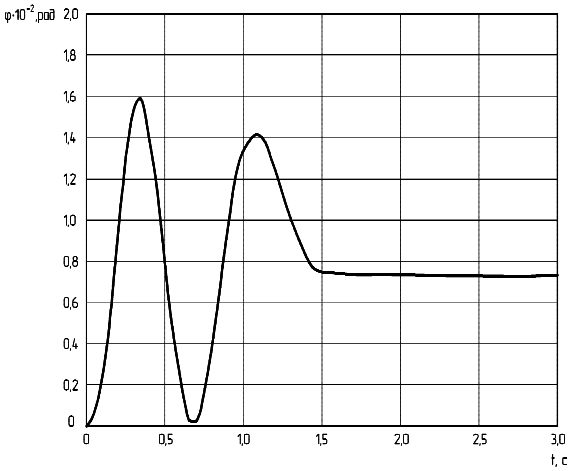


Рис. 3. График угловых колебаний АО

На основе анализа технических характеристик амортизирующего устройства разработки КБСМ (Санкт-Петербург) (максимальная грузоподъемность ≥ 300 т; максимальный рабочий ход по вертикали +350 мм) видно, что при сравнительно больших размерах объекта ход амортизатора по вертикали будет определяться суммой вертикального перемещения центра масс Z_o и узлов крепления амортизаторов φL. При $L > 10$ м ход амортизатора будет превышать максимальный рабочий ход (+350 мм) данного амортизирующего устройства, что будет приводить к пробоям амортизаторов (ударамоб упоры).

Для улучшения работы амортизирующих устройств по угловым движениям целесообразно применять активные устройства. Их использование в транспортных средствах [3] и для угловой стабилизации объектов [4] дает хорошие результаты.

Таким образом, угловые колебания амортизируемого объекта со штатной системой упруго-демпфирующей подвески при сейсмических воздействиях могут достигать величин, при которых прямолинейные перемещения упругих элементов (совместно с вертикальными перемещениями) превышают допустимые значения, поэтому для улучшения работы амортизирующих устройств по угловым движениям целесообразно применять активные устройства демпфирования колебаний.

Библиографический список

1. Вибрации в технике : справ. : в 6 т. Т. 6 / под ред. К. В. Фролова. М. : Машиностроение, 1995.

2. Генькин, М. Д. Методы управляемой виброзащиты машин / М. Д. Генькин, В. Г. Елезов, В. В. Яблонский. М. : Наука, 1985.

3. Бурьян, Ю. А. Активная система демпфирования угловых колебаний многоосного автомобиля / Ю. А. Бурьян, В. Н. Сорокин // Строительные и дорожные машины. 2002. № 9.

3. Михеев, А. П. Угловая стабилизация твердого тела при помощи активных устройств / А. П. Михеев // Теория активных виброзащитных систем : сб. науч. трудов. Иркутск, 1975. Вып. 2. Ч. 2.

R. N. Khamitov

ANGULAR FLUCTUATIONS OF THE DAMPED OBJECT WITH PASSIVE DAMPING SYSTEM

Angular movements of the damped object with passive damping system and elastic hanger are investigated. The approached decisions for non-stationary seismic influence are considered and results of numerical modelling of transients by means of applied program Matlab are resulted.

Keywords: angular movements, passive damping system.

УДК 669.713.7

О. Г. Бойко, П. Г. Утенков

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОДНОТИПНОГО САМОЛЕТНОГО ПАРКА НА МАРШРУТНОЙ СЕТИ АВИАКОМПАНИИ

Выполнен анализ и оптимизация использования самолетного парка Ан-24 на маршрутных сетях.

Ключевые слова: парк самолетов, маршрутная сеть, ресурс по часам, ресурс по посадкам, оптимизация, ремонт.

В данной работе выполнен анализ и оптимизация самолетного парка Ан-24 на маршрутных сетях, эксплуатирующийся в авиакомпании «КАТЭК АВИА». Авиакомпания эксплуатирует 7 однотипных самолетов по 9 маршрутам. Выполняя *i*-й маршрут, самолет налетывает t_i часов и совершает n_i посадок. За рассматриваемый период (летний период) самолет может совершить по каждому маршруту λ_i вылетов. Тогда за этот период самолет совершает λ_i вылетов по каждому i маршруту и налетает t_n часов, определяемых из выражения

$$t_n = \sum_{i=1}^{k} \lambda_i \cdot t_i, \qquad (1)$$

где λ_i – вылет по i маршруту; t_i – налет по i маршруту.

А также самолет совершает n_n посадок, которые находятся по формуле

$$n_n = \sum_{i=1}^{k} \lambda_i \cdot n_i, \qquad (2)$$

где n_i – количество посадок по i маршруту.

Значения полетов приведены в табл. 1.

Условие оптимизации отработки ресурсов экземпляра самолета примет следующее выражение:

$$\frac{\sum_{i=1}^{k} \lambda_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^{k} \lambda_i \cdot n_i} = \frac{T}{N}, \qquad (3)$$

где $\sum_{i=1}^{k} \lambda_i \cdot t_i$ – суммарная наработка по налету часов; $\sum_{i=1}^{k} \lambda_i \cdot n_i$ – суммарная наработка по посадкам.

Эти значения находятся по следующим формулам:

$$\sum_{i=1}^{k} \lambda_i \cdot t = T;$$

$$\sum_{i=1}^{k} \lambda_i \cdot n_i = N,$$

где T – ресурс (межремонтный) планера по налету часов; N – ресурс (межремонтный) планера по посадкам.

По рассматриваемым маршрутам используется m самолетов, то где условие (3) для каждого самолета примет вид

$$\sum_{j=1}^{m} \frac{\sum_{i=1}^{k} \lambda_{ij} \cdot t_{ij}}{\sum_{i=1}^{k} \lambda_{ij} \cdot n_{ij}} = m \cdot \frac{T}{N}.$$

Таблица 1

Выполнения полетов на действующих маршрутных сетях авиакомпании «КАТЭК-авиа»

Маршрут	Вылеты	Наработка		
		Посадки	Часы	Час/пос
Красноярск–Ванавара–Красноярск	56	112	410	3,66
Красноярск–Туруханск–Красноярск	56	112	336	3
Красноярск–Кодинск–Красноярск	56	112	134	1,19
Красноярск–Светлогорск–Красноярск	28	56	85	1,51
Красноярск–Мотыгино–Красноярск	56	112	78	0,69
Красноярск–Игарка–Красноярск	56	112	392	3,5
Красноярск–Светл–Хатан–Красноярск	56	112	252	2,25
Красноярск–Кызыл–Красноярск	144	288	432	1,5
Красноярск–Байкит–Красноярск	28	56	112	2

Таблица 2

Наработка планера по часам, посадкам

№ борта	Наработка			Назначенный ресурс			Межремонтный ресурс		
	Посадки	Часы	Час/пос	Часы	Посадки	Час/пос	Часы	Посадки	Час/пос
47351	1373	3231	2,35	41000	25000	1,64	5000	5000	1
47358	900	2163	2,40	47000	31500	1,49	5000	5000	1
46693	3420	6950	2,03	54000	35000	1,54	5000	5000	1
46520	1042	2478	2,37	56000	37000	1,51	5000	5000	1
46524	1420	3354	2,36	53500	38400	1,39	5000	5000	1
46683	339	806	2,37	50500	36900	1,36	5000	5000	1
46497	336	917	2,72	50000	38100	1,31	5500	5000	1,1

В разных регионах на местных линиях, где эксплуатируются Ан-24, дальность и налет на посадку существенно различны, поэтому выработка по часам и посадкам будет не одинакова. В одном регионе дальность полетов больше (регион Сибири и дальнего Востока) и раньше будет выработан ресурс по часам. В другом регионе (Европейская часть) дальности полетов не большие, и раньше будет выработан ресурс по посадкам. С экономической точки зрения важно эксплуатировать самолет так, чтобы оба ресурса вырабатывались одновременно.

По приведенным расчетам табл. 2, [1] видно, что до межремонтного ресурса каждый борт вырабатывает не равное число посадок и часов, что не экономично для авиакомпании. Для одинаковой наработки в часах и посадках до межремонтного ресурса предложена сеть маршрутов, которая позволяет наиболее равномерно вести выработку налета на посадку. Данные маршруты приведены в табл. 3.

В настоящее время затраты на ремонт самолета велики. С экономической стороны необходимо, чтобы самолет перед ремонтом выработал все свои ресурсные возможности. Предложенная сеть маршрутов позволяет равномерно вести выработку налета на посадку, что обеспечивает для авиакомпании минимальные затраты на выполнения капитальных ремонтов.

Предложенный анализ трудно признать полным. Он учитывает оптимизацию затрат только на ремонт самолета. В месте с этим, на экономические показатели влияют и следующие факторы:

– фактор стоимости ремонта авиадвигателей, которые, как и планер самолета, имеют и свои межремонтные ресурсы в летных часах и циклах (взлет-посадках);

– пассажиропотоки, определяющие загрузку самолетов и частоту их рейсов;

– соотношение расходов на оперативные и периодические формы технического обслуживания. Уменьшение продолжительности беспосадочных полетов приводит к увеличению расходов на оперативные формы;

– расходы на аэропортовое обслуживание, которые также возрастают с увеличением числа посадок по маршруту;

– расходы на аэронавигационные сборы, возрастающие с сокращением налета на посадку, вследствие увеличения сборов на обслуживание в зоне аэродромов посадки.

С учетом всех перечисленных факторов представляется возможность построить модель и методику оптимизации маршрутной сети авиакомпании.

Библиографический список

1. Формуляр самолета Ан-24. Планер. Ч. 1, 2.

Таблица 3

Предлагаемая оптимальная сеть маршрутов авиакомпании

Маршрут	Наработка		
	Посадки	Часы	Час/пос
Красноярск–П. Тунгуска–Туруханск–П. Тунгуска–Красноярск	112	125	1,11
С. Енисейск–П. Тунгуска–Туруханск–П. Тунгуска–С. Енисейск	224	210	0,93
Красноярск–Абакан–Красноярск	112	103	0,91
Красноярск–Мотыгино–Красноярск	112	78	0,69

O. G. Boiko, P. G. Utenkov

ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF THE PLANE FLEET USAGE ON ROUTE NETWORKS OF THE AIRLINE

The analysis and optimization of the plane fleet An-24 usage on route networks is done.

Keywords: plane fleet, route net, hour resource, landing resource, optimization, repair.

УДК 629.7.017

А. А. Прейс

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ. ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СТАРЕНИЯ ФУНЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ САМОЛЕТА

Рассмотрены вопросы надежности авиационной техники. Проведено исследование и выполнен анализ процесса старения (отработки ресурса) функциональных систем самолета при длительной эксплуатации.

Ключевые слова: долговечность, системы, агрегаты, старение, ресурс, надежность.

Несмотря на то, что современный самолет представляет собой сложное конструкторское сооружение, при создании которого используются последние достижения в области радиоэлектроники, двигателестроения, аэродинамики, материаловедения, на сегодняшний день он является одним из самых безопасных видов транспорта для перевозки людей.

Согласно статистике, на дорогах России за 2007 г. погибло более 37 тыс. чел., в авиакастрофах за этот же период погибло 465 чел.

Проведенные на западе исследования показали, что выгоднее вкладывать государственные деньги в разработку и развитие мероприятий, направленных на повышение безопасности полетов, чем выплачивать многомиллионные страховые выплаты и нести потери от поломки воздушных судов.

Что же такое безопасность полетов? В настоящее время в некоторых документах, учебной и методической литературе безопасность полетов определяется как совокупность свойств авиационной системы, обеспечивающих выполнение полетов без авиационных происшествий. Однако такое определение недостаточно корректно. Очевидно, что никакие свойства или совокупность свойств авиационной системы не могут обеспечивать выполнение полетов без авиационных происшествий. Свойства могут только выражать какие-либо качества системы или каким-либо образом характеризовать ее свойства. Например, у авиационной системы обычно определяют следующие основные свойства: надежность; живучесть; всепогодность.

По аналогии с представленными выше свойствами для авиационной системы можно выделить и такое ее свойство, как *безопасность*. При этом под безопасностью следует понимать отсутствие угрозы для жизни экипажа и пассажиров при эксплуатации авиационной системы. Поскольку основную угрозу для жизни экипажа и пассажиров несут авиационные происшествия, то *безопасность* авиационной системы можно определить как ее способность к функционированию (выполнению полетов) без авиационных происшествий.

Учитывая все эти замечания, можно дать следующее определение термину «*безопасность полетов*»

Безопасность полетов – это совокупность свойств авиационной системы, характеризующих ее способность к функционированию (выполнение полетов) без авиационных происшествий.

При разработке и проектировании самолета, к нему предъявляют самые разнообразные требования, которые зависят от его назначения. К ним можно отнести:

– высокие летные качества: большие скорости, высоты и дальности полета;

– хорошие экономические показатели, а именно малая стоимость производства, низкие эксплуатационные расходы, продолжительный срок службы;

– удобство и простоту обслуживания.

Но все перечисленные выше требования не могут быть реализованы в полной мере, если самолет и его системы не обеспечивают необходимый уровень надежности, который является одним из решающих факторов безопасности полета и успешного выполнения полетного задания.

Статистикой зафиксировано немало случаев, когда отказы или сбои в работе авиационной техники приводили к возникновению в полете особых ситуаций и завершению их авиационными происшествиями. Поэтому решением основной задачи надежности является создание безотказного элемента, агрегата, системы, то есть разработка и исследование способов повышения надежности технических устройств. Для этого необходимо на основании теоретических закономерностей, специальных испытаний и измерений разработать критерии и количественные показатели надежности оборудования, а также методы анализа надежности устройств.

Надежность авиационной техники заключается в ее способности сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортировки. Иными словами, надежность – это свойство объекта выполнять требуемые функции в процессе эксплуатации. Надежность является комплексным свойством, и для ее оценки используются специальные характеристики – *показатели надежности*. Они позволяют оценивать надежность объекта в различных условиях и на разных этапах эксплуатации. На надежность объекта оказывают влияние многочисленные факторы, поэтому количество показателей надежности велико. Показатели надежности по количеству свойств подразделяются на *единичные и комплексные*.

Комплексный показатель относится к нескольким свойствам, определяющим надежность объекта.

Единичный показатель надежности относится к одному из свойств, которые определяют надежность объекта.

Единичные показатели оценивают частные свойства надежности и к ним можно отнести безотказность; долговечность; ремонтопригодность; сохраняемость.

В рамках данной статьи, более подробно будет рассмотрен единичный показатель – *долговечность*. Выполнено

исследование и проведен анализ процесса старения (отработки ресурса) агрегатов и систем самолета в целом.

Авиационная техника должна быть надежна в течение всего срока службы, т. е. в течение календарной продолжительности от начала ее эксплуатации или возобновления после ремонта определенного вида до перехода в предельное состояние.

Долговечность. Время нормального функционирования всякого объекта ограничено неизбежным изменением свойств материалов и деталей, из которых он изготовлен. Длительность этого промежутка времени для разнородных объектов в общем случае различна.

Долговечность – это свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Показателями долговечности являются ресурс и срок службы.

В авиационной технике устанавливаются следующие назначенные показатели долговечности:

– назначенный ресурс до первого ремонта (установленная в нормативной документации суммарная наработка от ввода образца авиационной техники в эксплуатацию до его направления в первый ремонт, независимо от технического состояния);

– назначенный межремонтный ресурс (установленная в нормативной документации суммарная наработка от окончания ремонта образца авиационной техники до направления его в очередной ремонт, независимо от технического состояния);

– назначенный ресурс до списания или полный ресурс (установленная в нормативной документации суммарная наработка от ввода образца авиационной техники в эксплуатацию до окончательного снятия его с эксплуатации, независимо от технического состояния);

– гарантийный ресурс, обычно по величине составляет 15–30 % от межремонтного ресурса. Если на образце авиационной техники в течение гарантийного ресурса, не по вине эксплуатирующей организации, происходит отказ или повреждение, то на этот образец составляется рекламационный акт, на основании которого образец восстанавливается силами и за счет предприятия-изготовителя (АРЗ);

– назначенный срок службы до первого ремонта (установленная в нормативной документации календарная продолжительность эксплуатации от ввода образца авиационной техники в эксплуатацию до его направления в первый ремонт, независимо от технического состояния);

– назначенный межремонтный срок службы (установленная в нормативной документации календарная продолжительность эксплуатации образца авиационной техники от окончания ремонта до его направления в очередной ремонт, независимо от технического состояния);

– назначенный срок службы до списания или полный срок службы (установленная в нормативной документации календарная продолжительность эксплуатации от ввода образца авиационной техники в эксплуатацию до окончательного снятия его с эксплуатации независимо от технического состояния).

Вместо наработки (в часах), для некоторых образцов авиационной техники ресурс устанавливается по числу срабатываний, включений, посадок, запусков. Для авиационных двигателей ресурс устанавливается по нескольким характерным режимам: количество запусков, циклов, суммарная наработка на «форсаже», «максимале», земле и в воздухе.

Все виды ресурсов для авиационной техники используются одновременно и, кроме того, равнозначны, т. е. эксплуатация образца авиационной техники прекращается, если полностью закончился хотя бы один из этих ресурсов.

По мере эксплуатации заложенные запасы уменьшаются («расходуются»), изделие «стареет». Чем больше ресурс (срок службы) объекта до наступления предельного состояния, тем больше его долговечность. Наступление предельного состояния можно «отодвинуть» за счет рационально организованного технического обслуживания объекта в процессе его эксплуатации.

При проведении исследования процесса старения самолета использована статистическая информация одной из строевых частей, эксплуатирующей данный тип авиационной техники.

Исследовался процесс старения гидропневматической системы, системы управления самолетом, системы жидкостного охлаждения и наддува блоков РЭО, шасси.

В качестве показателя, характеризующего отработку ресурса (срока службы) агрегатов системы, использована относительная наработка (срок службы) агрегата $\bar{t}_i$, определенная как отношение фактической наработки (срока службы) агрегата t_i к его установленному ресурсу (сроку службы) до первого ремонта, межремонтному либо назначенному T_i:

$$\bar{t}_i = \frac{t_i}{T_i}.$$

Для определения отработки ресурса (срока службы) системы в целом, применяется относительная средняя наработка агрегатов $\bar{t}_{\text{ср}}$, т. е. отношение суммы удельных наработок $\bar{t}_i$ агрегатов, входящих в систему, к их количеству n в исследуемой системе:

$$\bar{t}_{\text{ср}} = \frac{\sum_i^n \bar{t}_i}{n}.$$

Расчеты производились как по отработке ресурса в часах (для гидропневматической системы, системы управления самолетом, системы жидкостного охлаждения и наддува блоков РЭО), в посадках (для шасси), так и по отработке срока службы в годах. Для самолетов, не прошедших плановый ремонт, расчеты выполнялись с начала эксплуатации до первого ремонта и с начала эксплуатации до назначенного полного ресурса (срока службы). Для самолетов, прошедших плановый ремонт – с момента окончания ремонта до очередного ремонта и с начала эксплуатации до назначенного полного ресурса (срока службы).

Значения относительной отработки ресурсов функциональных систем в функции налета самолетов, находящихся в эксплуатации, представлены в табл. 1 – для самолетов, не прошедших плановый ремонт по ресурсу, а в табл. 2 – прошедших плановый ремонт по ресурсу.

После выполнения расчетов построены графические зависимости относительной наработки $\bar{t}_{\text{ср}}$ агрегатов

функциональных систем в функции наработки (налета, посадок) самолетов по ресурсу.

Гидравлическая система обеспечивает питание гидроприводов самолета гидравлической энергией. Предусмотрено дублирование подачи гидравлической энергии на наиболее важные органы самолета – гидроусилители системы управления. По функциональному назначению гидросистема подразделяется на общую и бустерную.

Пневматическая (газовая) система предназначена для обеспечения сжатым газом (азотом) всех агрегатов, приводимых в действие энергией давления газа, а также для наддува гидробаков и блоков радиооборудования. По своему функциональному назначению газовая система подразделяется на автономные: основную; аварийную; систему наддува блоков радиооборудования; систему наддува гидробаков.

Процессы старения (отработки ресурса) агрегатами гидропневматической системы приведены: рис. 1, 2 – для самолетов не прошедших плановый ремонт; рис. 3, 4 – прошедших первый плановый ремонт.

Характер изменения относительных отработок ресурсов для системы управления самолетом, жидкостного охлаждения и наддува блоков радиоэлектронного оборудования и шасси подобны графическим зависимостям, изображенным на рис. 1–4, здесь не приводятся.

Как было сказано выше, при исследовании процесса старения функциональных систем, расчеты выполнялись как по отработке ресурса, так и по отработке срока службы в годах с момента выпуска самолетов и до назначенного полного срока службы.

Значения относительной отработки сроков службы функциональных систем в функции времени нахождения в эксплуатации самолетов с момента их выпуска представлены: табл. 3 – для самолетов, не прошедших плановый ремонт, по сроку службы, табл. 4 – прошедших плановый ремонт, по сроку службы.

После выполнения расчетов строим графические зависимости относительной наработки агрегатов функциональных систем в функции календарной продолжительности эксплуатации самолета в годах.

Процесс старения (отработки срока службы) агрегатами гидропневматической системы приведен: рис. 5 – для самолетов, не прошедших плановый ремонт; рис. 6 – прошедших первый плановый ремонт.

Для остальных рассмотренных систем процессы отработки сроков службы протекают аналогично.

Проведенное исследование процесса старения (отработки ресурса и срока службы) агрегатов функциональных систем самолета показывает, что с увеличением наработки (налета, посадок, срока службы) планера происходит увеличение средней относительной наработки агрегатов рассматриваемых систем, т. е. системы стареют. Наибольшему процессу старения, при одних и тех же значениях налета самолета, подвержены агрегаты гидропневматической системы, шасси и системы управления самолета. Наименьшие значения относительной наработки у агрегатов системы жидкостного

Таблица 1

Относительные отработки ресурсов систем самолетов с начала эксплуатации до 1-го ремонта

№ борта	Налет, час	Посадки	Гидропневматическая система (до 1 ремонта /назначенный)	Система управления самолетом (до 1 ремонта /назначенный)	Система жидкостного охлаждения и наддува блоков РЭО (до 1 ремонта /назначенный)	Шасси (до 1ремонта /назначенный)
1	369	475	0,456/0,168	0,402/0,167	0,349/0,124	0,477/0,255
2	255	314	0,315/0,116	0,278/0,115	0,241/0,086	0,315/0,149
3	386	513	0,477/0,176	0,421/0,175	0,365/0,130	0,515/0,243
4	364	436	0,450/0,166	0,397/0,165	0,344/0,123	0,438/0,207
5	441	541	0,545/0,201	0,481/0,200	0,417/0,149	0,543/0,256
6	391	454	0,483/0,178	0,427/0,177	0,369/0,132	0,456/0,215
7	396	455	0,490/0,180	0,432/0,179	0,374/0,134	0,456/0,216
8	406	496	0,502/0,185	0,443/0,184	0,384/0,137	0,498/0,235
9	361	448	0,447/0,165	0,394/0,163	0,341/0,122	0,450/0,212
10	372	486	0,460/0,169	0,406/0,168	0,351/0,125	0,488/0,230
11	209	259	0,258/0,095	0,228/0,094	0,197/0,070	0,260/0,122
12	384	465	0,475/0,175	0,419/0,174	0,363/0,130	0,467/0,220
14	418	525	0,517/0,191	0,456/0,189	0,395/0,141	0,527/0,249
15	410	532	0,507/0,187	0,447/0,186	0,387/0,138	0,534/0,252
16	305	374	0,377/0,139	0,333/0,138	0,288/0,103	0,357/0,177

Таблица 2

Относительные отработки ресурсов систем самолетов, прошедших ремонт

№ борта	Налет/час СНЭ/ ППР	Посадки СНЭ/ ППР	Гидропневматическая система (межремонтный /назначенный)	Система управления самолетом (межремонтный /назначенный)	Система жидкостного охлаждения и наддува блоков РЭО (межремонтный /назначенный)	Шасси (межремонтный /назначенный)
22	704/107	741/136	0,151/0,339	0,145/0,319	0,112/0,236	0,177/0,358
33	784/183	879/251	0,257/0,363	0,245/0,355	0,191/0,263	0,327/0,425
44	852/178	974/239	0,250/0,384	0,239/0,386	0,186/0,286	0,311/0,471

охлаждения и наддува блоков РЭО. Это связано с различными установленными ресурсами агрегатов систем.

Но данный факт не может служить фактором, ограничивающим ресурс самолета в целом, так как ресурс агрегатов систем как до первого ремонта, так и до назначенного полного ресурса, приравнен к ресурсу планера, а у некоторых агрегатов значительно больше ресурса самолета. И заменяются они в процессе эксплуатации только по причине отказа, неисправности, либо до предотказного состояния. За все время эксплуатации не было выявлено ни одного отказа или неисправности агрегатов рассматриваемых систем. Самым важным критерием, ограничивающим долговечность самолета, является усталость конструкции планера. К другим критериям относятся износ пар трения,

Таблица 3

Значения отработки сроков службы систем самолетов, не прошедших ремонт

№ борта	Срок службы	Гидропневматическая система	Система управления самолетом	Система жидкостного охлаждения и наддува блоков РЭО	Шасси
1	16 лет 10 мес.	0,755	0,788	0,640	0,760
2	17 лет 2 мес.	0,765	0,798	0,649	0,769
3	17 лет 3 мес.	0,769	0,802	0,653	0,773
4	17 лет 3 мес.	0,769	0,802	0,653	0,773
5	17 лет 2 мес.	0,765	0,798	0,649	0,769
6	17 лет 4 мес.	0,774	0,807	0,656	0,778
7	17 лет 2 мес.	0,765	0,768	0,649	0,769
8	16 лет 11 мес.	0,758	0,790	0,641	0,764
9	16 лет 11мес.	0,758	0,790	0,641	0,764
10	16 лет 11 мес.	0,758	0,790	0,641	0,764
11	16 лет 9 мес.	0,751	0,784	0,673	0,756
12	16 лет 9 мес.	0,751	0,784	0,673	0,756
14	15 лет 6 мес.	0,693	0,723	0,588	0,697
15	15 лет 6 мес.	0,693	0,723	0,588	0,697
16	15 лет 6 мес.	0,693	0,723	0,588	0,697

Таблица 4

Значения отработки сроков службы систем после ремонта самолетов

№ борта	Срок службы	Гидропневматическая система	Система управления самолетом	Система жидкостного охлаждения и наддува блоков РЭО	Шасси
22	20 лет 1 мес.	0,7668	0,7939	0,6984	0,7977
33	20 лет 2 мес.	0,7699	0,7971	0,7013	0,8008
44	20 лет 6 мес.	0,7828	0,8105	0,7130	0,8143

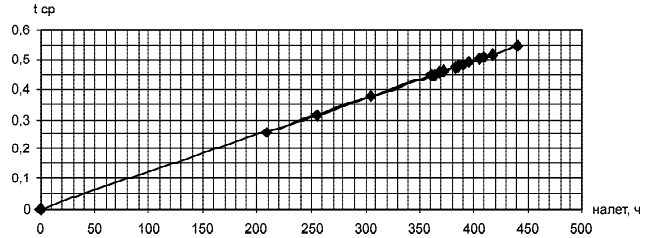


Рис. 1. Зависимость относительной наработки агрегатов гидропневматической системы самолета с начала эксплуатации до 1 ремонта по ресурсу от налета

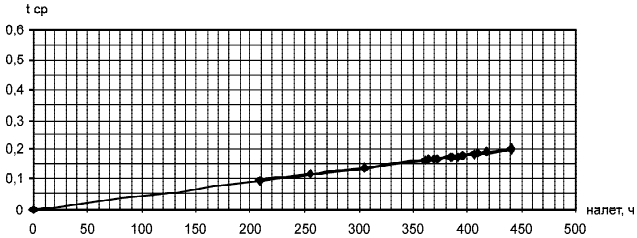


Рис. 2. Зависимость относительной наработки агрегатов гидропневматической системы самолета с начала эксплуатации до назначенного ресурса от налета

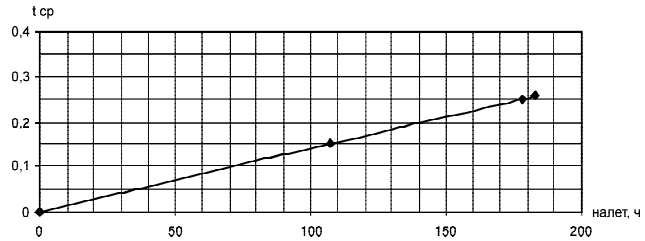


Рис. 3. Зависимость относительной наработки агрегатов гидропневматической системы самолета (прошедших ремонт) с момента окончания ремонта до очередного ремонта по ресурсу от налета

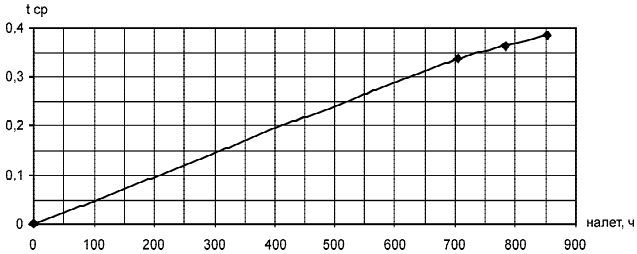


Рис. 4. Зависимость относительной наработки агрегатов гидропневматической системы самолета (прошедших ремонт) с начала эксплуатации до назначенного ресурса от налета

коррозия металлов и деструкция неметаллических материалов. При большой календарной продолжительности эксплуатации самолета происходит «охрупчивание» и растрескивание резиновых деталей и покрытий из герметика, потеря прозрачности остекления, нарушение изоляции электрических проводов. Вот почему долговечность является двухпараметрическим свойством и выражается двумя типами количественных показателей – ресурсами и сроками службы. И если ресурсы характеризуют способность конструкции самолета в процессе длительной эксплуатации нормально воспринимать действующие нагрузки и предельное состояние самолета, при этом определяются износом и усталостной повреждаемостью, то сроки службы выражают свойство конструкции – не стареть.

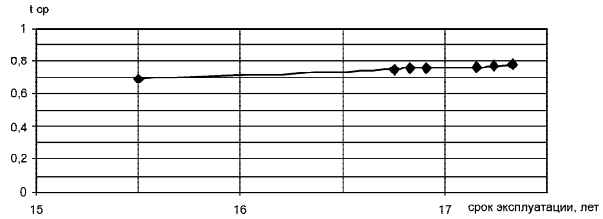


Рис. 5. Зависимость относительной наработки агрегатов гидропневматической системы самолета до назначенного полного срока службы от срока эксплуатации

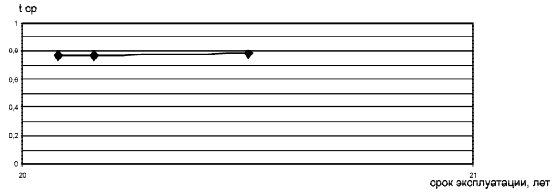


Рис. 6. Зависимость относительной наработки агрегатов гидропневматической системы самолета (прошедших ремонт) до назначенного полного срока службы от срока эксплуатации

При разработке нового самолета конструктор задает расчетные показатели долговечности агрегатов и предусматривает их замену в процессе эксплуатации по выработке ресурса и срока службы, таким образом, задавая верхнюю границу процесса старения, которая не учитывает досрочной замены по отказам и неисправностям (рис. 7). Представляется интерес рассмотреть верхние границы процесса старения систем и сравнить их с эксплуатационными.

График ступенчатого процесса старения системы (рис. 7), заданный конструктором, допускают в определенный период наработки самолета как увеличение относительной наработки ресурсов агрегатами систем до 1, так и уменьшение значения менее 0,1. Увеличение относительной отработки ресурсов агрегатов систем до значений, близких к 1, означает окончание ресурса (до первого ремонта, межремонтного, либо назначенного полного), а уменьшение – наличие запаса ресурса для выполнения заданных функций.

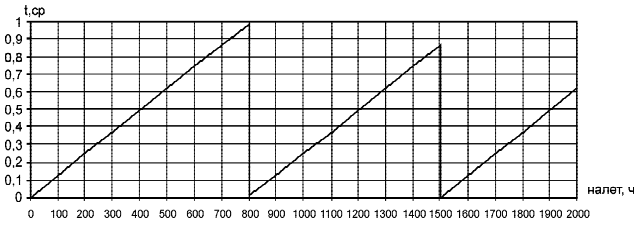


Рис. 7. Заданная конструктором зависимость относительной наработки агрегатов гидропневматической системы самолета до назначенного полного ресурса от налета

Отличительной особенностью самолета является то, что ресурс агрегатов функциональных систем как до первого ремонта, межремонтного так и назначенного полного ремонта, приравнены к ресурсу планера, а у некоторых агрегатов – значительно превышают его.

Пики относительной наработки агрегатов систем приходятся как раз на первый, второй ремонт и на полную выработку ресурса. Агрегаты систем отрабатывают ресурс до первого ремонта, проходят ремонт на авиаремонтном заводе и продолжают дальнейшую эксплуатацию до второго ремонта. После выполнения второго ремонта агрегаты систем эксплуатируются до полной выработки назначенного полного ресурса.

Максимальные значения отработки ресурса агрегатами рассматриваемых систем приходятся на первый ремонт и это логично, т. к. ресурс до первого ремонта обычно назначается несколько больше, чем межремонтный, поскольку новый самолет обладает большей долговечностью, чем самолет, прошедший первый ремонт.

Конструктор самолета приравнял полный ресурс и полный срок службы агрегатов к назначенному ресурсу и сроку службы самолета, и тем самым исключил замену агрегатов систем по выработке ресурса раньше, чем закончится ресурс планера, что повышает эффективность самолета.

Библиографический список

1. Тихий, И. И. Теоретические основы эксплуатации авиационного оборудования / И. И. Тихий. Иркутск : ИВАИИ, 2004.

2. Когге, Ю. К. Основы надежности авиационной техники / Ю. К. Когге, Р. А. Майский. М. : Машиностроение, 1993.

3. Анцелиович, Л. Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета / Л. Л. Анцелович. М. : Машиностроение, 1985.

A. A. Preis

LONGEVITY. RESEARCH AND ANALYSIS OF AIRPLANE FUNCTIONAL SYSTEM EXHAUST PROCESS

The questions of aviation technique reliability are viewed. The research and analysis of the airplane functional systems exhaust processes during long exploitation is done.

Keywords: longevity, systems, aggregates, aging process, resource, reliability.

УДК 621.396.67

Г. В. Двирный

ВОПРОСЫ ОТРАБОТКИ И СОЗДАНИЯ ТРАНСФОРМИРУЕМЫХ АНТЕНН

Рассмотрены вопросы обеспечения требований параметров трансформируемых зонтичных антенн.

Ключевые слова: антенна, крупногабаритная, космический аппарат, испытания, трансформируемые, механические, система, зонтичная.

Анализ известных технических решений исполнения трансформируемых антенн по совокупности их параметров показывает, что практический интерес представляют зеркальные антенны зонтичного типа. Зеркала таких антенн образованы отражающим электромагнитные волны гибким материалом, натянутым на каркас из радиальных ребер, закрепленных в центральной ступице (втулке) и складываемых по принципу зонтика. Антенны зонтичного типа отличаются простотой, оперативностью процесса развертывания – свертывания, многократностью использования, устойчивостью конструкции к изменяющимся условиям внешней среды [1].

В составе космических аппаратов (КА) на орбите требуется обеспечить электрические характеристики, а проектирование, конструирование и отработку провести с учетом влияния особенностей самой трансформируемой конструкции.

Испытаниям трансформируемых антенн уделено много внимания. Многочисленных отказов на орбите удается избежать за счет обнаружения возможных отказов во время наземной экспериментальной отработки (НЭО). Трансформируемая антенна должна пройти хорошую проверку сэкономив на испытаниях, затем можно получить отказ в работе космического аппарата на орбите. Стандартные правила определения объема испытаний, необходимого для трансформируемых антенн, определяются на проектных стадиях разработки. Данный подход к верификации летной матчасти был разработан на основании существующего опыта. Он настоятельно рекомендуется для всей матчасти, так как является необходимым для раскрываемых систем.

Испытания крупногабаритных трансформируемых конструкций представляют собой уникальный метод для конструкций, не являющихся устойчивыми. По этим же причинам испытания необходимы, из-за большого количества вопросов, относящихся к правильному функционированию раскрываемых систем, которые не могут быть полностью решены только аналитическим методом. Важно также знать, каким образом проводить испытания для конструкций, не поддерживающих свой собственный вес.

В процессе НЭО устройств КА решаются следующие задачи:

– квалификация системы на соответствие системы нормативным требованиям по внешним воздействиям;

– подтверждение функционирования и работоспособности системы после (во время) внешних воздействий;

– выявление дефектов сборочных и монтажных операций;

– подтверждение устойчивости технологических процессов;

– выдача заключения о положительных результатах испытаний и допуск к последующему этапу.

Целью испытаний является подтверждение правильности заложенных конструктивных решений; прочности несущих элементов конструкции; работоспособности трансформируемых антенн в условиях, приближенных к эксплуатационным; влияния воздействия факторов нагружения на геометрическую форму; выявление возможных конструктивных и технологических дефектов; определение коэффициентов вибропередачи в элементах конструкции, усилий срабатывания замков зачековки; моментов сопротивления в шарнирных узлах [2].

Характерной особенностью зонтичных антенн является периодическое (по азимутальной координате) отклонение профиля поверхности зеркала между ребрами от параболоида вращения. Электрические характеристики складной антенны зонтичного типа существенно зависят от степени этого отклонения. Поэтому при моделировании зонтичных антенн на ЭВМ важно знать форму отражающей поверхности между ребрами. Для этого может быть использована теория оболочек.

Рассмотрим влияние растягивающих усилий в срединной поверхности на частоту собственных колебаний. Если статистический прогиб оболочки не мал по сравнению с ее толщиной, то при вычислении собственных частот нужно учесть растягивающие усилия в срединной поверхности. Наличие этих усилий приводит к увеличению потенциальной энергии и, следовательно, к повышению частоты собственных колебаний. Известен метод Тимошенко и приближенная оценка влияния растяжения срединной поверхности вследствие изгиба на частоту первого тона круглой защемленной по контуру пластины [3], где частота собственных колебаний повышается с увеличением амплитуды колебаний, и здесь имеюм место нелинейные колебания плоской конструкции.

Зонтичную же антенну логичнее представить по форме в виде пологой сферической оболочки, расчет собственных осесимметричных колебаний, которой известен [3]. Но для проверочных упрощенных инженерных расчетов зонтичных антенн предлагается воспользоваться допущениями.

Полагая, что колебания совершаются по одной из собственных форм с граничными условиями для оболочки, защемленной по контуру в случае тонкой с малой степенью пологости оболочки $h/r_o \le 1/30$. Формула для вычисления частоты собственных колебаний (при колебаниях во всех точках одновременно увеличивается или уменьшается радиус кривизны рефлектора) имеет вид

$$\omega^2 = \frac{E}{\rho_0 R^2}.$$

Автором предлагается применять ее в проверочных инженерных расчетах.

В трансформируемых конструкциях антенн космических аппаратов, одной из основных характеристик является жесткость.

При проектировании и конструировании жесткость определяется теоретически, исходя из геометрических характеристик конструкции и материалов, например, по предложенной формуле в первом приближении.

Находится амплитуда и частота собственных колебаний конструкции и сравнивается с требованиями ТЗ.

Алгоритм расчета должен быть протестирован, а конструкция трансформируемой антенны квалифицирована на соответствие требованиям ТЗ. Для этого проводятся испытания, при которых экспериментально определяются амплитуды и частоты колебаний конструкции. Затем находят жесткость, а также характеристики на соответствие требованиям ТЗ.

Автором предлагается следующая методика: по формуле в первом приближении определить собственную частоту колебаний зонтичной антенны в раскрытом напряженном состоянии, уточнив необходимые параметры (плотность ρ_0, радиус R кривизны и модуль упругости E по результатам НЭО); при проектировании зонтичных антенн аналогичной конструкции, но других диаметров, можно оценить жесткостные характеристики будущей конструкции.

Библиографический список

1. Гряник, М. В. Развертываемые зеркальные антенны зонтичного типа / М. В. Гряник, В. И. Ломан. М. : Радио и связь, 1987.

2. Шатров, А. К. Механические устройства космических аппаратов. Конструктивные решения и динамические характеристики : учеб. пособие / А. К. Шатров, Л. П. Назарова, А. В. Машуков ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2006.

3. Балабух, Л. И. Основы строительной механики ракет : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / Л. И. Балабух, К. С. Колесников, В. С. Зарубин и др. М. : Высш. шк., 1969.

G. V. Dvirny

THE PROBLEMS OF THE TRANSFORM ANTENNAS MANUFACTURE AND DEVELOPMENT

The problem of transform umbrella-form antenna parameters requirements assurance is viewed in the paper.

Keywords: antenna, large-size, spacecraft, test, transformed, mechanical, system, umbrella-form.

УДК 378.001.76

Л. В. Ерыгина, В. Ю. Гаврилов

ПЛАНИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА: ИНСТРУМЕНТЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрены основные условия функционирования государственных образовательных учреждений высшего профессионального образования в настоящее время. Выявлено, что основным направлением развития вузов является осуществление инновационной деятельности. Сложность управления вузами инновационного типа заставляет исследователей искать новые инструменты и методы, в частности, в планировании деятельности таких вузов.

Ключевые слова: инструменты, методы, планирование.

России нужна конкурентоспособная образовательная система.
В противном случае, мы столкнемся с реальной угрозой отрыва
качества образования от современных требований.
Послание Президента Федеральному Собранию
Российской Федерации, 10 мая 2006 г.

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования является сложным в планировании объектом. Сложность планирования деятельности вуза обусловлена рядом факторов, характерных только для данного вида организаций: конкуренция на рынке образовательных услуг; изменение потребительского спроса; социальная нестабильность; ограниченность финансирования. В современных условиях развития системы образования вузам необходимо использовать всю совокупность средств и методов для повышения качества образовательных услуг и научно-исследовательских разработок на основе инновационной стратегии развития. По мнению многих авторов, инновационный вуз имеет набор свойственных ему характеристик, которые определяются его инновационной стратегией развития, основанной на инновационных технологиях и принципах управления.

Осуществление инновационных технологий и принципов управления научной и образовательной деятельностью невозможно без преобразования технического вуза в инновационный. Преобразование технического вуза в инновационный происходит по нескольким основным направлениям:

– преобразование структуры управления с использованием принципов системы менеджмента качества;

– создание инновационной инфраструктуры, объединяющей науку, образование и производство;

– использование и развитие передовых инновационных и информационных технологий;

– интеграция в мировое научное и образовательное пространство;

– диверсификация источников финансирования и развитие научного потенциала.

Понятие «инновация», согласно Концепции инновационной политики России, определяется как «конечный результат инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного продукта, реализуемого на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности» [1]. Инновация не является монолитным, изолированным объектом или сущностью, а состоит из следующих основных элементов:

– инновационная стратегия;

– инновационное планирование;

– инновационная деятельность.

Инновационная стратегия, определяет следующие направления инновационного развития вуза:

– социальные;

– образовательные программы;

– научные исследования;

– образовательный сервис;

– новые организационно-правовые формы автономии вуза (реинжиниринг).

В вузе инновационная стратегия основывается на широком внедрении новшеств, использовании возможностей, реализация которых требует применения современных стандартов и технологий.

Инновационная деятельность вуза является совокупностью взаимосвязанных видов работ по созданию и распространению инноваций. Основными видами инновационной деятельности являются следующие:

– образовательная деятельность;

– научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР);

– технологические работы, подготовка производства и проведение промышленных испытаний;

– приобретение патентов, лицензий и ноу-хау;

– инвестиционная деятельность, необходимая для реализации инновационных проектов;

– сертификация и стандартизация инновационных продуктов и изделий, необходимых для их изготовления;

– маркетинг и организация рынков сбыта инновационной продукции;

– подготовка и переподготовка кадров для инновационной деятельности и др.

Инновационная деятельность, как правило, характеризуется достаточно высокой степенью неопределенности и риска, поэтому важными принципами ее планирования являются гибкость, непрерывность, сбалансированность, результативность, а также адаптивность планируе-

мых бюджетов к быстро изменяющейся среде инновационных процессов.

Инновационное планирование деятельности вуза, является именно тем фундаментом, на котором строится все инновационное здание, сущность которого состоит в грамотном и качественном планировании ресурсов для достижения целей инновационной стратегии. Инновационное планирование реализуется в 2 этапа:

1. Стратегическое планирование инновационной деятельности. Необходимо для разработки вариантов основных и альтернативных путей развития, средств достижения инновационных целей. Конечным результатом является создание непосредственно инновационного проекта.

2. Оперативное планирование инновационной деятельности. Формирование подпроектов для реализации инновационного проекта, планирование сроков работ, необходимый объем ресурсов.

Однако текущее развитие системы образования не позволяет в полной мере осуществлять инновационную деятельность многим вузам страны, и основные недостатки связаны, в первую очередь, с инертностью мышления, отсутствием гибкой системы управления, нерациональностью в распределении ресурсов вуза, а также самыми главными проблемами – ограниченностью финансирования и невозможностью свободной реализации своих услуг из-за жесткого контроля со стороны правительства. Тем самым можно сформулировать проблемы, с которыми сталкиваются вузы при преобразовании в инновационные. Всю совокупность проблем можно разделить на 3 группы:

1. Инвестиционные. Существующая система государственного обеспечения не может в полной мере решить эту задачу. Она посильна вузу при участи государства и только при консолидации всех внутренних и внешних ресурсов, их рациональном распределении.

2. Юридические. Заключаются в отсутствии закона об инновационной деятельности, сверхпристальном контроле за деятельностью вуза со стороны государства, в результате чего в правовом отношении запрещены некоторые аспекты деятельности, законодательно не определены приоритеты этой деятельности. При этом вузу приходится искать любые пути и способы развития своего научно-технического потенциала.

3. Внутренние. Эти проблемы связаны, в первую очередь, со слабой регламентацией принципов и правил использования финансовых и материальных ресурсов университета, слабой мотивацией на достижение конечного результата со стороны сотрудников вуза.

Из всех выделенных проблем, вуз может эффективно и самостоятельно решить только инвестиционные и внутренние. Они связаны с нерациональным использованием ресурсного потенциала вуза и отсутствием информационной поддержки принятия административно-хозяйственных и финансовых решений. Для этого необходимо использовать инструменты и методы планирования инновационной деятельности вуза с элементами системы сбалансированных показателей. Плановую деятельность в вузе, осуществляющем инновационную деятельность, необходимо рассматривать в единстве с инновационной инфраструктурой и инновационной стратегией вуза, основываясь на процессном подходе и процессной модели вуза. Преимущество процессного подхода состоит в непрерывности и гибкости управления, которое он обеспечивает на стыке отдельных процессов в рамках их системы, а также при их комбинации и взаимодействии. Как уже упоминалось, «желаемый результат достигается эффективнее, когда деятельностью и соответствующими ресурсами управляют как процессом» [1]. Под процессом понимается любая деятельность или комплекс деятельности, в которой используются ресурсы для преобразования входов в выходы. Процессно-ориентированный подход позволяет раскрыть понятие организационной структуры самого вуза, его процессов, структуру данных и функций, свести в единую модель взаимосвязанные бизнес-процессы, что, в свою очередь, дает возможность получать представление о работе вуза с различных точек зрения: какова величина затрат того или иного процесса; элементом какого бизнес-процесса является тот или иной процесс, исходя из которого определяют бюджет ресурсов процесса; кто отвечает за выполнение бизнес-процесса; какие данные необходимы на каждом этапе бизнес-процессов для их выполнения. В связи со всем вышеизложенным серьезный научный и практический интерес представляет собой разработка инструментов и методов планирования инновационной деятельности вуза. Основа этой разработки заключается в регламентации и формализации бизнес-процессов, имеющихся в вузе, в соответствии с принципом процессного подхода, опирающегося на модель вуза и инновационную стратегию.

Система планирования инновационной деятельности имеет собственную структуру и направленность, основанную на методике бюджетирования. Бюджетирование инновационной деятельности представляет собой процесс подготовки отдельных бюджетов по структурным или функциональным подразделениям вуза, разработанных на основе утвержденных высшим руководством программ развития. Оно может рассматриваться более широко, чем просто процесс составления смет. Бюджетирование инновационной деятельности должно рассматриваться как целостная система выбора инновационных целей, планирование ресурсов в рамках принятой инновационной стратегии для достижения конечного результата. Порядок и правила планирования бюджетов, контроль за их исполнением формирует систему внутреннего финансового управления инновационным проектом. Основной целью разработки является эффективное использование ресурсов вуза за счет применения новых инновационных технологий и программных решений. Для контроля за эффективностью исполнения бюджетов необходима система, учитывающая все особенности инновационного вуза, а именно – система сбалансированных показателей. Сбалансированная система показателей (ССП) дополняет систему финансовых параметров уже свершившегося прошлого, а также:

– указывает направления ресурсных потоков в инновационной деятельности;

– указывает причину изменения ресурсных потоков;

– помогает сконцентрировать ресурсные потоки в инновационной деятельности;

– выявляет те ключевые бизнес-процессы, на усовершенствовании которых должен сосредоточиться вуз, чтобы как можно лучше реализовать свою концепцию образования и инновационной деятельности.

Главная особенность ССП заключается в том, что она тесно связана с бизнес-процессами, направленными на качественную реализацию всей инновационной деятельности вуза, в которую вовлечены все участники бизнес-процессов. В инновационной деятельности вуза основным процессом является инноватика, представляющая собой любую совокупность инновационных процессов, задействованных в вузе. При этом из всей инноватики вуза можно выделить такую составляющую, как инновационный портфель (рис. 1). Инновационный портфель представляет собой совокупность инновационных процессов, выделенных из инновационной стратегии вуза, и является основой инновационной деятельности вуза. Инновационные процессы, в свою очередь, представлены регламентированными и формализованными бизнес-процессами, задача которых состоит в преобразовании входов в выходы и реализации инновационных процессов на основе имеющихся ресурсов. Таким образом, инновационный портфель представляет собой консолидацию инновационных проектов, сущность которых является в преобразовании входов (ресурсов) в выходы (НИОКР и пр.), и которые существуют в виде связанных между собой процессов.

Внутренняя структура портфеля представляет собой набор инновационных проектов, объединных системой бюджетов (рис. 2).

Консолидированный бюджет представляет собой совокупность формализованных, взаимосвязанных бюджетов разных направлений деятельности, для которых составлен регламент их формирования, консолидации и исполнения. Бюджеты подразделений строятся в зависимости от их сложившихся экономических взаимоотношений, степени их участия в том или ином инновационном проекте. Консолидированный бюджет призван реализо-

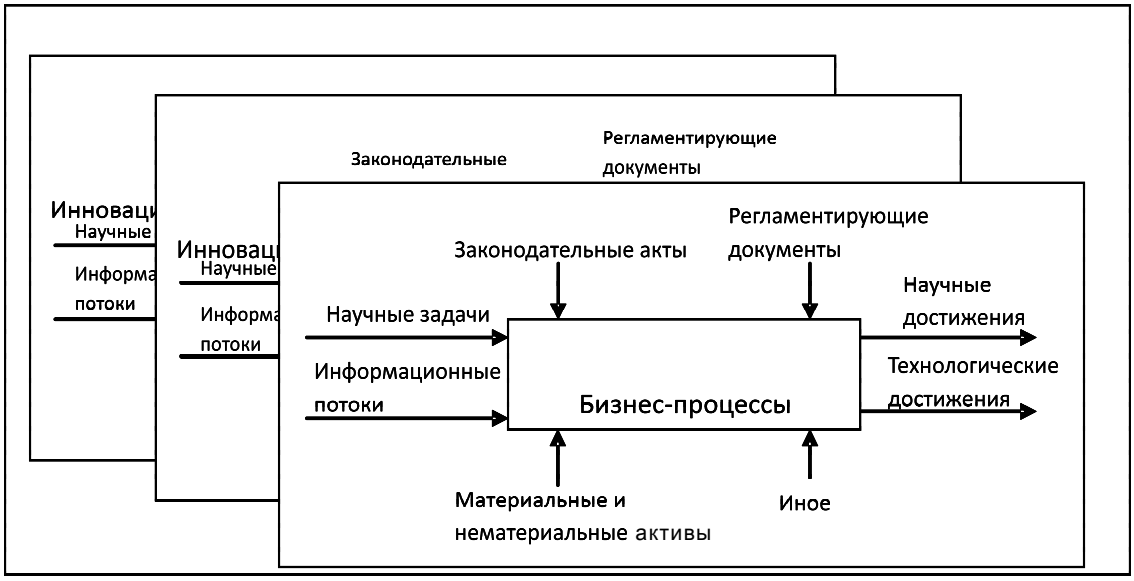


Рис. 1. Сущность и структура инновационного портфеля

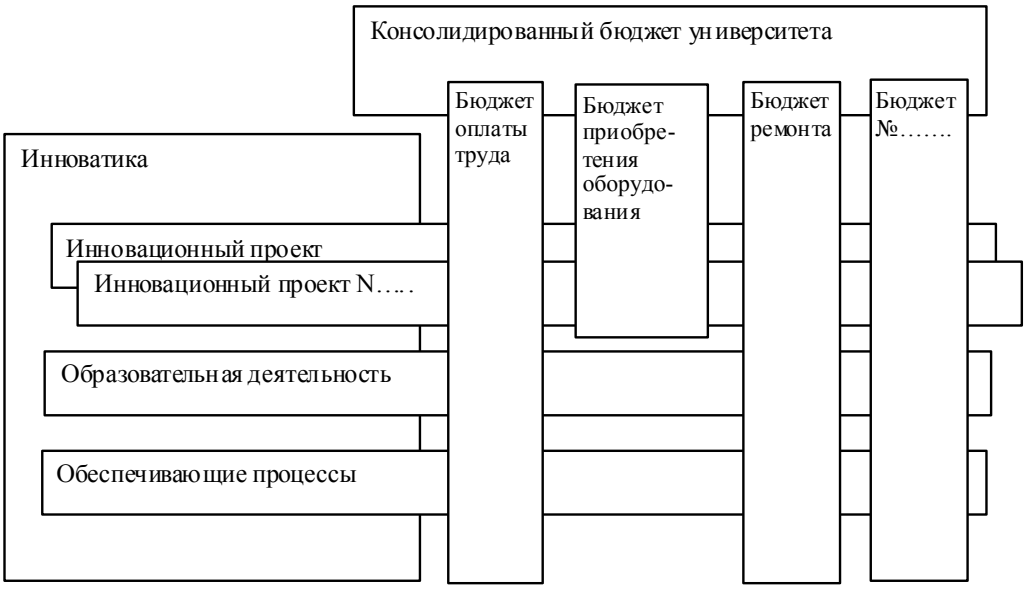


Рис. 2. Схема бюджетирования инновационной деятельности

вать функции учета, контроля и анализа, которые можно объединить в план-факторный анализ.

Таким образом, связь всех элементов, а именно планирования, бизнес-процессов, системы сбалансированных показателей, позволит в полной мере осуществить обоснованное планирование и контроль за исполнением инновационной стратегии вуза.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9004–2001. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности. Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 15.08.2001 г. № 334-ст. М. : Изд-во стандартов, 2001.

L. V. Erygina, V. Yu. Gavrilov

PLANNING THE INNOVATION ACTIVITY OF THE HIGHER SCHOOL: TOOLS AND METHODS

The basic conditions of the state educational institutions of higher vocational training functioning are considered. It is revealed that the basic direction of the Higher school development is the innovation activity realization. The difficulty of the Higher school management is the investigators are to search for new tools and methods, in particular in planning activity of such a Higher school.

Keywords: tools, methods, planning.

УДК 657.631.8 (075.8)

Е. А. Елгина, И. В. Федоренко

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ, СОПОСТАВИМОСТЬ И ИЗМЕНЕНИЯ УЧЕТНОЙ ПОЛИТИКИ: ИСКЛЮЧЕНИЕ, КОМПРОМИСС ИЛИ СИНТЕЗ?

Рассматриваются изменения учетной политики во взаимосвязи с принципами бухгалтерского учета. Проводится анализ изменений учетной политики с принципами последовательности и сопоставимости данных учета и отчетности.

Ключевые слова: изменения учетной политики, принципы бухгалтерского учета, международные стандарты финансовой отчетности.

В процессе реформирования национальной системы бухгалтерского учета в России происходит переход от жесткой регламентации государством правил учета к их многовариантности.

Казалось бы, бухгалтерский учет представляет собой строго регламентированную последовательность действий по оформлению и заполнению документов и оформлению различных регистров и отчетов. Тем не менее, это далеко не так: при всем обилии «регуляторов», учет всегда предполагал вариантность действий на всех этапах его ведения. Данная вариантность имеет под собой сложную основу: это и внутренние противоречия самих «регуляторов» – нормативных актов, и отсутствие регулирования отдельных видов операций в силу различных причин, и сложность интерпретации отдельных фактов хозяйственной жизни.

Реальным, а зачастую и единственным, инструментом нахождения оптимального варианта отражения тех или иных фактов хозяйственной жизни, хозяйственных операций в системе учета является учетная политика организации.

Более того, как справедливо отмечают многие специалисты, учетная политика в настоящее время стала обязательным документом, принимаемым организацией, в котором в соответствии с действующими нормативными документами по бухгалтерскому учету закрепляются применяемые данной организацией правила (способы) ведения бухгалтерского учета.

Важность формирования адекватной учетной политики обусловлена не только тем, что без этого невозможно сформировать достоверную отчетность при приемлемых расходах на ведение учета, но еще и тем, что любые изменения в учетной политике нежелательны, поскольку входят в противоречие с такими принципами, как последовательность применения учетной политики и сопоставимость отчетных показателей [1].

Российский бухгалтерский учет до сих пор находится в стадии реформирования. В результате реформ российский бухгалтерский учет должен приблизиться к учету в соответствии с международными стандартами финансовой отчетности. В свете этого достаточно интересно посмотреть, насколько «близки» или «далеки» российские стандарты бухгалтерского учета (РСБУ) и международные стандарты финансовой отчетности (МСФО), в том числе по вопросам изменения учетной политики организации.

Вопросы изменения учетной политики рассматриваются в международном стандарте МСФО (IAS) 8 «Учет-

ная политика, изменения в расчетных оценках и ошибки». В системе нормативного регулирования бухгалтерского учета в Российской Федерации действует Положение по бухгалтерскому учету «Учетная политика организаций» ПБУ 1/2008 (утв. приказом Минфина РФ от 06.10.2008 г. № 106 н).

В соответствии с МСФО (IAS) 8 «Учетная политика, изменения в расчетных оценках и ошибки», учетная политика – это конкретные принципы, основы, соглашения, правила и практика, применяемые организацией для подготовки и представления финансовой отчетности [2].

В соответствии с Положением по бухгалтерскому учету «Учетная политика организаций» ПБУ 1/2008, под учетной политикой организации понимается принятая ею совокупность способов ведения бухгалтерского учета – первичного наблюдения, стоимостного измерения, текущей группировки и итогового обобщения фактов хозяйственной деятельности.

К способам ведения бухгалтерского учета относятся способы группировки и оценки фактов хозяйственной деятельности, погашения стоимости активов, организации документооборота, инвентаризации, способы применения счетов бухгалтерского учета, системы регистров бухгалтерского учета, обработки информации и иные соответствующие способы и приемы.

Известно, что учетная политика, в первую очередь, должна соответствовать нормативно закрепленным принципам бухгалтерского учета и являться инструментом их воплощения в жизнь.

В концепции (принципах) подготовки и составления финансовой отчетности по международным стандартам в составе группы принципов «качественные характеристики финансовой отчетности» провозглашена характеристика «сопоставимость». Она наряду с указанием на необходимость достижения сопоставимости показателей финансовой отчетности за разные отчетные периоды и различных организаций предполагает, что измерение и отражение финансовых результатов от аналогичных операций и других событий должны осуществляться по методологии, единой для всей компании на протяжении ее существования, равно как для разных компаний.

Наряду с прочими принципами учета (допущениями и требованиями) ПБУ 1/98 утверждает допущение последовательности применения учетной политики, предполагающее, что принятая организацией учетная политика применяется последовательно от одного отчетного года к другому. Аналогичное требование предусмотрено в Концепции бухгалтерского учета в рыночной экономике России (одобрена Методологическим советом по бухгалтерскому учету при Министерстве финансов Российской Федерации, Президентским советом Института профессиональных бухгалтеров 29.12.1997 г.)

Согласно п. 6.4 названного документа, заинтересованные пользователи должны иметь возможность сравнивать информацию об организации за разные периоды времени, для того чтобы определить тенденции в ее финансовом положении и финансовых результатах деятельности. Они должны также иметь возможность сопоставлять информацию о разных организациях, чтобы сравнить их финансовое положение, финансовые результаты деятельности и изменения в финансовом положении.

Выполнение требования сопоставимости обеспечивается тем, что заинтересованные пользователи должны быть информированы об учетной политике, принятой организацией, любых изменениях в такой учетной политике и влиянии этих изменений на финансовое положение и финансовые результаты деятельности организации.

Обеспечение сопоставимости не означает унификацию и не предполагает какие-либо препятствия для совершенствования правил бухгалтерского учета и учетных процедур. Организация не должна вести учет какого-то факта хозяйственной деятельности тем же образом, что и раньше, если принятая учетная политика не обеспечивает реализацию таких требований, как уместность и надежность, либо существует лучшая альтернатива.

Исходя из этих норм и требований, можно констатировать наличие противоречий между принципами последовательности и сопоставимости, с одной стороны, и изменениями учетной политики, вызванными изменениями законодательства или хозяйственной жизни, во взаимосвязи с такими принципами РСБУ, как приоритет содержания перед формой, полнота, рациональность, и такими принципами МСФО, как уместность, надежность и правдивость, с другой стороны.

По нашему мнению, это противоречие носит не антагонистический, а диалектический характер, позволяя более полно реализовать функции учетной политики в конкретной ситуации экономической жизни хозяйствующего субъекта. По-разному реализуясь на стадиях учетного процесса (см. таблицу), эти принципы позволяют обеспечить диалектическое единство документированного наблюдения за хозяйственной жизнью с достоверными и сопоставимыми показателями отчетности, характеризующими результаты хозяйственной жизни и состояние экономического субъекта.

Заметим, что в системе налогового учета в Российской Федерации также предусмотрено последовательное применение учетной политики организаций, а именно, ст. 313 Налогового Кодекса Российской Федерации предполагает, что система налогового учета организуется налогоплательщиком самостоятельно, исходя из принципа последовательности применения норм и правил налогового учета, т. е. применяется последовательно от одного налогового периода к другому.

Как видим, во всех рассмотренных нормативных документах наблюдается требование необходимости последовательного применения учетной политики и обеспечения сопоставимости.

В соответствии с нормативными требованиями, учетная политика организации не может ежегодно переиздаваться, но при необходимости в нее должны вноситься изменения. В противном случае, организации допускают прямое нарушение как минимум двух основополагающих документов – Налогового Кодекса Российской Федерации и Положения по бухгалтерскому учету «Учетная политика организаций» ПБУ 1/2008.

В связи с этим, требуется более точно определить, что такое изменение учетной политики организации, в соответствии с РСБУ и МСФО.

Заметим, что сам термин «изменение учетной политики организации» не определен в названных системах документов, но в них присутствует описание критериев классификации ситуации в качестве изменения учетной политики.

Так, в соответствии с Положением по бухгалтерскому учету «Учетная политика организаций» ПБУ 1/2008 (п. 10), изменение учетной политики организации может производиться в следующих случаях:

– изменения законодательства Российской Федерации или нормативных актов по бухгалтерскому учету;

– разработки организацией новых способов ведения бухгалтерского учета;

– если применение нового способа ведения бухгалтерского учета предполагает более достоверное представление фактов хозяйственной деятельности в учете и отчетности организации или меньшую трудоемкость учетного процесса без снижения степени достоверности информации;

– существенного изменения условий деятельности, которое может быть связано с реорганизацией, сменой собственников, изменением видов деятельности и т. п.

В соответствии с п. 14 МСФО (IAS) 8 «Учетная политика, изменения в расчетных оценках и ошибки» организация обязана менять свою учетную политику лишь в том случае, когда ее изменение продиктовано каким-либо стандартом или толкованием или приводит к тому, что финансовая отчетность дает более надежную и относящуюся к делу информацию о воздействии операций, других событий или условий на финансовое положение организации, ее финансовые результаты деятельности или потоки денежных средств.

Заметим, что во многом критерии квалификации факта изменения учетной политики по РСБУ и МСФО идентичны, хотя очевидно, что МСФО акцентируют внимание на влиянии событий или условий на финансовое положение, финансовые результаты и денежные потоки. То есть если события и условия влияют на названные показатели, то для надежного и правдивого отражения этого влияния необходимо изменить учетную политику. В ПБУ 1/2008 отдельно выделено изменение условий деятельности как факт, требующий изменения учетной политики. Однако изменение этих условий не всегда приводит к существенному воздействию на финансовое положение, финансовые результаты и потоки денежных средств. Следовательно, изменение условий деятельности не однозначно приводит к изменению учетной политики организации.

Как в ПБУ 1/2008, так и в МСФО (IAS) 8 отмечаются факты хозяйственной жизни, не являющиеся основанием для изменения учетной политики. Так, в соответствии с МСФО (IAS) 8, не являются изменением учетной политики следующие действия:

– применение учетной политики к таким операциям, другим событиям или условиям, которые отличаются по существу от ранее происходивших;

– применение новой учетной политики к таким операциям, другим событиям или условиям, которые не происходили ранее или были несущественными.

Аналогичный пункт приведен в ПБУ 1/2008 в следующей редакции: «Не считается изменением учетной политики утверждение способа ведения бухгалтерского учета фактов хозяйственной деятельности, которые отличны по существу от фактов, имевших место ранее, или возникли впервые в деятельности организации».

На первый взгляд, кажется, что эти две формулировки абсолютно идентичны, однако это не так. В МСФО во втором условии отмечается, что не является изменением учетной политики применение новой учетной политики к операциям, событиям и условиям, которые были несущественны. В ПБУ 1/2008 такого замечания нет. Таким образом, следуя логике ПБУ, даже если операции, события и условия были несущественны и меняется способ их отражения в учете, то это является изменением учетной политики, и, следовательно, к таким событиям применяются все необходимые требования по поводу внесения изменений, такие как время внесения изменений, способ их раскрытия и оценки.

На наш взгляд, существенным отличием рассматриваемых документов является то, что в соответствии с РСБУ изменения учетной политики должны вводиться в действие с 1 января следующего финансового года. МСФО не акцентируют внимание на какой-либо конкретной дате. Учитывая основополагающие допущения, качественные характеристики и ограничения информации, отражаемой в финансовой отчетности, составленной по МСФО, можно предположить, что по МСФО изменения могут вноситься в учетную политику с любой даты, главное, чтобы при этом повышалась достоверность финансовой отчетности, а факты и события отражались более правдиво.

Особо остановимся на вопросе применения и оценки изменений учетной политики организации, поскольку этот вопрос, во-первых, является весьма сложным с практической точки зрения и, во-вторых, интересен с точки зрения сопоставления с МСФО.

Итак, на первый взгляд, кажется, что, как и в МСФО, в РСБУ предполагается ретроспективное применение изменений учетной политики. Однако при более внимательном изучении МСФО (IAS) 8 «Учетная политика, изменения в расчетных оценках и ошибки» и Положения по бухгалтерскому учету «Учетная политика организаций» ПБУ 1/2008 вырисовываются некоторые существенные, на наш взгляд, разночтения, которые мы и попытаемся далее показать.

Взаимосвязь принципов учета и стадий учетного процесса

Принципы учета и изменение учетной политики	Стадии бухгалтерского учета
Последовательность	Все стадии учетного процесса
Сопоставимость	Стадия формирования отчетности
Изменения учетной политики	Текущий бухгалтерский учет – все стадии, ретроспективный аспект – формирование отчетности

Как уже было отмечено, организации, составляющие финансовую отчетность по МСФО, должны применять изменения учетной политики ретроспективно, кроме случаев, когда организация начинает использовать какой-то стандарт МСФО впервые и в этом стандарте присутствует конкретное описание перехода на новые методики и когда на начало текущего периода практически невозможно определить общее воздействие применения новой учетной политики на все предшествующие периоды.

Рассмотрим, что предполагает ретроспективное применение изменений учетной политики.

В соответствии с п. 5 «Определения» МСФО (IAS) 8 «Учетная политика, изменения в расчетных оценках и ошибки», ретроспективное применение – это применение новой учетной политики к операциям, другим событиям и условиям таким образом, как если бы эта политика применялась всегда. При этом организация обязана скорректировать входящее сальдо каждого затронутого компонента собственного капитала за самый ранний представленный период и другие соответствующие суммы, раскрытые за каждый представленный в отчетности предшествующий период, как если бы новая учетная политика применялась всегда.

Читая Положение по бухгалтерскому учету «Учетная политика организаций» ПБУ 1/2008, видим (п. 16), что ретроспективное отражение последствий изменения учетной политики заключается в корректировке входящего остатка по статье «Нераспределенная прибыль (непокрытый убыток)» за самый ранний представленный в бухгалтерской отчетности период, а также значений связанных статей бухгалтерской отчетности, раскрываемых за каждый представленный в бухгалтерской отчетности период, как если бы новая учетная политика применялась с первого момента возникновения фактов хозяйственной деятельности данного вида.

Последствия изменения учетной политики, оказавшие или способные оказать существенное влияние на финансовое положение, движение денежных средств или финансовые результаты деятельности организации, отражаются в бухгалтерской отчетности исходя из требования представления числовых показателей минимум за два года.

Подводя итог всему вышесказанному, можно отметить, что вопросы изменения учетной политики организации, с одной стороны, регулирующиеся в Российской Федерации Положением по бухгалтерскому учету «Учетная политика организаций» ПБУ 1/2008 и, с другой стороны, рассмотренные в МСФО (IAS) 8 «Учетная политика, изменения в расчетных оценках и ошибки», нельзя считать полностью соответствующими друг другу.

Необходимость внесения изменений в учетную политику организации и необходимость оценки этих изменений затрагивает многие организации, но, к сожалению, действующие стандарты бухгалтерского учета не дают полного ответа на вопрос, как это необходимо делать.

Библиографический список

1. Федоренко, И.В. Учетная политика организации : учеб. пособие / И. В. Федоренко, И. Р. Клинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2007.

2. Международные стандарты финансовой отчетности 2005 : изд. на рус. яз. М. : Аскери-АССА, 2005.

E. A. Elgina, I. V. Fedorenko

SEQUENCE, COMPARABILITY AND CHANGES OF ACCOUNTING POLICY: EXCEPTION, THE COMPROMISE OR SYNTHESIS?

The modification of the accounting policy in according with other accounting principles are considered. The analysis with the principles of consistency and comparability of data recording and reporting.

Keywords: modification of the accounting policy, accounting principles, International Finansial Reporting Standards.

УДК 338

Е. Н. Кочеткова, А. А. Лукьянова

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИИ

Предпринимательская сфера Хакасии стала одним из существенных источников насыщения рынка товарами и услугами. Динамичное развитие малого предпринимательства является одним из важнейших факторов прироста валового регионального продукта.

Малый бизнес республики обладает большими потенциальными возможностями для роста производства товаров и услуг, которые мы ежедневно наблюдаем, играет важную роль в решении экономических и социальных задач – увеличении валового регионального продукта и налоговой базы, создании новых рабочих мест, насыщении потребительского рынка товарами и услугами.

Ключевые слова: малый бизнес, отраслевая структура, организационно-экономические аспекты, предпринимательская инициатива, формы поддержки.

Малый бизнес в России, его развитие – важная задача государства и общества. Перспективы строительства развитой рыночной экономики в России во многом связаны с процессами становления малого бизнеса и предпринимательства. В 2007 г. количество малых предприятий в России впервые превысило миллион, и 60 % из них относятся к сфере торговли и услуг, а инновационный, научно-технический, производственный секторы пока развиваются медленно. Но чтобы 70 % россиян, как указано в стратегии развития страны до 2020 г., могли причислить себя к среднему классу, предприятий малого бизнеса должно стать вдвое-втрое больше, чем теперь.

Еще 10 лет назад малый бизнес в России выполнял в основном социальную функцию, от него требовалось обеспечить людей работой и зарплатой.

В настоящее время перспективы развития производительных сил и общественного разделения труда теснейшим образом увязаны с проблемой оптимизации размеров предприятий и функционального разделения труда между крупными и мелкими предприятиями.

Реформирование современной российской экономики с целью ее адаптации к рыночным условиям выдвигает на первый план проблемы достижения устойчивого развития всех регионов, входящих в состав Российской Федерации. Решение практических задач совершенствования региональной экономики требует тщательного исследования возможностей успешного функционирования ее составляющих, теоретического рассмотрения особенностей и сущности экономического потенциала региона, основой которого, в силу ориентации на местные рынки, является малый бизнес.

Малый бизнес вследствие своей размерной специфики является наиболее уязвимым сектором экономики. Прежде всего, реализация экономического потенциала малыми предприятиями во многом зависит от возможностей и условий их финансирования. Малый бизнес неспособен самостоятельно справляться с рядом проблем, вытекающих из его размерной специфики [1]. Поэтому в современных условиях он выступает объектом всестороннего социально-экономического, правового воздействия государства – силы, способной не только корректировать, но также существенно изменять характер и направления его стихийной эволюции. Это обусловливает объективную необходимость управления предпринимательской средой и эффективной государственной поддержки малых предприятий на федеральном, региональном и республиканском уровнях.

Как показывает мировая и отечественная практика, малое предпринимательство, учитывая его характерные особенности, нуждается в постоянном внимании и поддержке со стороны органов государственной власти и общественных структур. В настоящее время многие проблемы в развитии малого предпринимательства порождены именно недостатками государственной экономической политики, определяющей основные параметры внешней среды, в которой происходит развитие малого бизнеса.

Развитие малого предпринимательства является фактором экономической и социальной стабильности региона. Экономика такого региона становится менее восприимчивой к циклическим кризисам, легче приспосабливается к изменению спроса, эффективнее внедряет инновации, повышает свою устойчивость за счет перераспределения рисков.

Сегодня Хакасия – успешно развивающийся субъект Российской Федерации, занимающий достойное место среди регионов Сибирского федерального округа. Она располагает значительным экономическим, ресурсным и инвестиционным потенциалом.

Предпринимательская сфера Хакасии стала одним из существенных источников насыщения рынка товарами и услугами. Динамичное развитие малого предпринимательства является одним из важнейших факторов прироста валового регионального продукта. Данный сектор создает около 15 % валового регионального продукта Хакасии. В республике в настоящее время функционирует 2 379 предприятий малого предпринимательства. За первое полугодие 2008 г. в республике осуществляют деятельность 17 941 индивидуальный предприниматель (в том числе крестьянские фермерские хозяйства).

В республике в настоящее время работают 587 малых предприятий (без микропредприятий), 57 средних предприятий [1].

Структура малых предприятий по видам экономической деятельности в течение ряда лет остается практически неизменной. Сфера торговли и общественного питания, в связи с достаточно высокой оборачиваемостью

капитала, является наиболее предпочтительной для малого бизнеса. На первое полугодие 2008 г. ее удельный вес составил 30,2 % в общем количестве малых предприятий (без микропредприятий) республики. На предприятия промышленности приходится 23 % удельного веса малых предприятий (без микропредприятий), 12 % – на строительство и на прочие – 23 % (рис. 1).

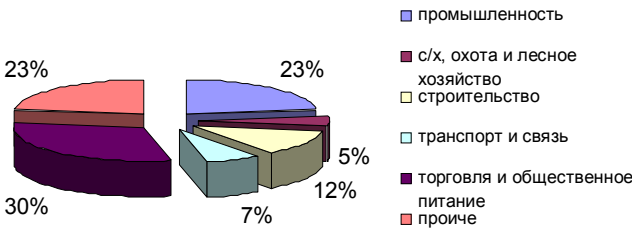


Рис. 1. Отраслевая структура малых предприятий Республики Хакасии в первом полугодии 2008 г.

В республике в начале 2008 г. наметилось существенное продвижение по направлению «стимулирование развития малых форм хозяйствования в агропромышленном комплексе». И как следствие – увеличение объемов реализации продукции личными подсобными и фермерскими хозяйствами.

Значительно окреп в республике малый бизнес. По занятости малый бизнес Хакасии входит в первую десятку российских регионов. Но малый бизнес растет не только в количественном измерении. В регионе финансируется ряд перспективных бизнес-проектов. Имеется широкий спектр направлений для развития спортивного, оздоровительного и экстремального туризма. Предприниматели республики проявляют серьезный интерес к рекламному, страховому бизнесу, к развитию сферы потребительского рынка товаров и услуг.

Один из приоритетов деятельности – создание в республике конкурентоспособного туристического комплекса, обеспечивающего широкие возможности для удовлетворения потребностей жителей Хакасии, российских и иностранных граждан в разнообразных услугах. На протяжении последних лет республика по востребованности находится в числе лидеров туризма Сибирского федерального округа.

Численность работающих на малых предприятиях (без учета внешних совместителей) за первый квартал 2008 г. составила 27,7 тыс. человек. По оценке первого полугодия численность работающих на малых и средних предприятиях (без учета внешних совместителей) увеличилась на 0,5 тыс. человек и составила 28,2 тыс. человек (рис. 2).

Доля занятых в сфере малого и среднего предпринимательства от общей численности работающих в экономике составляет около 19 %, т. е. из 249,1 тыс. человек экономически активного населения, занятого в экономике, 46 тыс. человек осуществляют деятельность в сфере малого бизнеса [2].

Доля отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами малых и средних предприятий в общем объеме валового регионального продукта по предварительным данным составила 13,2 % (рис. 3).

В первом полугодии 2008 г. произошло увеличение в 1,7 раза (составило 2 206,4 млн руб.) показателя отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами малых предприятий в сравнении с первым кварталом 2008 г., в том числе по следующим видам экономической деятельности:

– промышленность составила 528,8 млн руб.;

– сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство достигает 117,5 млн руб.;

– строительство составило 543,1 млн руб.

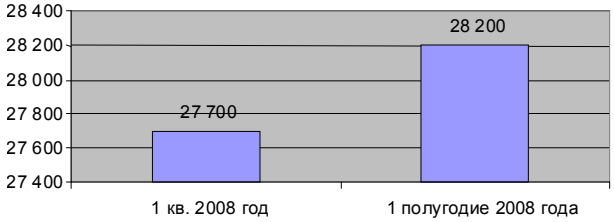


Рис . 2. Численность работающих на малых предприятиях

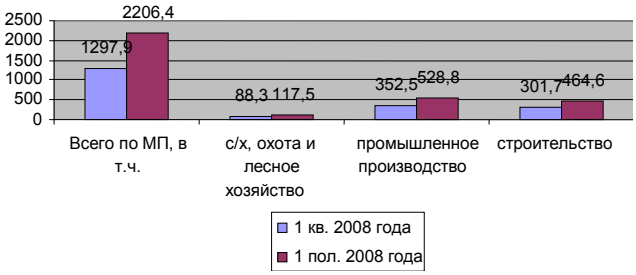


Рис. 3. Доля отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами малых и средних предприятий

Оборот розничной торговли за первое полугодие 2008 г. составил 876,6 млн руб. Увеличение объемов оборота производства и реализации товаров и услуг субъектами малого предпринимательства связано с улучшением общей экономической ситуации, увеличением покупательской способности населения, ростом его доходов [3].

Но предпринимательство, развивающееся как в России так и в Республике Хакасии, неизбежно сталкивается с целым рядом проблем:

1. Ориентацией экономической политики на обеспечение интересов хозяйственных и финансовых структур, монополизацией факторов производства и каналов движения товаров, что создает менее благоприятные условия для деятельности малых предприятий и приводит к недостаточному учету их интересов при разработке и реализации государственной политики.

2. Ограниченностью внутреннего рынка, в том числе спроса на продукцию субъектов малого предпринимательства, в связи с сокращением поставок для государственных нужд, недостатком свободных финансовых ресурсов предприятий-потребителей и низкой покупательной способностью населения в условиях растущего давления со стороны зарубежных поставщиков.

3. Чрезмерной жесткостью фискальной и кредитно-денежной политики, приводящей к обострению проблем воспроизводства (недостаточность ресурсов для текущей деятельности и развития), и, как следствие, вынужденным бегством субъектов малого бизнеса в «теневую экономику».

4. Усилением региональной дифференциации экономики и «регионализацией» внутреннего рынка вследствие

роста транспортных тарифов, недостаточного развития инфраструктуры и действия субъективных факторов, приводящих к неравным условиям для развития субъектов малого бизнеса в различных регионах.

5. Несовершенством и противоречивостью нормативно-правовой базы, неурегулированностью отношений собственности, создающих трудности участия субъектов малого предпринимательства в институциональных преобразованиях, невозможностью осуществления стратегического планирования.

Как пример успешного предпринимательства можно упомянуть криминальные структуры. Исследователи делали попытки включить мафиозные организации в круг объектов изучения экономической теории. Но возникает вопрос, должны ли мы рассматривать мафиозную организацию как предприятие, производящее определенную продукцию или услуги, продажа или потребление которых является незаконной, или же мафиозная организация должна восприниматься как псевдоправительственная, определяющая правила игры и экономической деятельности на определенной территории.

Развитие и поступательный рост показателей малого бизнеса зависит от конструктивного взаимодействия органов власти и субъектов малого и среднего предпринимательства. Механизмы такого взаимодействия определяются в комплексных мероприятиях республиканской целевой программы «Развитие субъектов малого и среднего предпринимательства в Республике Хакасия».

Основные цели и задачи данных мероприятий заключаются в создании благоприятных условий деятельности малых и средних предприятий, развитии прогрессивных финансовых технологий поддержки малого и среднего предпринимательства, обеспечении методической, информационной, консультационной, юридической поддержки в развитии и совершенствовании инфраструктуры поддержки малого и среднего предпринимательства в городах и районах республики.

В целях оказания содействия субъектам малого и среднего предпринимательства, занятым в сферах сельского хозяйства и промышленной переработки, в расширении рынка сбыта произведенной продукции, а также в целях укрепления связи между городами и селами республики, в первом полугодии 2008 г. проведена республиканская ярмарка по продаже сельскохозяйственной продукции и продуктов ее переработки.

В целях поддержки предпринимательской инициативы граждан, создания условий для сохранения, возрождения и развития народных художественных промыслов в республике проведен фестиваль народных промыслов «Чон-Узы – Народный умелец», активное участие в котором приняли 11 субъектов малого и среднего предпринимательства.

С целью информирования субъектов малого и среднего предпринимательства о видах и формах государственной поддержки предпринимательства в республике изготовлены и распространены среди субъектов малого и среднего бизнеса тематические буклеты «Малый и средний бизнес Республики Хакасия».

Для стимулирования средств массовой информации к более полному и всестороннему отражению становления и успехов развития малого и среднего предпринимательства, информированию общественности о социально значимых предпринимательских проектах в городах и районах республики проведен открытый творческий конкурс среди журналистов и редакций средств массовой информации на лучшее освещение темы о предпринимательстве, посвященный Дню российского предпринимательства.

С целью обеспечения финансовой поддержки субъектов малого предпринимательства в рамках реализации республиканкой целевой программы осуществляется субсидирование (компенсации) части затрат субъектов малого и среднего предпринимательства, в том числе крестьянских (фермерских) хозяйств: по привлекаемым кредитам и (или) займам, по оплате работ (услуг) по сертификации на соответствие требованиям международных стандартов и таможенным платежам для импортирования промышленного оборудования, по оплате за разработку бизнес-проектов в приоритетных направлениях развития малого и среднего предпринимательства, по оплате консультационных услуг.

В рамках республиканской целевой программы «Развитие субъектов малого и среднего предпринимательства в Республике Хакасия» на 2009 г. планируется осуществление государственной поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства в виде нормативно-правовой, информационной, консультационной поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства; поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства в области подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров; финансовой и имущественной помощи субъектам малого и среднего предпринимательства в виде субсидирования (компенсации) части затрат; развития и повышения эффективности функционирования инфраструктуры поддержки малого и среднего предпринимательства в виде поддержки муниципальных программ и (или) комплексных мероприятий.

Работа в данных направлениях позволит достичь в сфере малого предпринимательства в 2009 г. следующих результатов:

– количество вновь образованных субъектов малого и среднего предпринимательства составит 895 единиц;

– количество вновь принятого населения в сектор малого и среднего бизнеса составит около 1,0 тыс. человек;

– рост объема отгруженных товаров собственного производства, работ и услуг, выполненных собственными силами малых и средних предприятий, составит 645,1 млн руб.;

– рост объема поступления налогов на совокупный доход в консолидированный бюджет Республики Хакасии составит 56 266,0 тыс. руб.

Таким образом, малый бизнес республики обладает большими потенциальными возможностями для роста производства товаров и услуг, которые мы ежедневно наблюдаем, играет важную роль в решении экономических и социальных задач – увеличении валового регионального продукта и налоговой базы, создании новых рабочих мест, насыщении потребительского рынка товарами и услугами.

Таким образом, несомненно, малый бизнес является существенным фактором и составной частью реформи-

рования экономики России. Его становление и развитие позволит преодолеть нынешний кризис в сфере производства, стабилизировать экономику и создать предпосылки для устойчивого экономического подъема.

Конечно, отсутствие удовлетворительной теоретической базы для управления малой экономикой, различия в организационно-технологических уровнях развития и рыночной культуре населения России и тех стран, чей опыт мы используем, делает закономерным вывод о том, что прямое заимствование форм и методов поддержки малого бизнеса может оказаться для России неэффективным.

Однако, с другой стороны, всестороннее изучение зарубежного опыта, прежде всего связанного с развитием малого предпринимательства, на общегосударственном, региональном и муниципальном уровнях, является весьма актуальным и полезным для разработки программ поддержки малого бизнеса и осуществления практических мероприятий по развитию малых предприятий.

В сфере малого предпринимательства трудится наиболее активная в экономическом плане часть населения Республики Хакасии. С помощью малого предпринимательства решаются вопросы занятости, сглаживается высокая дифференциация в доходах населения, формируется средний класс, способствующий социально-политической стабильности в обществе. Кроме того, малый бизнес работает на развитие территории, формируя налоговую базу бюджета г. Абакана.

Органы местного самоуправления города уделяют значительное внимание развитию малого предпринимательства, формируя более эффективные меры поддержки малого бизнеса на муниципальном уровне, в целях поддержки положительной динамики развития малого предпринимательства в Республике Хакасии осуществляется планомерная работа по реализации комплексных мер, направленных на поддержку малого бизнеса. И поэтому у малого бизнеса имеются широкие перспективы дальнейшего развития и повышения эффективности деятельности.

Библиографический список

1. Воробьев, А. П. Опыт государственной поддержки малого предпринимательства в Республике Хакасия в 2006–2007 гг. / А. П. Воробьев // Хакасия. 2007. № 24.

2. Малое предпринимательство Республики Хакасия : стат. сб. / Хакасстат. Абакан, 2008.

3. Егорова, Н. Е. Моделирование малого бизнеса в условиях становления рыночных отношений / Н. Е. Егорова // Хакасия. 2007. № 23.

E. N. Kochetkova, A. A. Lukianova

ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC ASPECTS OF SMALL-SCALE BUSINESS OF KHAKASS REPUBLIC

The private enterprise sphere of the Khakass Republic became one of the essential sources of the market glut with goods and services. The dynamic development of the small-scale business is one of the major factors of the Gross Domestic Product growth.

Small-scale business of the republic possesses various potential opportunities for goods and services production growth which we daily have. The production plays an important role in the solution of economic and social problems such as – growth in Gross Domestic Product and tax base, new vacancies creation, filling the consumer market with goods and services.

Keywords: small-scale business, branch structure, organizational-economic aspects, enterprise initiative, forms of support.

УДК 339.976

С. А. Беляков, А. А. Казаков

РЫНОК БИОТОПЛИВА В МЕЖДУНАРОДНОЙ И РОССИЙСКОЙ ПРАКТИКЕ

Рассматривается российский и мировой рынок биотоплива: основные направления, меры поддержки и стимулирования развития биоэнергетики на мировом рынке биотоплива и возможности их использования на российском рынке.

Ключевые слова: биотопливо, биоэтанол, пеллеты, государственная поддержка.

Мировой рынок биотоплива развивается быстрыми темпами, это связано как с проблемами экологии, так и с повышением цен на традиционные виды топлива (нефть, газ).

В 2005 г. вступил в действие Киотский протокол, согласно которому страны-участницы обязались снизить выбросы парниковых газов. Под ограничения данного протокола не попадает сжигание древесины и отходов сельского хозяйства, они считаются CO_2-нейтральным. Использование нейтрального топлива позволяет избежать штрафов за выбросы CO_2 и минимизирует издержки предприятий.

Актуальность использования биотоплива подтверждается тем, что возобновляемые источники энергии дают 1,7 % электричества, и по прогнозам Международной энергетической ассоциации к 2030 г. мировое производство биотоплива увеличится с 40 млн т энергетического эквивалента нефти в 2007 г. до 150 млн т; ежегодные темпы прироста производства составят 7–9 %. В результате, до 2030 г. доля биотоплива в общем объеме топлива в транспортной сфере достигнет 4–6 %. Наибольшим будет прирост производства этанола, поскольку ожидается, что себестоимость его производства будет сокращаться быстрее роста себестоимости производства биодизеля.

Россия является страной, у которой есть как потребность в биотопливе, так и возможность для его производства. Но в настоящее время эта отрасль экономики достаточно слабо развита несмотря на большие возможности и наличие ресурсов. Использование древесины и отходов сельского хозяйства в ряде регионов намного выгоднее сжигания полезных ископаемых.

Одной из главных проблем в данной области является то, что в России, в отличие от большинства стран, отсутствует государственная политика в области биоэнергетики. Активное внедрение биотехнологий невозможно без государственной политики поддержки развития биотоплива.

В Европейском союзе использование биотоплива законодательно стимулируется за счет разнообразных субсидий, налоговых льгот, дотаций, экологических и энергетических налогов.

В России наиболее перспективно использование двух видов биотоплива – биоэтанола и пеллет. Каждый из них может быть произведен из отходов лесозаготовок.

Для создания программы по поддержке биоэнергетики наиболее оптимальным вариантом является анализ мирового опыта в этой области и использование тех мероприятий, которые могут дать положительный эффект для роста российских биотехнологий.

Снятие зависимости от импорта энергии и энергоносителей в большинстве развитых стран стало государственной политикой. К примеру, США заявили о намерении к 2025 г. сократить импорт энергии на три четверти [1. С. 27].

В условиях быстрого роста мирового потребления жидкого углеводородного топлива и нарастающего дефицита нефти, основные его потребители – страны Западной Европы, Америки, Юго-Восточной Азии – быстрыми темпами увеличивают производство и потребление биоэтанола и биодизельного топлива для транспорта. Лидерами производства биоэтанола являются США и Бразилия, биодизельного топлива – Германия. Основанием для быстрого развития этого направления является эффективная государственная политика. Инициативы в области развития биотоплива формируются на высшем государственном уровне. Политика поддерживается законодательно, налоговыми преференциями, мерами технического регулирования, обязывающими включать биодизель и биоэтанол в моторное топливо. Государственная политика в отношении биотоплива сформулирована в США Законом об энергетической политике от 2005 г., в Евросоюзе – Стратегией Евросоюза для биотоплива (2006 г.), Планом действий в области биомассы (2005 г.), национальными законами членов Евросоюза. Развитие биотехнологий с перспективой получения недорогого этанола из целлюлозы позволит довести стоимость биотоплива до конкурентоспособного уровня без использования мер государственной поддержки. Реализация в обозримом периоде программы такого масштаба только за счет рыночных стимулов без государственной инициативы и содействия сегодня невозможна. Монополии топливно-энергетического комплекса не заинтересованы в формировании потенциального конкурента. Государство, имеющее большую социальную ответственность перед населением, своевременно учитывающее возникающие риски и угрозы для развития и безопасности, является субъектом, непосредственно заинтересованным в развитии производства биотоплива на основе возобновляемого растительного сырья и бытовых отходов. Расширение производства и использования биотоплива выгодно государству, так как дает значительный мультипликативный эффект, поскольку не только замещает дефицитные нефтепродукты, но служит также фактором развития сельских территорий, создает дополнительные рабочие места, снижает выбросы углекислого газа, стимулирует развитие биотехнологий, дает дополнительную белковую массу для кормов скоту.

Наиболее активное использование возобновляемых источников энергии из сельскохозяйственного сырья наблюдается в США, Японии, Бразилии, Китае, Индии, Канаде, странах ЕС. Во всех этих странах, даже в нефте- и

газоэкспортирующих, созданы специальные органы исполнительной власти, координирующие реализацию программ в области производства альтернативной энергии.

Так, в США принят закон «О сельском хозяйстве», где указано, что создание биозаводов является национальной задачей, а государственные учреждения страны обязаны использовать биотопливо. Важной мерой по поддержке биоэнергетики являются масштабные исследования по переработке биомассы в биоэтанол в партнерстве государственного и частного секторов. В августе 2005 г. был принят закон об энергетической политике, предусматривающий субсидии и налоговые льготы производителям этанола. В течение 25 лет США предполагают заместить биотопливом до 37 % используемого моторного топлива, а при выполнении программы повышения экономичности автомобилей – до 75 %. В соответствии с ЕРАСТ-2005 США к 2012 г. должны производить более 190 млрд л жидкого топлива из возобновляемых источников. Считается обязательным использование биотоплива наземными военными транспортными средствами.

Европа также активно продвигает развитие биоэнергетики. С этой целью была принята программа доведения доли биотоплива до 5,75 % к 2010 г. К этому времени потребление в Европе автомобильного топлива из возобновляемого сырья (биоэтанол и биодизель) вырастет с 7 до 15 млн т, при этом инвестиции на строительство 40-ка новых заводов биодизеля и 60-ти заводов биоэтанола до 2010 г. составят по крайней мере 4 млрд долларов.

Сегодня 100 %-й биодизель продают около 2 000 заправок. Но дальше всех в планах по развитию биоэнергетики пошла Швеция, которая через 15 лет намерена полностью отказаться от нефти в пользу биотоплива [2. С. 25]. Достижение этой цели должно обеспечить законодательство, которое обязывает каждую заправку, продающую более 4 млн л бензина в год, иметь колонку топлива Е85 (85 % биоэтанола и 15 % бензина). Но кроме обязательств законодательство предусматривает и льготы при переходе на биотопливо. Так водители машин на биоэтаноле бесплатно въезжают в центр Стокгольма и не платят за парковку, кроме того, снижены ежегодные налоги на автомобиль [2. С. 24].

Меры по поддержке биоэнергетики используются не только в Западной Европе и США, но и в странах СНГ. Так в Украине действует закон, стимулирующий производство моторных бензинов с добавками биоэтанола (реформулированные бензины), при этом акциз на такие топлива снижен с 60 евро за тонну до 30 евро. Установлена нулевая ставка акцизного сбора на топливный биоэтанол, производимый на украинских заводах [3. С. 13].

Вторым важным направлением развития биоэнергетики в России является производство пеллет. Топливные гранулы для частных потребителей применяют для отопления индивидуальных жилых домов. Они продаются в мелкой расфасовке в розницу и достигают 470 евро за тонну. Их можно найти в супермаркетах и на бензоколонках в Европе.

Сегодня потребление древесных гранул растет колоссальными темпами из-за экологических и экономических преимуществ данного вида топлива.

В странах, обеспокоенных сохранением окружающей среды, особую популярность приобрели котельные, работающие на биотопливе. С точки зрения экологии, они предпочтительнее обычных, работающих на угле или мазуте.

Во многом благодаря Киотскому протоколу, в мире создается энергетика, использующая альтернативные экологически безопасные виды топлива. Основными потребителями топливных гранул, как и биодизеля, являются страны Европы, США, Япония.

Экспорт пеллет является очень привлекательным для инвесторов в связи с постоянным ростом цен на них. Мировые цены определяют американские компании. Экспортные цены в США ежегодно растут на 3–5 долларов и сегодня составляют примерно 115 долларов за тонну, но при этом остаются ниже европейских цен. Цены в Европе также имеют тенденцию к росту и сегодня составляют для конечного потребителя примерно 30–40 евро за 1 МВт·ч (150–200 евро за тонну). На европейском рынке стоимость упаковки качественных гранул (20 кг) составляет от 7 до 8 евро. Крупные электростанции и другие крупные потребители в Дании и Швеции покупают гранулы судовыми партиями по 90–110 евро за тонну. Самые высокие цены наблюдаются в Англии – до 160 евро за одну тонну гранул.

Растет количество производителей автоматических котлов, работающих на топливных гранулах. Сейчас их насчитывается около 50-ти, в то время как 1998 г. их было всего три. Сегодня каждый третий устанавливаемый котел в Германии – древесный.

Одним из условий постепенного перевода котельных европейских стран на топливные гранулы является проблема гарантированной и бесперебойной поставки этого вида топлива. А это невозможно без импорта.

В других скандинавских и европейских странах (Дания, Германия, Австрия, Италия и др.) биоэнергетика также активно развивается. В Финляндии 25 % в топливно-энергетическом балансе страны составляет древесина, отходы лесопромышленного комплекса.

В европейских странах на древесных гранулах работают котельные, предприятия, электростанции. Особенно популярным становится использование гранул для отопления частных жилых домов. По прогнозам Института энергетики и охраны окружающей среды ФРГ через несколько лет в Германии будет работать более миллиона котлов и печей на топливных гранулах и расходоваться около 4 000 000 т пеллет ежегодно.

Потребление топливных гранул в Швеции ежегодно растет примерно на 30 %. Правительственная программа Швеции предусматривает к 2010 г. увеличение потребления пеллет до 7 000 000 т в год. Более 20 % производства энергии в Швеции обеспечивается биотопливом. Около половины биотоплива используется в бумажной промышленности и на лесопилках, четвертая часть – на тепловых станциях, небольшая часть (около 10 %) – в частных домах [4. С. 50].

В связи с распространением пеллет в Японии с 2006 г. закрываются более 10 % энергомощностей, работающих на угольном топливе. Если в 2006 г. потребление гранул в Японии составило около 500 000 т, то в 2007 г. этот показатель увеличился более чем в 10 раз.

В странах с хорошо развитым уровнем технологии переработки древесины степень использования древес-

ных отходов в качестве топлива очень высока. Например, в США этот показатель составляет 70 %, в Канаде – 65 %, в Германии – 62 %, в Швеции – 51 %, в Финляндии – 53 %. Планируется, что к 2010 г. Европа будет потреблять за счет возобновляемых источников энергии 82 млн т нефтяного эквивалента. При этом доля биотоплива будет составлять 74 % от общего вклада.

Европейский рынок гранулированного топлива имеет тенденции к быстрому росту. По данным Шведской ассоциации производителей биотоплива прирост потребления топливных гранул может составлять 4–5 млн т в год. Поскольку спрос намного превышает предложение, динамично растут цены на пеллеты.

При цене мазута в 70 центов за литр пеллеты могут стоить 220 евро за тонну, а для субсидируемых муниципальных котельных – 250 евро. В случае с Италией, где мазут стоит 1 евро за 1 литр, конкурентная цена на пеллеты могла бы составить 350 евро.

В Германии отопление топливными гранулами на 35 % выгоднее, чем дизельное, и на 46 % дешевле газового отопления.

Стоимость киловатт-часа, полученного при сжигании древесных гранул, составляет 3,7 евроцента. При отоплении дизельным топливом и природным газом стоимость киловатт-часа составляет, соответственно, 6,9 евро и 5,7 евроцента.

Но все эти результаты не могли бы быть достигнуты без мер государственной поддержки и стимулирования развития биоэнергетики. Так, в Германии владелец дома при установке такого котла единовременно получает 3 тыс. евро, в США – 2,4 тыс. долларов.

В Европе появляются источники финансирования новых проектов по экологически чистой энергетике. Именно такой «экологический» налог в размере от 10 до 30 % стоимости нефти введен в Швеции, Финляндии, Нидерландах и странах ЕЭС [1. С. 28].

К 2010 г. в Швеции будет вложено 20,6 млрд шведских крон (примерно 2,2 млрд евро) на увеличение использования биотоплива.

Еще одной важной тенденцией продвижения биотехнологий является то, что в мировом сообществе появился целый ряд специализированных организаций (институты, технические общества, клубы), поддерживающих и продвигающих передовую технологию производства и использования биотоплива, и в частности топливных пеллет. Ими за последнее время проведено несколько международных конференций и симпозиумов, посвященных пеллетам. Создается общеевропейская рыночная сеть, которая будет содержать базу данных производителей биотоплива для долгосрочного планирования и своевременного обслуживания потребителей. Существует и успешно продвигается общеевропейский проект биотоплива INDEBIF (Integrated Densified European Biomass Fuels). В настоящее время в Европе на базе высших школ, научно-исследовательских институтов и производственных предприятий активно ведутся поиски и разработки в области получения новых видов биотоплива.

Мировой опыт развития биоэнергетики показывает, что биоэнергетика получает свое активное развитие там, где есть системный подходный к ее развитию, как в виде прямой поддержки, так и в виде стимулирования и создания более благоприятных условий для потребителей биотоплива по сравнению с традиционными видами топлива.

Так, в России может быть использован опыт других стран в области биотехнологий. В число мероприятий, которые могут использоваться в нашей стране, входит снижение налогов и акцизов при продаже биоэтанола и биодизеля, введение квот для обязательной продажи биодизеля, снижение налогов для автотранспорта, работающего на биотопливе. Для продвижения на рынок пеллет необходимо субсидирование на приобретение котлов для их сжигания.

Кроме этого необходимо создание специализированных организаций, которые будут заниматься проблемами продвижения биотоплива на массовый рынок.

Тенденция развития рынка биотоплива в мировой практике показывает необходимость более широкого использования мер государственной поддержки на российском рынке биотоплива.

Библиографический список

1. Дмитриева, Н. Биоэнергетика в России и мире / Н. Дмитриева // Биоэнергетика. 2006. № 3. С. 20–29.

2. Дмитриева, Н. П. Мировой рынок биодизеля: состояние и перспективы / Н. П. Дмитриева, Г. Г. Васильева // Биоэнергетика. 2006. № 5. С. 22–33.

3. Об использовании биотоплива на автомобильном рынке Украины // БИКИ. 2008. № 22. С. 13.

4. Пильцер, М. Шведские уроки / М. Пильцер // Биоэнергетика. 2006. № 4. С. 50–51.

S. A. Belyakov, A. A. Kazakov

THE BIOFUEL MARKET IN THE INTERNATIONAL AND RUSSIAN PRACTICE

The paper considers Russian and the world biofuel market. The basic directions, measures of support and development stimulation of bio-energetics in the world market of biofuel and the possibility to use them in the Russian market.

Keywords: biofuel, bioethanol, pellets, a state support.

УДК 338.24.021.8

В. Ф. Лукиных, А. И. Резникова

РОЛЬ ПОТЕНЦИАЛА НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СТРУКТУРЕ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

Анализируются факторы, сформировавшие современную отраслевую структуру региона. Определяется роль и значение экономического потенциала отраслей в регионе. Устанавливается, что приоритетное значение для эффективного развития экономики принадлежит вкладу высокотехнологичных и наукоемких производств.

Ключевые слова: структура экономики, потенциал наукоемкой промышленности.

Одним из основных факторов при преобразовании административно-хозяйственной системы в рыночную является изменение приоритетов в формировании структуры экономики.

Структуру можно определить как основной принцип формирования связей в целостной системе, который определяет качество этой системы, служит предпосылкой к ее развитию.

Всестороннее исследование экономической системы региона, ее структурных составляющих с целью выявления их потенциалов является необходимым условием для построения эффективной структуры экономики, выхода экономики на траекторию роста. Эффективная структура экономики по определению может обеспечить стабильный экономический рост, высокий уровень жизни населения, конкурентоспособность национальной экономики в мировом хозяйстве. Одной из задач преобразования экономики региона является перестройка отраслевой структуры с целью реализации ресурсного потенциала региона.

Отраслевая структура экономики характеризуется соотношением отраслей и их секторов, видов производств, их взаимосвязей в процессе производства. Наиболее значимыми в структуре экономики России являются отрасли промышленности, составляющие, по существу, костяк экономики региона и тесно связанные с другими отраслями экономики.

Именно объем промышленной продукции занимает наибольший удельный вес в объеме валового регионального продукта, а производство в отраслях промышленности наиболее сильно влияет на экономику региона в целом. Без промышленного роста не может строиться никакая национальная и региональная экономическая политика. Показателен пример Китая, структурные преобразования в котором в 1999–2004 гг. характеризовались резким увеличением доли промышленности в экономике с 35 до 52,9 % при сокращении доли сферы услуг с 50 до 33,3 % [1]. Такие структурные изменения дали прирост валового внутреннего продукта КНР более чем в 1,5 раза. Этот пример еще раз подчеркивает, что именно промышленность и сфера материального производства составляют основу экономики страны.

В то же время, за годы реформ в России произошли значительные сдвиги в отраслевой структуре народного хозяйства, характеризуемые значительным сокращением доли производственной сферы при соответствующем увеличении доли сферы услуг. При этом в структуре производства промышленной продукции усиливается неблагоприятная тенденция к увеличению доли добывающих отраслей в ущерб обрабатывающих, особенно значителен рост топливно-энергетического комплекса.

Тенденции к таким преобразованиям возникли в 50-х гг. XX в. в связи с изменением приоритетов социально-экономического развития страны. В плановой экономической системе были выделены две доминирующие группы, повлекшие структурные сдвиги:

– первая группа сдвигов была направлена на улучшение социального положения людей и удовлетворение потребительского спроса; эти сдвиги охватили те отрасли производства, которые обеспечивали рост выпуска потребительских товаров и массовое строительство жилья;

– вторая группа структурных сдвигов была связана с ростом числа крупных потребителей электроэнергии, развертыванием энергоемких программ, что, в свою очередь, охарактеризовалось ускоренным развитием электроэнергетики, нефтяной и газовой отраслей.

Теоретической основой структурной политики, проводившейся в те годы, была абсолютизация марксистского закона преимущественного роста производства средств производства [2. С. 565].

Приоритетное развитие первого подразделения общественного производства, продукция которого составляла большую часть валового общественного продукта, отставание производства средств потребления, сельского хозяйства и неразвитость сферы услуг явились формой проявления структурной деформации макроструктуры.

В машиностроении имело место развитие отраслей военно-промышленного комплекса (ВПК) на уровне современных технологических укладов в ущерб гражданскому сектору. Важной особенностью индустриальной плановой экономики явилась подчиненная роль отраслей тяжелого машиностроения (кроме ВПК) в механизме структурных изменений. Машиностроительный комплекс развивался по экстенсивному пути: «Новые производственные звенья и соответствующие им ресурсно-технологические цепи интегрировались в систему воспроизводства, не вытесняя, а достраивая ее старые элементы» [3]. Последствием такого пути явилось нарастающее отставание в научно-техническом прогрессе (НТП), избыточный спрос на природные ресурсы, зарождение и последующее углубление экологического кризиса.

Существенную роль в формировании макроэкономической структуры играли внешние обстоятельства. Условия противостояния антагонистических политических систем породили необходимость милитаризации экономики, которой и была подчинена индустриализация стра-

ны. Удельный вес оборонного производства достигал 80 % от общего объема. В условиях внешней конкуренции развитие военно-промышленного комплекса осуществлялось на уровне мировых стандартов, именно в этой отрасли сосредоточилось наиболее наукоемкое и высокотехнологичное производство. В 1970–90-е гг. СССР израсходовал на вооружение 700 млрд руб. (16–28 % валового национального продукта) [4].

Сырьевой кризис 1973–1974 гг., а затем и наложившийся на него промышленный кризис, оказал огромное влияние на мировую экономику. В развитых странах, где отсутствовал ресурсный потенциал в виде собственной разработки сырьевых запасов, произошла структурная трансформация промышленности, следствием которой стало увеличение объемов производства в машиностроении, автомобилестроении, химической промышленности, авиастроении, ракетостроении, информационных технологиях, что привело к развитию наукоемких и высокотехнологичных отраслей.

Неоднозначно сырьевой кризис повлиял на экономику СССР, имеющего большие запасы природных ресурсов. Рост цен сделал рентабельным разработку месторождений и добычу сырья там, где ранее это считалось экономически невыгодным. Огромные инвестиции в добывающие отрасли вызвали застойные явления в других отраслях экономики, в том числе наукоемких. Это привело не только к технологическому отставанию отраслей-доноров, но и к усилению зависимости от мировых цен на сырьевые ресурсы. Именно ориентирование на развитие добывающих отраслей, сокращение инвестиций в легкую, пищевую, химическую промышленность и отрасли машиностроения, не связанные с добычей природных ресурсов, в 1970-е гг. сформировали современную отраслевую структуру экономики Российской Федерации: утяжеленную структуру экономики с доминирующей составляющей отраслей 1-го подразделения (производство средств производства), лидерством ВПК, технологически стагнирующими инвестиционными и потребительскими отраслями, производством энергоресурсов, объем которого формировался под влиянием форсированного выпуска продукции.

Таким образом, предпосылки структурного кризиса зародились еще в условиях стабильной плановой экономики, а вовсе не являются следствием трансформации экономической системы. В рамках плановой социалистической экономики сложилась особая структура народного хозяйства, основным недостатком которой являлось игнорирование возможностей достижений НТП как фактора интенсификации и развитие по экстенсивному пути.

Преобразование плановой социалистической экономики в рыночную сопровождается иными требованиями к формированию структуры народного хозяйства, преодолению унаследованных структурных деформаций.

В настоящее время, для Красноярского края структурная перестройка является наиболее сложной задачей переходного периода, необходимым условием преодоления структурного кризиса и построения такой структуры, которая соответствовала бы потребностям технологического и социального прогресса. Исходя из этого, анализ структурных сдвигов, с целью выявления потенциальных возможностей наукоемкой промышленности, поможет своевременно выявить деформации на первоначальном этапе и учесть их влияние в стратегическом планировании.

Современная хозяйственная структура регионов России, в том числе Красноярского края, является результатом размещения производства, исторически сложившегося в рамках плановой социалистической экономики. Красноярский край – один из индустриально развитых регионов страны. Начиная с 1940-х до начала 1980-х гг., объем промышленного производства в крае неуклонно рос (рис. 1).

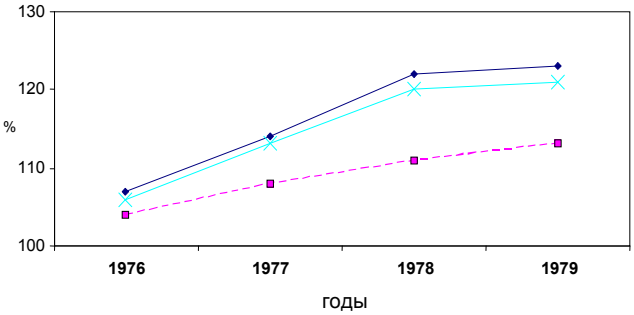


Рис. 1. Вся продукция промышленности в процентах к 1975 году (1975 = 100): – группа А; – группа Б; – вся продукция (по данным кн. «Народное хозяйство Красноярского края»: юбилейн. стат. сб., 1985)

Место Красноярского края в экономике страны в первую очередь определяется его уникальными природно-сырьевыми ресурсами. Регион играет важную роль в производстве цветных металлов, черной металлургии, лесопродукции, электроэнергии. Географическое положение края создает предпосылки для включения региона как в европейский, так и в азиатский рынки.

В то же время, при достаточно высокой доле в валовом региональном продукте (ВРП) добывающих и обрабатывающих отраслей, наблюдается уменьшение объемов выпускаемой сельхозпродукции, снижение конкурентоспособности продукции машиностроения из-за высокой себестоимости, несоответствие транспортной инфраструктуры возрастающим требованиям, что вызывается недостаточным объемом инвестиций в основной капитал с целью модернизации оборудования и технологий на промышленных предприятиях.

В период с 1990 по 2002 гг. происходили очень существенные изменения структуры промышленности региона (рис. 2). На протяжении 1990-х гг. произошло резкое увеличение доли цветной металлургии при сокращении долей машиностроительной, лесной, пищевой отраслей в структуре промышленного производства края. Такие изменения самым непосредственным образом сказались на всей экономической ситуации Красноярского края. Ведущую роль в структуре промышленного производства края занимает цветная металлургия и топливно-энергетический комплекс, имеющий явную тенденцию к увеличению своей доли в общем объеме производства.

Исходя из сложившейся отраслевой направленности и общих тенденций к постиндустриальному пути развития с превалированием инвестиций в наукоемкие произ-

водства и технологии, можно предположить, что в процессе перестройки отраслевой структуры Красноярского края предстоит решать следующие задачи:

– освоение новых месторождений и внедрение прогрессивных методов добычи природных ресурсов с целью их более глубоких разработок и сохранения экологической системы территории;

– развитие высокотехнологичных и наукоемких производств, использование сохранившегося потенциала ВПК для модернизации машиностроительного комплекса;

– обеспечение комплексной переработки минерально-сырьевых и лесных ресурсов;

– увеличение доли производств потребительского назначения путем модернизации уже существующих и создания новых;

– создание современной транспортной инфраструктуры, обеспечивающей конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность региона.

Рис. 2. Структура промышленного производства Красноярского края (рассчитано на основании данных Федеральной службы государственной статистики)

Поскольку экономический потенциал страны представляет собой совокупность взаимосвязанных потенциалов: промышленно-производственного, инвестиционного, аграрно-промышленного, научно-технического, социального развития и др., а каждый из указанных потенциалов определяется совокупностью предприятий, производящих различного вида продукцию, оказывающих услуги производственного и непроизводственного назначения, то, на наш взгляд, сформировать эффективную региональную экономическую структуру можно, если определить как основной принцип формирования связей в целостной системе, который определяет качество этой системы, – принцип наукоемкости, что послужит предпосылкой развития экономической системы региона в направлении устойчивости и динамизма. Устойчивость и динамизм можно рассматривать ресурсными составляющими потенциала промышленности. Устойчивость системы отражает ее стремление к самосохранению. Например, подобные свойства системы определяются в привязке факторов производства к территориям, отраслям, природным ресурсам. Динамизм структуры заключается в развитии производительных сил, в основе которого лежит создание новых отраслей и сфер производственной деятельности, постепенное отмирание старых производств вследствие их неконкурентоспособности, несоответствия современным технологическим наукоемким укладам [5. С. 4–11].

Процесс прогрессирующих изменений соотношения долей отраслей в народном хозяйстве в экономической литературе получил название трансформации структуры экономики.

Суть потенциала наукоемкой промышленности рассматривается через использование ресурсов территории: минеральных, товаропроводящих, финансовых, демографических и т. п. Главное в том, что эффективное использование ресурсов предполагает производство продукции с высокой добавленной стоимостью. Что касается сырьевого региона, то, как известно, увеличение добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности пропорционально приближению производств к местам расположения ресурсов, используемых этой отраслью, и степени применения современных (инновационных, наукоемких) технологий. Поэтому важнейшим показателем оптимального состава структуры отраслей промышленности является соотношение объемов ресурсов и объемов переработки этих ресурсов в местах их расположения.

Отрасли промышленности в России исторически более развиты по сравнению с другими отраслями экономики. Традиционно основной отраслью экономики является промышленность, которая даже в трансформационном периоде занимает треть валового внуреннего продукта страны. Именно промышленное производство оказывает существенное влияние на развитие транспортной инфраструктуры, положение в строительстве и опосредованно влияет на остальные отрасли экономики, т. е. динамика промышленного производства прямо или косвенно формирует динамику производства в экономике в целом. Именно промышленное производство в рассматриваемом периоде можно считать ведущим процессом, формирующим динамику производства всего реального сектора экономики.

Анализ связи инвестиционных процессов с объемом ВРП на душу населения позволяет выявить прямую взаимосвязь динамики вышеобозначенных процессов (рис. 3).

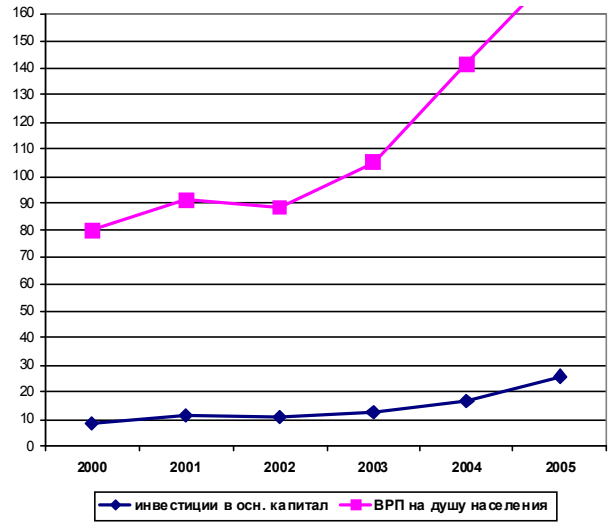


Рис. 3. Инвестиции в основной капитал (в фактически действующих ценах, руб./чел. в год) и ВРП на душу населения (в текущих основных ценах, руб.) по Красноярскому краю (рассчитано на основании данных Федеральной службы государственной статистики)

Учитывая взаимосвязь промышленности, в том числе наукоемкой (самолетостроение, ракетостроение и др.) и смежных отраслей, можно определить, что величина влияния, как видно из графиков на рис. 3, находится в соотношении, близком 1:6, т. е. на вложенный инвестиционный рубль, с учетом вклада в наукоемкое производство, можно предположить получение вклада в ВРП до 6 руб.

Отмеченное соотношение является важным для Красноярского края, предрасположенного, по нашему мнению, именно к развитию наукоемкой, инновационной промышленности. Это касается как производства авиакосмической продукции, так и сферы производств по добыче и переработке минеральных ресурсов, которые составляют около 40 % всех ресурсов России.

Как отмечается в [6], в настоящее время, в период начала наукоемкой экономики, важнейшими факторами, определяющими конкурентоспособность современных промышленных предприятий, являются наука и технологии, владение стратегией управления производством и маркетинга, знание законов развития общества и человечества в целом. Ключевыми факторами развития производства в наукоемкой экономике являются знания, интеллектуальная собственность и интеллектуальные способности человека. Развитие инновационных систем и способность создавать знания и применять их на практике стали важными базовыми условиями развития страны, регионов и общества в целом. Эти факторы также составляют основу конкурентоспособности страны и отдельных компаний. Ядро экономического роста смещается в область информационных технологий, биотехнологии, создания новых материалов и новых источников энергии, природоохранных технологий, аэрокосмической промышленности, морской биотехнологии, научно-технического образования и отраслей промышленности, связанных с развитием культуры, а также наукоемких отраслей сферы услуг, таких как, например, консультационная деятельность. Наукоемкая экономика развивается благодаря знаниям и интеллектуальным способностям человека, поэтому она представляет собой форму экономики, которая будет, по-видимому, вести к сбережению ресурсов, координированному взаимодействию человека с природой и к устойчивому развитию.

Библиографический список

1. Петров, В. К. Модернизация экономики России: структурный аспект / В. К. Петров // Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция. 2007. № 4.

2. Маркс, К. Капитал / К.Маркс, Ф. Энгельс // Соч. 2-е изд. Т. 24.

3. Усатый, П. С. Структурные сдвиги в региональной экономике / П. С. Усатый, О. С. Белокрылова. Ростов н/Д. : Изд-во РГУ, 2003.

4. Рассадин, В. Состояние военно-промышленного комплекса России / В. Рассадин // Вопросы экономики. 1997. № 7.

5. Дорогунцов, С. Трансформация структуры экономики: теория и практика / С. Дорогунцов, Е. Горская // Экономика Украины. 1998. № 1. С. 4–11.

6. Лу, Юнсян. Эра наукоемкой экономики и развитие науки и технологий / Юнсян Лу [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www-sbras.nsc.ru/HBC/1999/n31/f9.html. Загл. с экрана.

V. F. Lukinykh, A. I. Reznikova

THE ROLE OF SCIENCE INTENSIVE INDUSTRIES POTENTIAL IN THE REGIONAL ECONOMICAL STRUCTURE

The main objects for investigation such as factors formed modern sectional structure in a region are analyzed. The role and importance of branch economic potential in regions are determined. It is defined that great significance for effective economy development belongs to science intensive and high-technological industries.

Keywords: structure of the economics, potential of science intensive industries.

УДК 659

S. Yu. Piskorskaya, M. V. Savelyeva

PROGRESS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION AT THE EDUCATION SERVICE MARKET

The issue applicability is connected with modern realities at the education service market namely with their variability, causing the necessity to interpret the sorts, peculiarities and quality of the services provided by higher education institutions.

Keywords: the education service market, exhibition activity.

In the whole world the exhibitions, presentations and the succeeding events act as engine of the economics, technical and commercial progress [1; 2], it is the same for the sphere of education.

Participating in the exhibition is an integrated instrument allowing the educational institution to promote their services, attract partners, get acquainted with the competitors, evaluate the market and etc. Every exhibition is a particular section of the concrete market situation, it gives the possibility not only to search for the relevant markets (such as school, college, vocational school graduates) but also enter these markets with the help of the most effective methods. The important moment is that exhibition activity plays a great role in forming the «adequate» comprehension of both an education institution and its services.

We would like to point out the following structural elements of an exhibition:

1) the goal, as an ideal conception of desired exhibition results, allowing to forecast the actions of an exhibit organizers in relation to both exhibitors and visitors and determining the character of interrelations and interactions of the exhibit subjects;

2) the appeals, expressing social and personal crucial incentive causes to perform exhibit activity (eliciting and realizing the leading appeals of exhibitors and visitors – the key point in specifying the character of organizers and participants' interaction, whilst forming productive appeals, on the basis of which the crucial goals and concrete assignments are defined, is certain to be really important;

3) the means – which are necessary and sufficient instruments to perform exhibit activity;

4) working operations (actions) usually including the following things:

– the exhibition organizers have got advertising information company, gathering the participants, forming the general exhibit, competitive and scientific research programs, installing equipment and so on;

– the exhibitors have got selection and preparation of the exhibits, organization of the exhibit, work at the mount, advertising and PR campaigns an so on;

– the visitors are able to get acquainted with the colleagues' achievements, discussing and express-evaluating exhibits at the mounts, participating in the events, searching and gathering materials useful for the future profession;

5) the result in focus of the publicity attention, representatives of the specialized mass-media, the regional and federal administrative organizations as well as organizing committee and exhibition directorate;

6) evaluation and readjustment of the exhibition results (at the official format is usually performed after its completion by the regional branch administrative organizations, organizing committee and exhibition directorate, coordinators of exhibition programs, some large-scale events, contest committee and etc.).

The exhibition meaning for an exhibitor (educational establishment) is first and foremost defined by the possibility:

1) to socialize with the potential consumers and buyers (school leavers and their parents), contractors and subcontractors (of the city and region enterprises), that are interested in obtaining information and entering into cooperation;

2) to follow market tendencies and evaluate their establishment at the market of educational services;

3) «to apprise of the educational establishment», acquaint with the faculties, specialties, peculiarities of teaching methods and so on;

4) to exchange the information with the specialists (including bank representatives concerning «educational» credits («Joint-stock commercial Savings Bank of the Russian Federation»));

5) to find out effective ideas from competitors' behaviour (the different educational establishments) and study their policy:

6) to analyse the visitors' responses about quality, prices of educational establishment and its main competitors' services;

7) to perform large-scale advertising events in order to promote the exponent's educational services using the variety of means (maquettes, folders, advertising leaflets, circulars, video clips etc.).

Introducing the notion of «educational exhibition» B. P. Chernik approved, that its main goal is «an adequate reflection of the education analysis, creating favouring conditions for interaction of the educational system subjects and industrial sphere, distribution, exchange, transaction and consumption for the benefit of values, produced by the educational systems as well as industrial, trading, servicing and other enterprises and organizations to meet the educational requirements» [3].

The main educational exhibition components are:

– exhibition component – exponents and visitors' activity at the stands;

– competitive component – the activity within the system of professional and creative competitions in the exhibition space;

– congress component – the activity within the scientific practical program (conferences, seminars, master-classes, round tables and so on).

Each of the components has got some functional independence within the whole exhibition activity. Contextual unity of components is provided with the general character of exhibition process. In this respect the educational exhibition should be treated as a method to create new ideas, initiatives by the exhibition subjects and their co-operative activity, and exhibition process is the realization of this method. The understanding of an exhibition to be the practice of co-operative activity allows treating exhibition space as cooperation space.

Development and experimental inoculation of educational exhibition models to the practice of the exhibition movement result in the necessity to form the readiness of education employees to perceive, analyse and effectively apply the exhibition resources as well as to create exhibition culture in whole.

The B. P. Chernik's research [3; 4] demonstrated that theoretical and empirical realization of the problem of creating educational culture of education employees (depending so much on their own exhibition experience) allows finding out the following main directions of the stated problem solution:

1) teaching the basis of exhibition culture within the system of advanced training for teaching and administrative staff;

2) including the components of exhibition subjects into the academic plans of education establishments;

3) researching and validating the main approaches to the complex implementation of exhibition technologies to the educational systems in the city centers of education development and scientific methodological centers;

4) creating conditions, providing effective involvement of scientific pedagogical community into the exhibition activity;

5) pedagogical and administrative staff's self-education in exhibition themes.

We would like to describe the mentioned above directions in details.

1. Forming and developing exhibition culture within the system of advanced training for the education employees are considered nowadays to be the main and the most massive from the outlined directions within the educational systems. The «exhibition» subjects are included, firstly, as whole programs into the academic programs of the modules for PR-specialists, advertising specialists, socio-cultural service, personnel management specialists and so on within both higher professional education and vocational education establishments. Secondly, they are discussed simultaneously with studying themes characterized by the high degree of integration of pedagogical and administrative knowledge; thirdly, when it is necessary to apply the concrete examples of pedagogical and administrative searching, experience, achievements etc.

The organization of work with the administrative personnel at the department of management of Novosibirsk state pedagogical university is exhibitory in the context, where B. P. Chernik has developed and implemented the module «Educational exhibitions within the structure of effective education management». The experience of the management department of Novosibirsk institute of advanced training and re-training of education employees is also worth speaking about, because the trainees of the institute are able to study the questions of effective participating in education exhibitions, applying the exhibitions as means of actualization and development of methodological work at school, and means of examining educational requirements of different groups and public layers and so on.

2. Teaching the grounds of exhibit culture at pedagogical institutes is becoming more productive due to the increasing meaning of educational exhibits for the modern higher professional and vocational education, especially to the aspects of extended character: the student in future will be able not only to participate in the exhibitions but form exhibition culture of the students and young people.

Including the compulsory and «optional» components of exhibition themes into the academic plans has to be determined by the educational process goals, students' body characteristics, peculiarities of sociocultural environment. The ever-changing social control should include modern teacher's knowledge of conceptual and technological aspects of educational exhibitions into the perspective model of his training. This is becoming more and more important due to the fact that special knowledge loses its prevailing function, key meaning and obtains the development of socializing and interacting skills.

The analysis of particular features of the described work at the pedagogical institutes in Novosibirsk region, done by B. P. Chernik, has revealed, that nowadays exhibition themes are mainly taught as an «optional» component – specialized modules, seminars, term and diploma papers. But according to the data presented by foreign researches, for example, in Germany 67 % university teachers, 36 % – university departments of marketing include different aspects of exhibition themes into their academic programs [4].

Including the grounds of exhibition activity into academic programs of specialties shows not only the teacher's possibility to reveal the contents of the compulsory module in details and apply various methodological approaches, but the students' interest in the module, this also demonstrates a high effectiveness of the material taught, teaching the peculiarities of participating in the educational exhibitions. The last was proved, for example, by the successful experience of organizing SibSAU humanitarian faculty stands working at the «Krasnoyarsk Fair».

3. Experimental work of Krasnoyarsk educational establishments, schools – laboratories of Novosibirsk, Novosibirsk region, Kustanai (Kazakhstan), of some centers of education development, education administrative bodies display their productivity doing research and validating the main approaches to complex implementation of exhibition technologies to education systems, application of exhibition resources in education process.

One of the advantages of the activity is involving wide range of education employees – heads of educational establishments, education administrative body representatives, lecturers, innovative teachers and others into the research of exhibition process, exhibition activity. All specialists who are interested not only in contributing exhibition to realizing education innovative processes, but exhibition's capability to influence these transformations directly and intensively.

4. Creating conditions in federal, regional, municipal, institutional educational systems, which provide effective involvement teaching and administrative staff into exhibition activity, should be treated as a key direction to form exhibition culture.

There are some specific conditions:

– the atmosphere of education establishments' competition, which contributes to actualizing innovative education technologies in official advertising information practice of educational establishments;

– the formed system of assessing exhibition results at faculty councils, methodological councils at the higher professional, secondary vocational institutes and others;

– the support to the exhibition activity, purposeful organization of exhibition technology implementation into the education systems by the education administrative bodies.

Nowadays there are enough papers devoted to exhibition theme in this or that way. But the lack of the relevant scientific methodological literature (especially oriented to the individual work of a lecturer or a dean or other specialists) is a serious drawback.

Self-education, being one of the approaches to form exhibition culture, can be effective for the representatives of scientific pedagogical community together with their participating in exhibitions, interacting with highly qualified professionals, specialized in exhibitions organizing.

Realizing the mentioned possibilities is well agreed with the students' orientation to the following modern specialties such as marketing, advertising and so on in their further activity.

Summing up the main approaches in forming exhibition culture, we would like to underline the great importance of integration of different education forms, which create the knowledge laying at the basis of personal experience of the exhibition subject (organizer, exponent, visitor), and give the possibility to study exhibition activity in all its possible manifestation.

In conclusion we would like to say:

1) exhibition activity stimulate the development of initiatives, projects, innovation technologies in the education sphere;

2) education exhibitions contribute to forming and supporting the image of the education establishment, promoting its education services and simultaneously forming additional competences of students and lecturers' community participating in the exhibitions;

3) forming exhibition activity reflects the world tendency in using exhibition resources for education development.

Библиографический список

1. Аврамчикова, Н. Т. Современная региональная политика : опыт зарубежных стран / Н. Т. Аврамчикова // Вестник СибГАУ ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2008. № 4. С. 184.

2. Бутенко, А. А. Сервисная деятельность в туризме и гостиничном бизнесе / А. А. Бутенко, О. С. Воронцова, С. В. Дементьева и др. ; под ред. О. Т. Лойко. Томск, 2004.

3. Черник, Б. П. Парадигма формирования выставочной культуры / Б. П. Черник // Философия образования. 2003. Вып. 6. С. 219.

4. Черник, Б. П. Эффективное участие в образовательных выставках / Б. П. Черник. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001.

С. Ю. Пискорская, М. В. Савельева

ПРОДВИЖЕНИЕ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ НА РЫНКЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ

Актуальность темы связана с современными реалиями на рынке образовательных услуг, а именно, с их разнообразием, вызывающим необходимость разъяснений по поводу видов, особенностей и качества услуг, оказываемых высшими учебными заведениями.

Ключевые слова: рынок образовательных услуг, выставочная деятельность.

УДК 330.541/542(075.8)

А. А. Бубенева

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

Рассмотрены основные определения проекта и управления проектом. Проанализированы проблемы управления проектами, выделена организационная структура как одна из наиболее острых проблем, возникающих в процессе управления проектами. Предложено использование процессного подхода к построению организационных структур управления проектами.

Ключевые слова: проект, управление проектом, проблемы управления проектом, организационная структура, процесс, процессный подход.

Становление рыночных отношений в российской экономике привело к появлению новых самостоятельных направлений в отечественном менеджменте, которые возникли в результате критического переосмысления передовой зарубежной управленческой теории и практики, выработки оригинальных управленческих подходов, методов и средств. Наиболее значительное место в теории и практике современного российского менеджмента занимает концепция управления проектом.

Современная концепция управления проектом базируется на понятии «проект», в котором проект выступает не только как объект управления, обладающий некоторыми специфическими свойствами, но и как общая характеристика сути, как базовое свойство управления проектом. В связи с этим устоявшийся русскоязычный термин «управление проектом» неточно передает суть обозначаемого им явления, так как четко разграничивает управление как некоторую деятельность, которая в целом не отличается от какого бы то ни было другого управления, и проект как объект этой деятельности, испытывающий на себе управление. На самом деле в отличие от термина «управление проектом» термин «проектное управление» более приемлем, так как понятие «проект» переносится в свойство самого управления, тем самым подчеркивая специфику проектного управления и обозначая разницу между ним и другими видами управления.

Учитывая вышесказанное, термины «проект» и «управление проектом» не следует определять и раскрывать по отдельности, как это принято в последнее время, необходимо указать на органичную связь этих двух, по сути единых, терминов, образующих одно понятие.

Сегодня существует большое количество определений понятия «проект». Все они базируются на основных характеристиках проекта: наличии уникальной цели, ограниченности во времени, наличии ограничений по ресурсам. Но имеются два недостатка – отсутствие связи между проектом как предварительно разработанным планом и проектом как процессом реализации этого плана, а также отсутствие связи между проектом и проектным управлением.

Учитывая все вышесказанное, предлагаются следующие определения.

Проект – это системный комплекс плановых (финансовых, технологических, организационных и прочих) документов, содержащих комплексно-системную модель действий, направленных на достижение оригинальной цели. То есть сам проект не следует понимать как особый вид деятельности по управлению чем-либо. Проект – это всесторонний план, полноценная модель действий. Проект необходимо разработать и реализовать, что и составляет укрупненное содержание управления проектом.

Управление проектом (проектное управление) – особый вид управленческой деятельности, базирующийся на предварительной коллегиальной разработке комплексно-системной модели действий по достижению оригинальной цели и направленный на реализацию этой модели.

Отличие проекта от производственной системы заключается в том, что проект является однократной нециклической деятельностью. Серийный же выпуск продукции не имеет заранее определенного конца во времени и зависит лишь от наличия и величины спроса. Когда исчезает спрос, производственный цикл кончается. Производственные циклы в чистом виде не являются проектами. Однако в последнее время проектный подход все чаще применяется и к процессам, ориентированным на непрерывное производство. Например, проекты увеличения производства до указанного уровня в течение определенного периода, исходя из заданного бюджета, или выполнение определенных заказов, имеющих договорные сроки поставки.

Проект как система деятельности существует ровно столько времени, сколько его требуется для получения конечного результата. Концепция проекта, однако, не противоречит концепции фирмы или предприятия и вполне совместима с ней. Более того, проект часто становится основной формой деятельности фирмы.

С точки зрения системного подхода проект может рассматриваться как процесс перехода из исходного состояния в конечное – результат при участии ряда ограничений и механизмов (см. рисунок).

Проект – некоторая задача с определенными исходными данными и требуемыми результатами (целями), обуславливающими способ ее решения. Проект включает в себя замысел (проблему), средства его реализации (решения проблемы) и получаемые в процессе реализации результаты.

Управление проектом представляет собой методологию организации, планирования, руководства, координации человеческих и материальных ресурсов на протяжении жизненного цикла проекта, направленную на эффективное достижение его целей путем применения системы современных методов и технологий для достижения определенных в проекте результатов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству.

Методология управления проектами дает возможность превратить процедуру создания конечного продукта в хорошо организованный, четко отлаженный и управляемый процесс. Изучение методов управления проектами позволяет менеджеру к любому из них подходить с единых позиций.

Основываясь на разработках американской Ассоциации руководителей проектов (Project Manager Institute), выделим функции, которыми приходится управлять менеджеру проекта:

– интеграцией и содержанием проекта (разработка концепции, определение предметной области проекта, распределение работ, установление отчетности, введение системы контроля, завершение проекта);

– качеством – управленческие (обеспечение качества) и технические аспекты (контроль качества);

– сроками (планирование и контроль времени в проекте, оценка продолжительностей, календарное планирование);

– стоимостью (оценка и прогнозирование стоимости, сметы и бюджета, контроль стоимости, использование стоимостных показателей);

– рисками;

– человеческими ресурсами;

– коммуникациями;

– контрактами и обеспечением ресурсами (поставками).

Управление каждой из этих функций предусматривает учет десятков, а в крупных проектах – и сотен различных факторов и составляющих. Методика управления проектами позволяет придать этим процедурам системность и целенаправленность.

Таким образом, управление проектами можно рассматривать как интегрированный взаимосвязанный процесс.

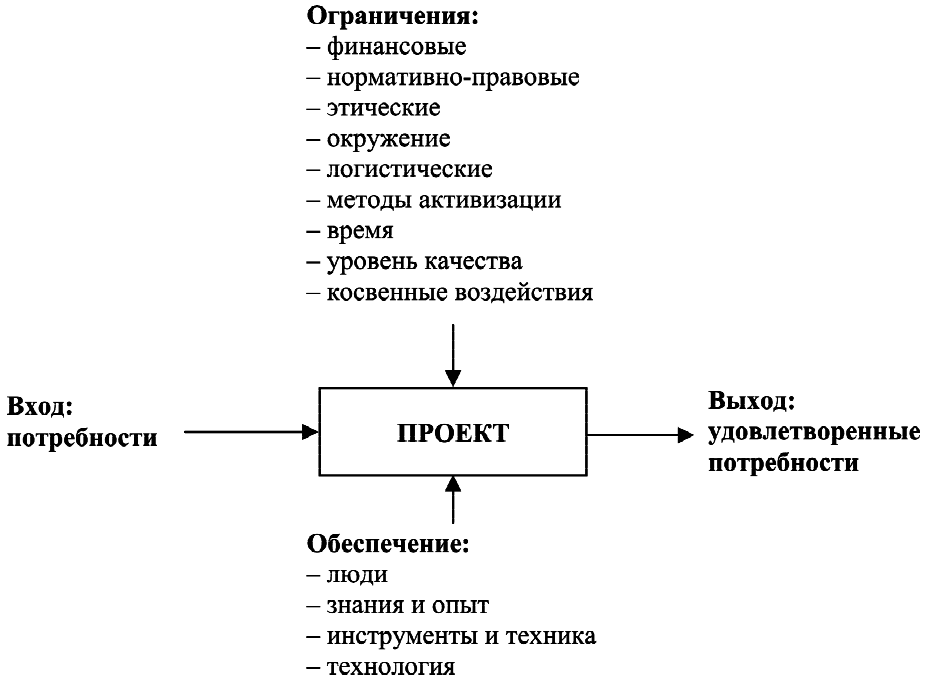
Основываясь на вышеизложенных определениях, можно дать краткое представление о проблемах, возникающих в процессе осуществления деятельности по проектному управлению. Необходимо понять, почему некоторые проекты, несмотря на наличие заинтересованных, квалифицированных сотрудников и разработанных методик, заканчиваются неудачами, а большая часть проектов выполняется с превышением установленных сроков и сметы расходов.

Цель проекта. Часто организации, начиная тот или иной проект, не задумываются, зачем они это делают, какую проблему пытаются таким образом решить, что хотят получить, завершив проект. Люди полагают, что им известно назначение собственного бизнеса, но на самом деле редко встречаются руководители, которые могут точно описать цель своего проекта. Иногда проектные менеджеры, отвечая на вопрос о цели проекта, говорят о цели процесса, например достроить цех № 6. Однако они не называют реальной цели – зачем им нужен этот цех.

Допустим также, что инициаторы проекта определили и сформулировали себе цель проекта, но не разъяснили ее всем, кто над ним трудится и выполняет конкретные работы. Неудивительно, что в ходе реализации проекта команда может незаметно для самой себя отклониться от намеченной цели и пойти в другом направлении.

Бюджет проекта. Еще одна распространенная ошибка – недостаточное понимание процесса оценки проекта и бюджетирования. Часто путают оценку и формирование бюджета. В отличие от бюджетирования оценка учитывает множество косвенных факторов, влияющих на проект, и в первую очередь субъективных.

Если организация будет определять бюджет без предварительной оценки, то, вероятно, он будет занижен, и в его рамках реализовать проект будет невозможно. Проблема определения размера бюджета достаточно остра. Неадекватность бюджета станет причиной появления других проблем. Слишком малый бюджет проекта фактически приводит к еще большим расходам, чем больший. Это



Проект как процесс перехода системы из исходного состояния в конечное

происходит из-за неизбежного давления на заниженный бюджет. Потребность в качественных инструментах, оборудовании и материалах, скорее всего, не будет удовлетворена. Результатом может стать снижение рабочего настроя членов проектной команды, что приведет к снижению эффективности работы и дальнейшему росту затрат.

Сроки исполнения. Одна из главных работ в управлении проектами – установка и соблюдение жесткого расписания. Кроме того, это может стать источником наиболее деструктивного поведения и негативных явлений, возникающих в ходе работ над проектом.

В начале работы над проектом может создаться впечатление, что в распоряжении проектировщика много времени и что некоторые задержки легко наверстываются. Это, однако, часто удается сделать только к завершению проекта, с существенно большими затратами. Или же проект на какое-то время вообще полностью выходит за установленные временные рамки.

Необходимо выделить следующие основные причины отмеченного явления:

– недостаточно ясно сформулированы цели или отсутствие оценок рисков не позволяют точно определить предстоящие затраты;

– вера в достаточный запас времени в сочетании с убежденностью в собственной способности по удержанию ситуации под контролем часто приводит к значительным просчетам и роковым последствиям для сроков исполнения проекта;

– руководители проектов иногда, измеряя возможности сотрудников мерой собственной производительности, способствуют просчетам в планировании затрат времени и завышенным самооценкам со стороны сотрудников;

– чрезмерно перекрывающиеся этапы работы порождают низкую производительность труда, высокую потребность в исправлениях и значительные затраты времени на следующих стадиях проекта;

– необходимость соблюдения графика работ приводит к стремлению быстрее избавиться от продукта, в результате чего точность и полнота выполнения задания приносятся в жертву краткосрочным эффектам создания видимости текущих успехов;

– неэффективное, чрезмерное расходование ресурсов (например, при заключении краткосрочных дорогостоящих субподрядов или чрезмерном использовании сверхурочных работ) приводит к увеличению стоимости проекта и его сроков;

– настрой работников (особенно если требование соблюдения графика работ дополняется требованиями строго соблюдения сметы расходов) снижается, когда эти проблемы возникают в проектах с изначально непростыми целями, что приводит к дальнейшему снижению производительности труда.

Трудовые ресурсы. В ходе управления трудовыми ресурсами возникает множество вопросов, главный из которых – почему рядовые исполнители равнодушны к целям, за достижение которых руководство организации и проекта готово бороться, не жалея времени, здоровья и ресурсов.

Сотрудники – это главный ресурс в проектной работе, потому что он перерабатывает все остальные виды ресурсов. Но отношение к участникам проекта как к «ресурсу» побуждает руководителей действовать таким образом, будто сотрудники, как роботы, всегда по первому зову готовы приступить к делу с требуемой квалификацией и в нужное время.

Действительно, и руководителю, и часто самому исполнителю хотелось бы видеть в исполнителе только ресурс. Каждый из них может облегчить себе жизнь, не вникая в проблемы другого. В проектах, в которых решающее значение имеет человеческий фактор, ориентация только на управление трудовыми ресурсами без учета социальной культуры, индивидуальных особенностей членов команд часто приводит к конфликтам, трудностям, что называется на ровном месте, и провалу всего проекта.

Организационная структура. Реализация проекта происходит в рамках организации, структура которой в значительной степени влияет на успех проекта.

В настоящее время российские предприятия придерживаются классического тейлоровского функционально-ориентированного подхода к управлению, его еще называют структурным подходом. Основными принципами такой системы были и остаются разделение функций на отдельные фрагменты и узкая специализация исполнителей.

В исследовании организационной структуры управления проектом до последнего времени также доминировала концепция, согласно которой основные решения, закладываемые с помощью организационной структуры в организацию управления проектом, касались исключительно распределения властных полномочий. Иными словами, организационная структура представлялась исключительно как система вертикальных отношений, осуществляющих административно-властные коммуникации. Но для современного мира, в особенности для управления проектом, такая трактовка представляется слишком узкой, так как само восприятие власти даже в рамках обычных организационных структур претерпевает серьезные изменения. Помимо прямых управленческих команд на поведение и функционирование структурных единиц все большее влияние оказывают горизонтальные, неадминистративные коммуникации.

Для проекта как совокупности одноразовых действий характерно наличие четких целей, ограниченных ресурсов, высокая степень неопределенности многих параметров, высокая вероятность возникновения непредвиденных ситуаций, наличие установленных сроков начала и конца проекта. Его реализация требует четкой координации в процессе выполнения. Кроме этого, принципы построения организационных структур управления проектами, сформулированные И. И. Мазуром, – соответствие организационной структуры системе взаимоотношений участников проекта, содержанию проекта, соответствие организационной структуры требованиям внешнего окружения – позволяют говорить о том, что функционально-ориентированный подход к построению организационных структур не соответствует специфике проектного управления.

В настоящее время широкое распространение получил процессно-ориентированный подход к построению организационных структур. В основе процессно-ориентированного подхода к управлению лежит следующее

понятие процесса: это связанный набор повторяемых действий (функций), которые преобразуют исходный материал и (или) информацию в конечный продукт (услугу) в соответствии с предварительно установленными правилами. Ключевым в понимании процессного подхода является переход от вертикального построения организационной структуры к горизонтальному. Основоположниками процессного подхода можно по праву считать авторов пионерской работы «Реинжениринг корпорации. Манифест революции в бизнесе» М. Хамера и Дж. Чампи. Именно в этой работе впервые были показаны недостатки управления организацией на основе функционального подхода, а также продемонстрировано, что в XXI в. компании с функциональной структурой характеризуют «негибкость, неадаптивность, отсутствие ориентации на клиента, одержимость самой деятельностью, а не ее результатами, бюрократический паралич, недостаток инноваций, высокие накладные расходы» (Хамер М., Чампи Дж. Реинжениринг корпорации. Манифест революции в бизнесе. 1997. С. 57). Изменившиеся условия бизнеса требуют от компаний нового подхода к управлению.

Поскольку проектная деятельность организации представляет собой интегрированный взаимосвязанный процесс, то переход на процессное управление означает переход на управление деятельностью в отличие от управления структурами, характерного для функционального управления. В тоже время структуры как раз и должны служить для управления деятельностью. Функциональный подход в этом смысле должен просто выводиться из процессного: для того чтобы правильно сформулировать наборы функций для управления, надо знать процессы. Отсюда вытекают основные преимущества процессного подхода – он все время имеет в виду цепочки действий (процессы), направленные на конечный результат, и позволяет:

– быстрее реагировать на изменения, так как наборы функций, не видя связи между ними, перестраивать гораздо сложнее;

– нацеливать сотрудников на результат процессов (продукт, услугу); при функциональном подходе деятельность подразделений направлена на удовлетворение требований руководителя, а не клиента;

– эффективнее сокращать затраты, так как работа с процессами позволяет избегать дублирования и затрат, ненужных для достижения результата.

Рассмотрим некоторые результаты реализации процессно-ориентированного подхода.

1. Сокращается время выполнения процесса при одновременном повышении качества выполняемых работ за счет исключения операций передачи информации по иерархии управления. При функциональном подходе в среднем 20 % времени тратится на выполнение операций, а 80 % – на передачу результатов. Фактически, деятельность руководителей направлена на то, чтобы «склеить» функции в процессы, при этом искажается передаваемая информация, ухудшается качество результата.

2. Возникает возможность оценки эффективности операций (функций), выполняемых в рамках процесса, с точки зрения эффективности процесса в целом. При функциональном подходе результаты работы сотрудников оцениваются, исходя из субъективного представления руководителя функционального подразделения о качестве результата операции, а не с точки зрения добавления стоимости конечному результату процесса.

3. Обеспечивается согласованность результатов в рамках процессов. Функциональный подход характеризуется противоречиями в действиях и интересах функциональных подразделений организации, что в итоге снижает эффективность процессов.

4. Снижаются накладные расходы и, как следствие, стоимость результатов процесса. При функциональном подходе расходы растут за счет большого количества операций, возникающих как из-за необходимости частой передачи информации и промежуточных результатов между функциональными подразделениями, так и из-за большого числа ненужных операций, порождаемых отсутствием понимания исполнителей свой роли в процессе.

5. Появляется возможность построить систему мотивирования персонала, базирующуюся на поощрении сотрудников в зависимости от достижения результатов процессов, в которых они участвуют. При функциональном подходе заинтересованность сотрудников в конечном результате отсутствует, так как основным потребителем итогов их работ являются функциональные руководители.

Процессно-ориентированный подход к управлению позволяет организовать деятельность таким образом, чтобы она была гибкой, направленной на постоянное улучшение качества конечного продукта, снижение его стоимости и удовлетворение клиента.

A. A. Bubeneva

THE PROBLEMS OF THE PROJECT MANAGEMENT

The main definitios of the project and project management are considered. The problems of the project management are analyzed. Organization structure as one of the sharpest problems in the project management process is picked out. The usage of the processing approach to building organization structure of project management are offered.

Keywords: project, project management, problems of the project management, organization structure, process, processing approach.

УДК 330.322.54

Т. Э. Акбулатов, Ю. А. Журавлев

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ АЭРОПОРТОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Разработаны критерии оценки программ развития сети северных аэропортов Красноярского края, основанные на принципе повышения эффективности функционирования территориально-промышленного комплекса в целом. На основании предложенных критериев произведена экономическая оценка инвестиций в аэропорт Игарка.

Ключевые слова: авиация, аэропорт, инвестиции, материальные потоки, транспортный эффект.

Транспортная отрасль является важнейшей составляющей экономической системы государства. Не производя, на первый взгляд, никаких материальных благ, она создает своеобразный эффект для государства, общества и частного бизнеса, обеспечивая связь между разделенными расстоянием пунктами. Размер транспортного эффекта при этом определяется расстоянием и величиной потенциальных материальных потоков, зависящей от разницы в геоэкономическом положении связываемых районов.

При наличии различных видов транспорта на одном маршруте общий транспортный эффект «размывается» между ними. Отдельные виды транспорта становятся ориентированными на определенные сегменты материального потока, для которых имеют наиболее подходящие параметры транспортировки (сравнительно оптимальное соотношение стоимости, времени и уровня обслуживания перевозки). При выбытии какого-либо вида транспорта материальный поток, как правило, распределяется между остальными, менее подходящими для его транспортировки видами. При этом эффект данных видов транспорта увеличивается, однако общий эффект всей транспортной системы снижается.

Авиация отличается от других видов транспорта малым временем транспортировки, высоким уровнем сервиса при относительно высоких ценах. Поэтому в средней полосе России в условиях высокой плотности наземных путей сообщения на коротких расстояниях (до 1 000–1 500 км) она занимает небольшой сегмент рынка (прежде всего в части бизнес-перевозок). Однако для северных районов Сибири и Дальнего Востока авиация сегодня является единственным круглогодичным видом транспорта. Налаживание всесезонного наземного сообщения при отсутствии больших транспортных потоков нецелесообразно ввиду высокой стоимости строительства и обслуживания дорог, в 3–5 раз превышающей стоимость для средней полосы России.

Сегодня Красноярский край столкнулся с серьезной проблемой: северные аэропорты регионального значения ввиду выработки ресурса основных производственных фондов (последние капитальные ремонты большинства северных аэропортов проводились еще в СССР) требуют немедленных инвестиций. Стоимость капитального ремонта одной взлетно-посадочной полосы составляет в среднем 500 млн руб. Естественно, что региональный аэропорт с ежегодным оборотом в 30–40 млн руб., даже с учетом роста пассажиропотока в последующие годы на 50–70 %, не в состоянии осуществить ремонт за счет собственных средств.

Однако классические методы оценки эффективности инвестиций, основывающиеся на финансовых результатах деятельности самого аэропорта как отдельного хозяйствующего субъекта, дают искаженные результаты, так как существуют объективные причины, предопределяющие хроническую убыточность северных авиапредприятий (попытка построить стратегию развития региональной авиации по принципу ее самоокупаемости предложена в Приказе Минтранса РФ от 10.01.2007 № 5 «Об утверждении концепции управления федеральным имуществом аэропортов (аэродромов) гражданской авиации и плана первоочередных мероприятий по реализации концепции управления федеральным имуществом аэропортов (аэродромов) гражданской авиации»). В частности, малые объемы работ аэропорта (ввиду низкой численности населения в северных населенных пунктах) лишают его неавиационных доходов (реклама, аренда, торговля и др.). При этом в крупных аэропортах доля неавиационных доходов достигает 50–60 % (см. http://www.domodedovo.ru) (рис. 1). Неавиационные сборы практически не регламентируются государством (исключая антимонопольную службу) и, тем самым, существенно влияют на рентабельность работы предприятия в целом (см. Приказ Минтранса РФ от 02.10.2000 № 110 «Об аэронавигационных и аэропортовых сборах, тарифах за обслуживание воздушных судов эксплуатантов Российской Федерации в аэропортах и воздушном пространстве Российской Федерации»).

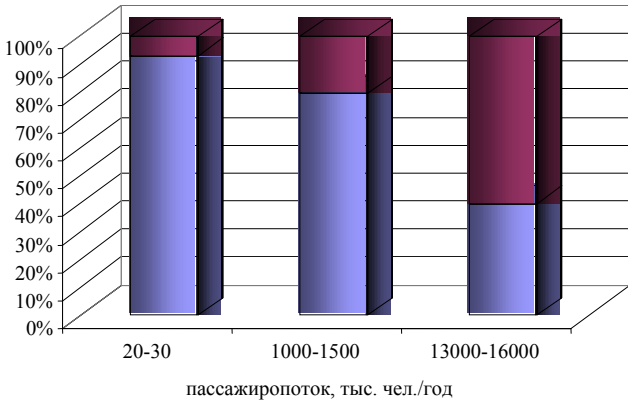


Рис. 1. Структура доходов аэропорта по видам деятельности (авиационной, неавиационной): ■ – неавиационная (нерегламентируемая); ■ – авиационная (регламентированная)

Кроме того, суровые климатические условия непосредственно сказываются на себестоимости предоставля-

емых услуг (в условиях Крайнего Севера расходы на содержание аэропортов увеличиваются на 40–60 %). Ситуацию обостряет и несовершенство федеральных авиационных правил, не учитывающих специфику деятельности небольших региональных авиапредприятий (см. http://www.expert.ru). В то же время, ввиду низких доходов населения и высокой социальной значимости перевозок государство сдерживает рост тарифов на аэропортовое обслуживание, так как это неизбежно вызовет увеличение стоимости авиабилетов (доля аэропортовых расходов в себестоимости перевозки составляет 40 %). В результате, размер некоторых аэропортовых сборов оказывается ниже себестоимости соответствующих услуг, что приводит к необходимости дотирования краевым бюджетом северных авиапредприятий. Однако результаты деятельности региональных авиапредприятий не отражают тех социальных и экономических эффектов, которые получает народное хозяйство от функционирования северных аэропортов (табл. 1). Таким образом, в качестве главного критерия оценки инвестиций в северные региональные аэропорты целесообразно принять эффективность их деятельности для всего народного хозяйства края.

Эффект, приносимый конкретным видом транспорта на конкретном маршруте, основывается на тех выгодах, которые получает народное хозяйство от изменения количественных и качественных параметров перевозок по сравнению с лучшим из альтернативных видов транспорта. Любая транспортная альтернатива отличается от других стоимостью, временем, качеством перевозки, провозной мощностью, а также требуемыми инвестициями для ее организации и функционирования. Таким образом, операционный эффект конкретного вида транспорта для народного хозяйства Э описывается следующей формулой:

$$Э = \sum_{i=1}^{n} (\Delta S_i + \Delta T_i + \Delta Q_i), \quad (1)$$

где ΔS_i, ΔT_i, ΔQ_i – составляющие общего эффекта, связанные с изменениями стоимости, времени и объема перевозок в денежном выражении для конкретного транспортного потока (в сравнении с лучшим из альтернативных вариантов), руб./ год.

В свою очередь каждый из показателей правой части выражения определяется по следующим формулам:

$$\Delta S = (s_1 - s_0)V, \quad (2)$$

где s_0 – стоимость перевозки единицы материального потока (МП) при функционировании рассматриваемого вида транспорта, руб./ед.; s_1 – стоимость перевозки единицы материального потока при функционировании лучшего из альтернативных видов транспорта, руб./ед.; V – объем МП потока, ед./год.;

$$\Delta T = (t_1 - t_0)cV, \quad (3)$$

где t_0 – время перевозки единицы материального потока при функционировании рассматриваемого вида транспорта, ч; t_1 – время перевозки единицы материального потока при функционировании лучшего из альтернативных видов транспорта, ч; c – удельные издержки субъекта, формирующего материальный поток, связанные с изменением времени транспортировки (прямые + упущенная выгода), руб./ед.· ч.;

$$\Delta Q = (V_0 - V_1) \cdot l, \quad (4)$$

где V_0 – объем перевозок при функционировании рассматриваемого вида транспорта, ед./год; V_1 – максимальный объем перевозок при отсутствии функционирования лучшего из альтернативных видов транспорта (с учетом изменения качества обслуживания и провозных мощностей), ед./год; l – средняя упущенная выгода субъекта, формирующего материальный поток, в связи с ограничениями в транспортировке, руб./ед.

В настоящий момент большинство региональных аэропортов выполняют исключительно социальную функцию, и их услугами пользуется преимущественно местное население. Однако не только государство заинтересовано в продолжении нормального функционирования северных аэропортов. Так, разработка нефтегазовых месторождений на Севере Красноярского края оказывает непосредственное влияние на объемы и структуру существующих материальных потоков на всех видах транспорта. Если для перевозки крупногабаритных грузов и оборудования наиболее подходящим является водный транспорт, то вахтовые смены рабочих целесообразно доставлять воздушным путем [1]. В этой связи, при реконструкции северных аэропортов необходимо использовать механизм государственно-частного партнерства.

Следует отметить, что направления и виды транспортных потоков, интересующие государство и бизнес, будут различаться. Так, государству в первую очередь необходимо обеспечение бесперебойной, круглогодичной связи любого населенного пункта с районным и краевым центром. Объектом внимания государства в данном случае являются перевозки местного населения северных районов края и государственных служащих (альтернативой аэропорту в этом случае может служить вертолетная площадка или круглогодичные наземные пути сообщения). Для нефте- и газодобывающих компаний непосредственная связь с населенным пунктом не представляет какого-либо коммерческого интереса. В центре их

Таблица 1

Объективные причины низких финансовых результатов деятельности северного аэропорта и приносимые им народно-хозяйственные эффекты

Объективные причины низких финансовых результатов деятельности северного аэропорта	Народно-хозяйственные эффекты от деятельности северного аэропорта
Малые объемы работ аэропорта	Обеспечение круглогодичной связи с населенным пунктом
Высокая удельная себестоимость, связанная с суровыми климатическими условиями	Сокращение транспортных расходов
Несовершенство авиационных правил и нормативов	Снижение времени транспортировки

внимания оказывается обеспечение сообщения между местами разведки и добычи полезных ископаемых с центрами формирования свободной рабочей силы и материальных ресурсов (не только в рамках края, но и в пределах России, а также стран СНГ). Аэропорт северного населенного пункта в данном случае будет выступать неким «перевалочным пунктом» (альтернативой может служить организация вахтовых перевозок через другой северный аэропорт).

При этом и государство, и добывающие компании будут стремиться к достижению оптимального для себя соотношения операционного эффекта с требуемыми инвестициями. Таким образом, соотношение долей участия государства и бизнеса при финансировании реконструкции аэропорта целесообразно принять равным отношению получаемых операционных эффектов от его функционирования.

Рассмотрим описанную модель государственно-частного партнерства на примере проекта реконструкции регионального аэропорта Игарка. Численность постоянного населения города не превышает 10 тыс. человек и с каждым годом уменьшается в связи с действующей краевой программой переселения жителей «Север–Юг». Однако Игарка является ближайшим населенным пунктом по отношению к Ванкорскому месторождению, вследствие чего вахтовые перевозки рабочих-нефтяников сейчас осуществляются через ее аэропорт. Альтернативой местному аэропорту может стать вертолетная площадка, как это сделано в соседних населенных пунктах. При этом вертолетное сообщение организуется только с районным центром (Туруханск), а уже оттуда – с Красноярском.

Норму дисконта для государства и бизнеса целесообразно принять на уровне 10 %: проект сопряжен с риском ввиду длительного периода реализации, но при этом он имеет высокую социальную значимость, а реконструкция аэропорта не предусматривает разработки и освоения каких-либо новых технологий. Страновой риск для бизнеса будет несущественным, так как освоением Ванкорского месторождения занимается государственная компания [2].

Для оценки эффектов, которые приносит аэропорт Игарка государству и нефтедобывающим компаниям, необходимо разделить общий пассажиропоток аэропорта на местное население и вахтовые смены. В последние годы объем работ аэропорта значительно вырос, тогда как в других региональных северных аэропортах он остается стабильным уже долгое время (рис. 2). Причиной увеличения пассажиропотока стало начало выполнения вахтовых перевозок рабочих для освоения Ванкорского месторождения. В 2005 г. работы по разработке месторождения практически не велись, и весь пассажиропоток (22 тыс. человек) формировался исключительно местным населением.

Действующий тариф в одну сторону на линии Красноярск–Игарка составляет 6 400 руб. Предельные уровни тарифов на местные воздушные линии в северные населенные пункты регламентируются краевой администрацией, поэтому следует допустить, что тариф 6 400 руб. приемлем для местного населения Игарки.

При этом непокрытая часть себестоимости перевозки компенсируется авиапредприятиям за счет дотаций из краевого бюджета. Разница в годовом объеме дотаций будет являться стоимостной составляющей ΔS операционного эффекта для государства. Сегодня средний объем дотаций на линии Красноярск–Игарка составляет 672 руб./на пассажира. В случае переоборудования аэропорта в вертолетную площадку и организацию авиасообщения с Красноярском через Туруханск себестоимость перевозки увеличится на 1 253 руб./на пассажира, что потребует адекватного увеличения размера дотаций. В результате, ΔS операционного эффекта для государства будет составлять 27,6 млн руб./год (табл. 2).

Фактор времени ΔT зависит непосредственно от продолжительности перевозки. Упущенной выгодой в данном случае будет являться производительность труда. Время перелета турбовинтового самолета из Игарки в Красноярск 3,5 часа, тогда как альтернативная схема организации сообщения через Туруханск увеличит время перевозки до 7 часов. Производительность труда определяется как сумма заработной платы и прибавочной стоимости. Допустим, что прибавочная стоимость незначительна по сравнению с заработной платой. Тогда производительность труда следует определить на уровне средней заработной платы, которая составляет 13,8 тыс. руб. в месяц или 80 руб./час (см: http:// www.gks.ru). Таким образом, эффект от экономии времени перевозки составит 6,0 млн руб./год.

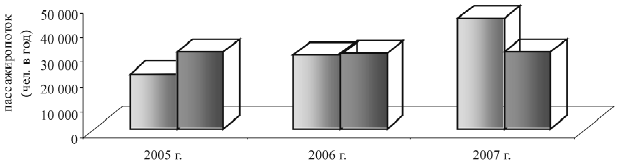


Рис. 2. Динамика объемов работ по аэропортам Игарка и Тура: ■ – Игарка; ■ – Тура

Фактор объема отражает изменение размера материального потока при организации альтернативного транспортного сообщения. К примеру, налаживание железнодорожного сообщения с республикой Тыва (ветка Кызыл–Курагино) позволит многократно увеличить существующую провозную мощность для транспортировки угля и нефтепродуктов (в настоящий момент перевозки грузов осуществляются автомобильным транспортом). Очевидно, что действующая транспортная схема не способна удовлетворить весь спрос на перевозки, и организация альтернативного транспортного сообщения увеличит общий материальный поток.

Для материальных потоков в (из) Игарки дефицита провозных мощностей нет (аэропорт обслуживает 1–2 рейса в сутки). Кроме того, на линии используется морально устаревшая техника, а в здании аэровокзала отсутствуют залы повышенной комфортности для бизнес-пассажиров. Организация альтернативного авиасообщения через Туруханск практически не скажется на качестве перевозки, и фактор объема будет равен нулю, так как реализация данной альтернативной транспортной схемы не повлияет на объем материального потока.

Общий эффект для государства от наличия аэропорта в Игарке есть сумма всех вышеуказанных факторов или

33,6 млн руб./год. Рассчитывать на увеличение подвижности населения без реализации крупных инвестиционных проектов на территории и в окрестностях населенного пункта некорректно. Таким проектом в перспективе могло бы стать освоение Ванкорского месторождения, однако на сегодняшний день в нем не предусмотрено использование сил местного населения ввиду отсутствия профессиональных кадров. Поэтому пока нет прямых предпосылок полагать, что со временем эффект для государства резко вырастет. Таким образом, общий приведенный операционный эффект для государства за 20 лет (межремонтный период для взлетно-посадочной полосы) составит 315 млн руб. При этом требуемый объем инвестиций в аэродром и аэровокзал составляет 900 млн руб. Очевидно, что без дальнейшего развития производства в регионе и заинтересованности крупного бизнеса в работе аэропорта осуществлять капитальный ремонт аэродрома было бы нецелесообразно. И действительно, до недавнего времени услугами аэропорта Игарка пользовалось преимущественно местное население района. Однако в последние годы наблюдается резкий рост объемных показателей его деятельности в связи с началом работ по освоению Ванкорского месторождения. Географическая близость Игарки к местам разработок позволяет организовывать вахтовые перевозки через ее аэропорт с наименьшими затратами времени и ресурсов, и сегодня обслуживание вахт занимает более 50 % от общего объема работ аэропорта (см. рис. 2).

Вахтовые перевозки можно организовывать и по другим схемам, например через Туруханск (ближайший после Игарки населенный пункт с действующим аэропортом по отношению к Ванкорскому месторождению). Однако ввиду существенных различий в стоимости и длительности перевозок на самолетном и вертолетном транспорте альтернативная схема вахтовых перевозок потребует дополнительных материальных ресурсов (табл. 3). В результате, стоимостная составляющая операционного эффекта аэропорта Игарка для нефтедобывающих компаний составит 22,7 млн руб./год. В связи с тем, что вахтовые перевозки рабочих-нефтяников значительно увеличивают объемы работ северных аэропортов, удельная себестоимость перевозки одного пассажира снижается (эффект масштаба). Поэтому необходимо пересчитать ΔS для государства – она составит 33,5 млн руб./год.

Кроме того, организация перевозок через Туруханск увеличит общее время перелета на 0,4 часа в одну сторону (ввиду необходимости преодоления большего расстояния вертолетным транспортом). При средней заработной плате вахтового рабочего 80 тыс. руб. в месяц или 333 руб. в час фактор времени транспортировки составит 2,7 млн руб./год. В результате, суммарный эффект для бизнеса будет равен 25,4 млн руб./год, а скорректированный суммарный эффект для государства – 39,5 млн руб./год.

Общий эффект от операционной деятельности аэропорта Игарка как сумма эффектов для государства и бизнеса будет составлять 64,8 млн руб. в год в текущих ценах. Предположим, что в будущем не планируется освоение новых месторождений нефти вблизи Игарки. Тогда реальный годовой народно-хозяйственный эффект аэропорта со временем практически не изменится. За 20 лет общий приведенный операционный эффект составит 607 млн руб. при требуемых инвестициях в аэропорт в размере 900 млн руб. (табл. 4). Следовательно, проводить реконструкцию аэропорта Игарка без реализации новых проектов по освоению территории района экономически нецелесообразно.

Однако в окрестностях Ванкорского месторождения находится ряд других, еще неосвоенных месторождений нефти. Сегодня только начинаются работы по их разработке и оценке. При этом пока сложно делать прогнозы по срокам освоения и объемам добычи на этих месторождениях, но, несомненно, в ближайшие годы объемы вахтовых перевозок на Север края будут продолжать расти. И если, к примеру, за 5 лет поток вахтовых рабочих через Игарку увеличиться с 23 до 55 тыс. чел. в год и останется на этом уровне в течение последующих 15 лет, приведенный операционный эффект аэропорта для народного хозяйства сравняется с требуемыми инвестициями. Последующее расширение производства в районе будет только увеличивать народно-хозяйственное NPV реконструкции аэропорта.

Таким образом, итогами данной работы являются следующие положения:

1. За основной критерий инвестиционного проекта развития северных аэропортов Красноярского края целесообразно принять разницу между эффектами, приносимыми конкретным северным аэропортом всем от-

Таблица 2

Расчет стоимостной составляющей эффекта от операционной деятельности аэропорта Игарка для государства

Транспортная схема	Расходы на рейс, тыс. руб.	Расходы на пассажира*, руб.	Тариф, руб./пас.	Дотации авиакомпаниям, руб./пас.	Годовой объем дотаций**, тыс. руб.
Красноярск–Игарка (Ан-24)	591	7 072	6 400	672	14 792
Красноярск–Туруханск–Игарка, в том числе:		8 325	6 400	1 925	42 358
Красноярск–Туруханск (Ан-24)	520	6 220			
Туруханск–Игарка (Ми-8)	100	2 105			
Разница (2 – 1)					27 568

Примечание. * – из расчета предельной емкости Ан-24 – 44 места, Ми-8 – 25 мест, при 95 %-й загрузке регулярного рейса; ** – из расчета пассажиропотока 22 тыс. человек в год.

раслям народного хозяйства, и требуемыми вложениями в его инфраструктуру.

2. Разработана методика расчета народно-хозяйственного эффекта от операционной деятельности северного аэропорта, учитывающая выгоды всех отраслей народного хозяйства от изменения (по сравнению с лучшим из альтернативных вариантов перевозки) параметров транспортировки и позволяющая оценить целесообразность инвестиций в инфраструктуру аэропорта с точки зрения оптимизации функционирования всего территориально-промышленного комплекса. Кроме того, методика позволяет определить соотношение долей участия государства и частного бизнеса в проектах реконструкции аэропорта (через равенство получаемых эффектов каждой из сторон).

3. На основании предложенной методики произведена экономическая оценка эффективности инвестиций в региональный аэропорт Игарка, показывающая нецелесообразность вложения средств в аэропорт без реализации дополнительных (к уже существующим) проектов развития промышленности в регионе.

Библиографический список

1. Желтов, Ю. П. Методы прогнозирования развития нефтегазового комплекса / Ю. П. Желтов, А. Б. Золотухин, И. А Пономарева. М. : Наука, 1991.

2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / под ред. В. В Косова, В. Н. Лившица, А. Г. Шахнозарова ; М-во экономики РФ, М-во финансов РФ, ГК по строительству, архитектуре и жилищной политике. 2-е изд. М. : Экономика, 2000.

Таблица 3

Расчет стоимостной составляющей эффекта от операционной деятельности аэропорта Игарка для нефтедобывающих компаний

Транспортная схема	Расходы на рейс*, тыс. руб.	Стоимость перевозки одного пассажира**, руб.	Расходы в год***, тыс. руб.
Через Игарку, в том числе:		8 158	186 000
Красноярск–Игарка на Ан-24	550	6 579	
Игарка–Ванкор на Ми-8	75	1 579	
Через Туруханск, в том числе:		9 153	208 693
Красноярск–Туруханск на Ан-24	501	5 995	
Туруханск–Ванкор на Ми-8	150	3 158	
Разница 2 – 1 (ΔS)			22 692

Примечание. * – с учетом снижения удельной себестоимости аэропортовых услуг за счет эффекта масштаба; ** – из расчета предельной емкости Ан-24 – 44 места, Ми-8 – 25 мест, при 95 %-й загрузке вахтового рейса; *** – из расчета пассажиропотока 22,8 тыс. человек в год (при среднегодовой численности на объекте 950 человек и продолжительности вахты один месяц).

Таблица 4

Экономическая оценка инвестиций в инфраструктуру аэропорта Игарка на основе приносимых им народно-хозяйственных эффектов

Народно-хозяйственный эффект	Использование аэропорта для перевозки только местного населения	Использование аэропорта для перевозки местного населения и работников Ванкорского месторождения	
Участники проекта	Государство	Государство	Бизнес
Годовой эффект от функционирования аэропорта, млн руб./год	33 587	64 848	
		39 496	25 352
в том числе:			
от снижения стоимости перевозки	27 566	33 475	22 692
от снижения времени перевозки	6 021	6 021	2 660
Требуемый объем инвестиций в инфраструктуру аэропорта, млн руб.	900 000	900 000	
NPV (норма дисконта 10 %), млн руб.	–585 462	–292 702	
IRR, %	0	3,8	

T. E. Akbulatov, Yu. A. Zhuravlev

THE ESTIMATION CRITERIA OF THE CODE EFFICIENCY DEVELOPMENT OF THE NORTH REGIONAL AIRPORTS PROGRAMS IN KRASNOYARSK TERRITORY

The estimation criteria of the north airports development program in Krasnoyarsky territory are worked out. They are generally based on the principle of the efficiency enhancement for the whole industrial complex. The economic appraisal of investments for the Igarka airport is based on the ground of the proposed criteria.

Keywords: aviation, airport, investments, product flows, transport effect.

УДК 336.77.067.22; 339.72

Т. С. Скворцова

ВЛИЯНИЕ УСРЕДНЕНИЯ ПОЗИЦИЙ ТОРГОВОЙ СИСТЕМЫ НА РЕЗУЛЬТАТ ИНВЕСТИРОВАНИЯ

Вопрос максимизации доходности инвестора с учетом рисков является ключевым моментом инвестирования на фондовом рынке. Рассматривается методический подход по оптимизации вложений инвестора на фондовом рынке с учетом рисков и его апробация на российском рынке ценных бумаг с использованием различных торговых систем. Оценивается результат инвестирования в ценные бумаги с применением усреднения позиции на основе изменения исходных параметров.

Ключевые слова: торговая система, максимальный убыток в одной сделке, stop-loss, вариация капитала, максимальное число проигрышей подряд, максимально возможный убыток.

На сегодняшний день российский фондовый рынок снижается столь же бурными темпами, как рос в 2005 и 2006 гг. Это связано с уменьшением ликвидности, кризисом недоверия к заемщикам и ипотечными неплатежами в США. Зарубежные инвестиционные компании выводят денежные средства из России и вкладываются на товарных и сырьевых рынках, а также на рынке безрисковых и малорисковых инструментов, т. е. у российских инвесторов появилась проблема увеличения доходности вложений в ценные бумаги при заданном уровне риска.

Целью исследования стала разработка стратегий управления капиталом для сохранения привлекательности инвестиций в акции.

В рамках данной статьи будут рассмотрены основные принципы инвестирования с помощью стратегии наращивания (усреднения) позиции.

При принятии решения о покупке или продаже ценных бумаг инвестор должен руководствоваться одним или несколькими методами принятия решений – фундаментальным анализом, интуицией или техническим анализом.

В случае принятия решения на основе технического анализа, трейдер получает сигналы на покупку и продажу на основе поведения одного или нескольких индикаторов. В таком случае, торговой системой трейдера на практике принято считать алгоритм принятия решения при помощи применяемых индикаторов. На данный момент в российской научной литературе не существует строгого определения торговой системы, но можно воспользоваться определением, данным в зарубежной литературе: «С появлением персональных компьютеров среди трейдеров появилось много желающих свести разрозненные правила технического анализа в единые торговые системы. Целью создания подобных систем было определение сигналов на покупку и продажу без вмешательства человека. Это снижает риск психологического влияния на действия трейдера и повышает устойчивость торговли. Общим для всех механических торговых систем является жесткость установленных правил торговли и однозначность подаваемых сигналов» [1].

Исходя из предыдущего определения, можно сделать вывод, что система жестко установленных правил торговли с однозначными сигналами на покупку-продажу – это торговая система, т. е. результатом торговой системы можно считать совокупность решений инвестора, принятых и на основании фундаментального анализа, если их можно описать в качестве некоторого алгоритма. Допустим, мы делаем анализ эмитента некоторой акции раз в год, решение о покупке принимаем при потенциале роста более 15 %, решение о продаже – при потенциале падения более 15 %. Если мы приобрели бумагу, то продаем ее при достижении целевой цены либо при изменении исходных предпосылок для анализа (недостижение плановой прибыли и т. п.).

Следовательно, в результате работы торговой системы появляется некоторая совокупность решений, кото-

рая подчиняется определенным закономерностям, обусловленными действием правил торговой системы, т. е. имеется возможность наложить алгоритм принятия решений на исторический период и протестировать, чтобы понять, как он работает, какие риски и доходности могут возникнуть при его применении.

Возникает закономерный вопрос, как оценить работу торговой системы. Опять же можно обратиться к зарубежным источникам. Для оценки работы торговых систем Ч. Лебо и Д. Лукас в книге «Компьютерный анализ фьючерсных рынков» предлагают систему показателей, рассчитываемых при помощи статистических методов на основании исторических данных – сделок, совершенных по торговой системе.

Для оценки доходности торговых систем рассчитывается показатель общей доходности. Общая доходность рассчитывается как отношение изменения капитала за весь период тестирования к начальному значению капитала. Также для оценки доходности необходимо рассчитать соотношение суммы выигрышей к сумме проигрышей. Данный показатель должен быть более единицы, чтобы торговая система приносила прибыль. Важным показателем для оценки доходности торговой системы является и математическое ожидание системы, которое рассчитывается как отношение количества выигрышных сделок к общему числу сделок. Система с математическим ожиданием порядка 35–50 % считается способной приносить прибыль в долгосрочном периоде при положительных вышеперечисленных показателях.

Для оценки риска торговых систем рассчитывается максимальный убыток в одной сделке, максимально возможный убыток системы.

Из массива сделок торговой системы выбирается значение максимального убытка. Затем на всем массиве данных исследуются серии убыточных сделок, следующих подряд. В итоге, будет обнаружено максимальное количество убыточных сделок. В результате, перемножив максимальный убыток в одной сделке на максимальное количество убыточных сделок, мы получаем процентный показатель максимально возможных потерь. Данный показатель очень удобен для интерпретации и позволяет определить, насколько система пригодна для применения. Считается, что показатель максимально возможных потерь не должен превышать 50 %, иначе торговая система может губительно сказаться на вложениях [2].

Также для оценки риска торговой системы желательно отслеживать показатель вариации капитала, который рассчитывается как отношение среднеквадратического отклонения капитала на математическое ожидание капитала. В случае превышения данным показателем 30 %, считается, что данной системе будет сложно следовать в эмоциональном плане, поскольку разница между экстремумами значений капитала может оказаться велика. Все вышеперечисленные показатели можно использовать для оценки любых торговых систем.

Следует понимать, что риск и доходность торговой системы можно изменить, применяя различные методики управления капитала. В данной статье будут описаны результаты исследования нескольких торговых систем, к которым применялись стратегии усреднения.

Стратегия усреднения (наращивания) заключается в увеличении количества приобретенных ценных бумаг при изменении цены в ту или иную сторону. Например, трейдеры могут принять решение вдвое увеличить позицию в случае проигрышной сделки, надеясь компенсировать убытки, или в случае выигрышной сделки, чтобы максимизировать потенциал системы. В России исследование влияния наращивания позиций на работу торговой системы не проводилось, а зарубежные источники утверждают, что увеличивать позиции необходимо в случае, когда рынок движется в сторону открытой позиции [3].

В качестве объектов для применения стратегий наращивания позиции были выбраны торговые системы, построенные на основе скользящей средней, MACD, канала направленного диапазона [4]. Для исследований были выбраны трендовые индикаторы, поскольку общеизвестно, что основная часть прибыльных торговых систем строится на них. Тем не менее, описанные в статье стратегии наращивания и систему показателей оценки торговых систем можно применять к любой торговой системе.

Задача автора – оценить влияние наращивания размера позиций на доходность и риск торговой системы [5].

Увеличение позиции может происходить при движении цены в сторону открытой позиции либо при движении цены против позиции [6].

Рассмотрим влияние усреднения позиции на прибыль в одной сделке. Сигналы на покупку (открытие длинной позиции) в точке А и продажу В инициированы некоторой торговой системой. В данном примере сигналы следует считать константами, а момент усреднения – переменной.

Рис. 1. Усреднение позиции при движении цены в сторону открытой позиции

Допустим, длинная позиция открывается долей от капитала d_1 на уровне А, усредняет ее на уровне $Б_1$ долей от капитала d_2 и закрывает ее на уровне В, тогда прибыль равна $d_1 \cdot АВ + d_2 \cdot Б_1В$, где d_1 – доля капитала, которой открывается позиция, а d_2 – доля капитала, которой усредняется позиция (рис. 1).

Рассмотрим пример, где длинная позиция открывается всем капиталом на уровне А и закрывается на уровне В, тогда прибыль равна разнице в ценах АВ.

Если позиция усредняется на уровне $Б_2$, тогда прибыль равна $d_1 \cdot АВ + d_2 \cdot Б_2В$, где d_1 – доля капитала, которой открывается позиция, а d_2 – доля капитала, которой усредняется позиция. А в силу того, что отрезок БВ на

рис. 1 меньше, чем на рис. 2, то наиболее прибыльный вариант, это наращивание позиции в случае, если цена идет против открытой позиции (рис. 2).

Рис. 2. Усреднение позиции при движении цены против открытой позиции

Очевидно, что применение стратегии наращивания позиции «martingale», которая заключается в увеличении объема позиции при снижении (увеличении) цены для длинных (коротких) позиций, увеличивает прибыль, которую можно получить в одной сделке (табл. 1).

Рассмотрим теперь, как сокращается риск при применении усреднения позиций.

Допустим, открывается длинная позиция долей от капитала d_1 на уровне А, усредняется на уровне $Б_1$ долей от капитала d_2 и закрывается на уровне В, тогда убыток равен

$$d_1 \cdot \text{АВ} + d_2 \cdot Б_1\text{В},$$

где d_1 – доля капитала, которой открывается позиция; d_2 – доля капитала, которой усредняется позиция (рис. 3).

Рис. 3. Усреднение позиции при движении цены в сторону открытой позиции

Если усреднять позицию на уровне $Б_2$, тогда убыток будет равен

$$d_1 \cdot \text{АВ} + d_2 \cdot Б_2\text{В},$$

где d_1 – доля капитала, которой открывается позиция; d_2 – доля капитала, которой усредняется позиция (рис. 4).

В силу того что отрезок $Б_1$В меньше, чем $Б_2$В, то менее убыточный вариант – это наращивание позиции в случае, если цена идет против открытой позиции.

Рис. 4. Усреднение позиции при движении цены против открытой позиции

Очевидно, что убыток, зафиксированный в сделке при применении стратегии наращивания позиции «martingale», которая заключается в увеличении объема позиции при снижении (увеличении) цены для длинных (коротких) позиций, снижается (табл. 2).

Применение стратегий наращивания на данный момент протестировано на трех торговых системах за период 2004–2008 гг. В качестве анализируемых данных были выбраны сделки по MACD (12, 26, 9), пересечения семидневной скользящей средней и графика ценовых значений и сигналы торговой системы «Канал направленного диапазона» [4]. Были рассчитаны все три варианта управления капиталом. При применении наращивания по сигналу системы приобретались ценные бумаги на половину капитала, затем при ценовом движении в два процента вкладывалась вторая половина капитала. Расчетная модель предполагает возможность варьирования долей капитала, которыми открывается и усредняется позиция, а также предполагает возможность изменения процентного изменения цены, при котором осуществляется наращивание. В результате исследований выяснилось, что применение усреднения позиций при движении цен в сторону, противоположную открытой позиции, приводит к существенному росту доходности, снижению максимально возможного убытка, максимального и среднего убытка в сделке и увеличению вариации капитала.

Размер позиции и его изменение в процессе торговли – ключевой вопрос теории управления капиталом. Вопрос

Таблица 1

Сравнение влияния стратегий усреднения на прибыль в сделке

Стратегия усреднения	Формула прибыли	Сумма прибыли при $d_1 = d_2 = 0{,}5$
Без усреднения	АВ	52,66
Рынок идет в сторону открытой позиции	$d_1 \cdot \text{АВ} + d_2 \cdot Б_1\text{В}$, $Б_1\text{В} < Б_2\text{В}$	38,58
Рынок идет против открытой позиции	$d_1 \cdot \text{АВ} + d_2 \cdot Б_2\text{В}$, $Б_1\text{В} < Б_2\text{В}$	66,87

размера позиции и ограничения убытков требует обязательного рассмотрения начинающими трейдерами, поскольку он является важной и неотъемлемой частью в работе на фондовом рынке.

На текущий момент в России научные исследования по данной проблеме находятся в начальной стадии, а зарубежные исследования опубликованы в основном в научно-популярной литературе. Новизна работы заключается в том, что исследование наращивания позиций проводилось как в направлении движения рынка, так и в движении рынка против открытых позиций.

Основа долгосрочной работы на рынке ценных бумаг состоит в грамотном ограничении рисков и сохранении позиций, приносящих прибыль. Практическая ценность данного исследования состоит в том, что данные стратегии могут использовать частные инвесторы, а также управляющие активами инвестиционных фондов в целях улучшения доходности и сокращения риска.

На основании проведенных экспериментальных расчетов были сделаны следующие выводы:

1. Доходность торговой системы повышается при использовании стратегии наращивания позиции, которая заключается в увеличении объема позиции при снижении (увеличении) цены для длинных (коротких) позиций.

2. Риск торговой системы снижается при использовании стратегии усреднения позиции, при движении цены против открытой позиции.

3. Чем меньше первоначальный размер открываемой позиции и больше объем наращивания, тем лучше показатели работы торговой системы: выше доходность, меньше убыток в одной сделке, меньше количество поражений, выше математическое ожидание торговой системы и меньше максимально возможный убыток, выше устойчивость торговой системы в целом.

4. При применении вышеописанной стратегии увеличивается коэффициент вариации капитала, что следует учитывать при использовании стратегии усреднения в сильно волатильных торговых системах.

Библиографический список

1. Найман, Э. Л. Малая энциклопедия трейдера : пер. с англ. / Э. Л. Найман. М. : Изд. дом «АЛЬПИНА», 2005.

2. Лебо, Ч. Компьютерный анализ фьючерсных рынков : пер. с англ. / Ч. Лебо, Д. В. Лукас. М. : Изд. дом «АЛЬПИНА», 1998.

3. Тарп, В. Внутридневной трейдинг. Секреты мастерства : пер. с англ. / В. Тарп, Б. Джун. М. : Изд. дом «АЛЬПИНА», 2003.

4. Кропачев, С. В. Использование метода канала направленного диапазона для увеличения дохода инвестора на организованном рынке ценных бумаг / С. В. Кропачев, В. Г. Русских, С. В. Наговицин // Современная экономика : проблемы и решения : сб. науч. тр. Красноярск : КрасГУ, 2002. Вып. 3. С. 233–245.

5. Кропачев, С. В. Диверсификация рисков и увеличение доходности торговой системы на фондовом рынке с применением наращивания позиции / С. В. Кропачев, В. Г. Русских, Т. С. Скворцова // Экономические проблемы и решения : науч. журн. Красноярск : КрасГУ, 2006. № 5. С. 110–116.

6. Money Software Company – Тысячи и немедленно – секреты управления капиталом : пер. с англ. М. : Изд. дом «АЛЬПИНА», 2003.

Таблица 2

Сравнение влияния стратегий усреднения на убыток в сделке

Стратегия усреднения	Формула убытка	Сумма убытка при $d_1 = d_2 = 0{,}5$
Без усреднения	АВ	–35,5
Рынок идет в сторону открытой позиции	$d_1 \cdot$ АВ + $d_2 \cdot$ $Б_1$В, $Б_1В > Б_2В$	–49,22
Рынок идет против открытой позиции	$d_1 \cdot$ АВ + $d_2 \cdot$ $Б_2$В, $Б_1В > Б_2В$	–8,16

T. S. Skvortsova

THE INFLUENCE OF THE TRADE SYSTEM AVERAGED POSITIONS ON THE INVESTMENT RESULTS

The problem of the profitability maximization on the stock market taking into account risks is the key moment of the investment process. The methodical approach of the investment optimization on the stock market and its appraisal on different trade systems are viewed in this paper. The result of the investment into the securities using the strategy «martingale» is estimated.

Keywords: trade system, largest losing trade, stop-loss, volatility of the capital, maximum consecutive losses, maximum drawdown.

УДК 338.24.021.8

И. В. Теренина

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

В последние годы явно обозначилась тенденция к перемещению внимания исследователей с классического управления логистической цепью с довольно стабильным партнерскими отношениями на виртуальные предприятия, основанные на более динамичном сотрудничестве. Основной экономический потенциал виртуального предприятия с точки зрения организации производства и логистики заложен в качественно новых возможностях управления логистическими цепями и процессах создания стоимости на основе концентрации большого количества ресурсов в единой базе, что позволяет быстро и гибко реагировать на рыночные изменения.

Ключевые слова: виртуальное предприятие, логистическая цепь, ресурсы.

Современные информационные технологии изменили связь между масштабом конкуренции и конкурентным преимуществом, повысив способность компаний координировать свои действия в региональных, национальных и глобальных масштабах, и, таким образом, расширили географические границы для достижения конкурентного преимущества, воздействуя на все пять конкурентных сил: влияние поставщиков, влияние покупателей, угрозы продуктов-заменителей, угрозы новых вторжений конкурентов и собственно соперничество между существующими конкурентами. Учитывая, что большинство предприятий нашего военно-промышленного комплекса (ВПК) так и не достигли еще устойчивого положения на рынках сбыта и практически повсеместно зависят от эпизодических заказов, заказчика или пирамидообразующих предприятий, становится понятно, что необходим механизм, который бы позволил предприятиям в их нынешних условиях на максимально высоком конкурентном уровне использовать производственные ресурсы в рамках собственных стратегий и повышения операционной эффективности.

Каждая компания стремится достичь конкурентного преимущества в своей области, и во многих случаях логистическая цепочка скрывает в себе большие резервы оптимизации. В последние годы явно обозначилась тенденция к перемещению внимания исследователей с классического управления логистической цепью с довольно стабильными партнерскими отношениями на виртуальные предприятия, основанные на более динамичном сотрудничестве.

Уточним понятие виртуального предприятия. Под виртуальным предприятием предлагается понимать динамическую открытую бизнес-систему, основанную на формировании юридически независимыми предприятиями единого информационного пространства с целью совместного использования своих технологических ресурсов для реализации всех этапов работ по выполнению проекта от источников первичного сырья до сдачи его в эксплуатацию.

Виртуальное предприятие основывается на формировании единой организационно-технологической и информационной среды за счет временного объединения ресурсов различных предприятий. Благодаря оперативной координации использования ресурсов организации способны быстро и с минимальными затратами производить конечный продукт или услугу.

Виртуальное предприятие характеризуется такими свойствами, как децентрализованность, распределенность, наличие механизмов гибкого формирования новых организационных структур, способность быстрой адаптации к изменяющимся требованиям рынка, саморегулирование и самоорганизация, координация и взаимодействие на основе согласованного с бизнес-партнерами управления процессами и ресурсами.

Виртуальное предприятие формируется на основе создания общей базы данных о предприятиях, в которой регистрируются предприятия-участники виртуального предприятия и их функциональные возможности (компетенции), а также общей базы технологических операций. Доступ к указанным базам данным осуществляется через Интернет (через специально разработанную интернет-страницу виртуального предприятия). На основе параметров заказа клиента, введенных на интернет-странице виртуального предприятия, и базы технологических операций определяется технология выполнения данного вида работ.

В дальнейшем, с учетом параметров базы данных поставщиков определяются альтернативные возможности выполнения каждой из операций плана работ. Затем с помощью системы оперативного распределения ресурсов и координации осуществляется сравнение различных вариантов логистических цепей, выбирается наилучшая конфигурация логистических цепей в соответствии с параметрами заказа клиента и производится распределение работ по отдельным исполнителям.

Следует особо отметить, что виртуальное предприятие не является юридическим лицом (юридические функции может выполнять орган координации виртуального предприятия). Между участниками виртуального предприятия, которые действуют на основе определенных органом координации правил, сохраняются принципы конкуренции (каждое предприятие заинтересовано в получении работы и сохраняет свою активную конкурентную роль в рамках правил виртуального предприятия). Виртуальное предприятие является открытой системой, вход в которую и выход из которой определяется самими предприятиями.

Центр управления (орган координации) виртуального предприятия может быть реализован в виде управляющей компании, не являющейся непосредственным участником производственно-логистического процесса, либо он может быть «плавающим», т. е. центром виртуального предприятия может становиться одно из предприятий-участников виртуального предприятия, являющееся головным исполнителем по тому или иному проекту. При первом

подходе происходит передача координирующих функций специальному органу (координационному совету). Либо его образуют участники данной структуры с целью организации взаимоотношений с внешней средой, создания единой информационной базы и механизмов координации, а также управления финансовыми потоками, либо такой орган создается в виде коммерческой организации и сам занимается формированием виртуального предприятия. Координационный совет утверждает правила виртуального предприятия и механизмы координации и кооперации. При втором подходе роль «головной» организации, которая выступает как координирующий центр, могут выполнять различные участники виртуального предприятия в зависимости от характера выполняемых работ. Через нее строятся отношения виртуального предприятия с внешней средой, она отвечает за распределение ресурсов, результаты деятельности и обеспечение необходимых условий функционирования виртуального предприятия.

Виртуальное предприятие представляет собой своего рода предприятие над предприятиями. В рамках виртуального предприятия может существовать множество логистических сетей, причем одно и то же предприятие может входить в состав различных логистических сетей и виртуальных предприятий.

Механизм формирования логистических цепей на виртуальном предприятии отличен от классической концепции SCM. Логистические цепи на виртуальном предприятии формируются динамически из множества альтернативных вариантов под каждый проект.

Основной целью виртуального предприятия является быстрое реагирование на рыночные требования и максимизация степени использования ресурсов предприятий. Основной экономический потенциал виртуального предприятия с точки зрения организации производства и логистики заложен в качественно новых возможностях управления логистическими цепями и процессах создания стоимости на основе концентрации большого количества ресурсов в единой базе, что позволяет быстро и гибко реагировать на рыночные изменения.

Для построения эффективной системы управления логистическими цепями в виртуальных предприятиях необходимо решить задачи:

– организационного проектирования (разработка и внедрение новых организационно-экономических схем взаимодействия предприятий);

– разработки правил и принципов взаимодействия (условия получения и размещения заказов, планирование и оперативное управление процессами, распределение прибыли, управление рисками и т. д.);

– построения системы информационной поддержки (концепции единой информационной среды кооперационных связей);

– выработки методов, моделей и алгоритмов оптимизации бизнес-процессов в логистических цепях.

Учитывая, что основным требованием к виртуальным предприятиям является наличие общего для всех его участников информационного (виртуального) пространства, первой стадией создания виртуального предприятия должна стать разработка модели интегрированного информационного пространства. Виртуальные предприятия функционируют на основе общих баз данных о предприятиях-участниках, их функциональных возможностях (компетенциях) и технологических операциях.

Функциональное «ядро» виртуального предприятия составляет система оперативного управления виртуальным предприятием, связанная:

– с производственно-экономической системой класса ERP, в которой хранятся и актуализируются данные по выполнению отдельных процессов;

– общей базой данных, в которой сохраняется информация об агентах-участниках виртуального предприятия.

Это функциональное «ядро» отвечает за управление заказами клиентов и определение возможностей их эффективной реализации агентами виртуального предприятия.

С другой стороны, оно связано с системами оперативного управления предприятиями, которыми обладает каждый агент виртуального предприятия. Задачами системы оперативного управления предприятиями являются управление информацией о процессах на отдельных предприятиях и снабжение ею систем «функционального ядра». Само «ядро» находится в ведении «головной организации» (координационного совета).

Одной из главных задач организации производственной кооперации в виде виртуального предприятия является разработка такого интегрированного информационного пространства и системы оперативного управления процессами и координации, которые бы позволили в оперативном режиме осуществлять прием заказа клиента, проверку возможности его выполнения, распределение работ по выполнению данного заказа между отдельными предприятиями-участниками виртуального предприятия.

Таким образом, следует еще раз отметить, что виртуальное предприятие – это динамическая бизнес-система, способная быстро и гибко реагировать на изменения рынка.

I. V. Terenina

ON THE FORMATION AND DEVELOPMENT EXPEDIENCY OF VIRTUAL ENTERPRISES IN AEROSPACE BRANCH

The tendency of researchers attention transition from the classical management of logistical chain with stable partnership to virtual enterprises is clearly observed the recent years. The mechanism of logistical chain formation in virtual enterprises differs from the classical one. The basis of a virtual enterprise is the rapid reaction to the market demands and the usage degree of enterprise resources. The main economic potential of the virtual enterprise is in the new possibilities of logical chains management and processes of cost formation that can help to react to the market changes.

Keywords: virtual enterprise, logistical chain, resources.

УДК: 339.187.62

А. С. Нечаев

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ИНВЕСТИЦИОННОГО КРЕДИТА

Приведен алгоритм создания математической модели инновационного варианта расчета инвестиционного налогового кредита. Данная методика позволяет хозяйствующим субъектам формировать необходимую им сумму инвестиционного налогового кредита в заданный период времени.

Ключевые слова: инвестиционный налоговый кредит, инновация, методика расчета инвестиционного налогового кредита.

Основными источниками финансирования предприятий могут являться такие формы кредитования, как банковский кредит, лизинг, инвестиционный налоговый кредит [1].

Что касается первой формы финансирования, то банковский кредит является ограниченной формой финансирования, так как предприятия в большинстве своем от кредитных учреждений не всегда могут получить кредитные ресурсы в необходимом для них объеме и на необходимый им срок. Такая ситуация возникает вследствие того, что кредитные учреждения в очень редких случаях предоставляют кредитные ресурсы на продолжительное время. Большинство банков предпочитают предоставлять краткосрочные кредиты на срок до одного года. Это вызвано тем, что риск невозврата кредита при краткосрочном кредитовании, по сравнению с долгосрочной формой кредитования, существенно ниже.

Кроме того, данная форма кредитования в большинстве своем предполагает предоставление кредитному учреждению имущественного залога. Таким залогом для предприятия могут быть основные средства как производственного, так и непроизводственного назначения; сырье и материалы, используемые при производстве товаров, работ, услуг; продукция, производимая предприятием. Как следует из вышеперечисленного, кредитное учреждение берет в залог и изымает из оборота то имущество предприятия, которое и является инструментом, позволяющим последнему иметь возможность заниматься производственной деятельностью, направленной на извлечение дохода [2].

Что касается второй формы финансирования, то по сравнению с зарубежными странами, лизинг в настоящее время в России развит недостаточно.

Причины широкого распространения лизинга во всем мире кроются в ощутимых преимуществах, которые он несет всем участникам сделки.

В качестве аргументов, характеризующих качественные преимущества лизинга, могут являться следующее:

– смягчается проблема ограниченности ликвидных средств, так как при лизинге затраты распределяются на весь срок действия договора и высвобождаются средства для вложения в другие виды активов (проблема привлечения оборотных средств в деятельность предприятий может быть успешно решена при схемах возвратного лизинга, когда основные средства предприятия продаются лизинговой компании и одновременно остаются в его распоряжении на условиях финансового лизинга);

– применяются налоговые льготы и другие инвестиционные стимулы, в частности, снижение риска морального износа активов за счет применения свободной амортизации объектов лизинга;

– лизинговые платежи не рассматриваются в качестве долга, а указываются в балансе как текущие расходы лизингополучателя, таким образом улучшая структуру баланса в части его ликвидности и повышая кредитоспособность лизингополучателя;

– обеспечивается полное финансирование привлечения активов (по сравнению с проектным кредитованием, когда средства можно привлечь лишь на 80–85 % требуемых инвестиций);

– гораздо проще получать активы на условиях лизинга, чем банковский кредит на приобретение основных средств, так как объект лизинга является собственностью лизингодателя;

– не требуется дополнительного обеспечения, так как объект лизинга является собственностью лизингодателя и обладает достаточной ликвидностью;

– лизинговые платежи производятся только после установки, наладки и пуска оборудования, следовательно, платежи можно осуществлять из средств, поступающих от реализации проекта.

При наличии таких неоспоримых преимуществ, по мнению многих исследователей, лизинг должен являться приоритетным видом привлечения финансовых ресурсов. Однако на практике происходит обратное: доля лизинга в общем объеме инвестиций составляет не более 3–5 %. Причины такого положения вещей выявляются при более детальном анализе приведенных выше преимуществ [3].

Первые два преимущества очерчивают сферу применения лизинга, являясь критериями выбора формы привлечения ресурсов. Третье преимущество в реалиях отечественной экономики является в большинстве случаев невостребованным и, соответственно, несущественным при принятии решений. Последние четыре преимущества не работают в условиях существующего уровня развития отечественного рынка капитала. Так как основным и практически единственным источником рефинансирования лизинговых компаний является банковский кредит, то условия финансового лизинга и легкость его привлечения не могут существенно отличаться от условий кредитования, предлагаемых отечественными банками. Следствием этого является необходимость предоставления лизингополучателем дополнительного обеспе-

чения на величину начисленных на срок действия договора процентов, а также невозможность в общем случае отсрочить уплату процентов до выхода на проектную мощность.

Что же касается третьей формы финансирования, то изначально государство ввело ее в целях реструктуризации имеющейся задолженности предприятий по налогам и сборам. С течением времени инвестиционный налоговый кредит становится механизмом, способствующим техническому перевооружению собственных производств предприятий, а также позволяющим осуществлять внедренческую или инновационную деятельность, в том числе по созданию новых или совершенствованию применяемых технологий.

Для предприятия данный вид кредита является очень выгодной формой финансирования по следующим причинам:

– данный кредит может быть предоставлен как по налогу на прибыль организации, так и по региональным и местным налогам;

– в соответствии со ст. 67 НК РФ не допускается устанавливать проценты на сумму кредита по ставке, менее одной второй и превышающей три четвертых ставки рефинансирования ЦБ РФ.

Государство разрешает предприятиям применять механизм инвестиционного налогового кредита к различным налогам, т. е. к тем налогам, выплаты по которым предприятию необходимо сократить. Причем государство за пользование данным кредитом берет с предприятия процент существенно ниже, чем процент, используемый при кредитовании в кредитных учреждениях.

Но вместе с тем, в НК РФ имеются и неоднозначные моменты:

– срок действия данного кредита: он составляет от одного до пяти лет (ст. 65 п. 1 абз. 4 НК РФ);

– предоставляется возможность в течение определенного срока и в определенных пределах уменьшать свои платежи по налогу с последующей поэтапной уплатой суммы кредита и начисленных процентов (ст. 66, п. 1 абз. 1 НК РФ);

– сумма кредита должна составлять не более 30 % от стоимости приобретенного заинтересованной организацией оборудования (ст. 67, п. 2 подп. 1 НК РФ).

Разберем данные моменты более подробно.

Срок действия кредитного договора устанавливается хаотично, т. е. не даны те основные принципы, от которых стоит отталкиваться сторонам сделки при определении срока действия договора.

К сожалению, что касается второго момента, НК РФ не дает четкой информации о сроках и величине уплаты инвестиционного налогового кредита и процентов по нему. Фраза «поэтапная уплата» может обозначать выплаты данного кредита и процентов по нему в течение как долгого, так и короткого промежутка времени.

По третьему моменту видно, что НК РФ устанавливает, не обосновывая, размер предельного уменьшения платежа по налогу на прибыль.

Непроработанность данных вопросов приводит к возможности злоупотреблений на местах (в региональных и местных органах власти), так как при отсутствии инструментария, способствующего конкретному экономически оправданному обоснованию, власти на свое усмотрение могут устанавливать срок действия кредитного договора, срок поэтапной выплаты суммы кредита и процентов по нему.

Чаще всего органы власти, выдающие инвестиционный налоговый кредит, требуют единоразовой выплаты, причем сразу после накопления указанной в договоре суммы кредита. Эта тенденция отчетливо прослеживается в ряде нормативных документов местного и регионального уровня, регулирующих порядок выдачи инвестиционного налогового кредита.

Отсутствие методики, позволяющей исходя из экономической ситуации на предприятии требовать выплаты кредита и процентов по нему по графику, четко привязанному к определенным факторам, может привести к отрицательному эффекту, так как одновременное изъятие средств у предприятия по задолженности по инвестиционному налоговому кредиту может негативно сказаться на денежных потоках предприятия.

В связи с этим можно сделать вывод, что вышеприведенные аспекты необходимо доработать, т. е. создать методику, позволяющую устанавливать данные ограничения, исходя из реальной экономической ситуации на каждом конкретном предприятии.

Кроме того, государство со своей стороны должно обезопасить себя от возможных непогашений задолженности по инвестиционному налоговому кредиту, так как вероятность того, что предприятие будет располагать необходимой суммой, позволяющей погасить задолженность по данному кредиту, может быть низкой. Одной из причин такой ситуации может быть отсутствие графика погашения задолженности по инвестиционному налоговому кредиту, привязанному к реальной экономической картине предприятия в данный и последующие моменты времени.

Действующим на сегодняшний день инструментом, к которому прибегает государство для определения платежеспособности предприятия, является финансовый анализ предприятия. Но необходимо помнить, что данный анализ позволяет дать картину в текущий момент времени. При изменении экономической ситуации в стране или на предприятии существует вероятность непогашения данного кредита. Вследствие этого на сегодняшний день необходим механизм, позволяющий при большинстве возможных экономических изменений как вне, так и внутри предприятия, вернуть в полном объеме задолженность по инвестиционному налоговому кредиту.

В связи с этим необходимо создать методику, позволяющую решить следующие задачи:

1) каким образом должен быть обоснован срок гашения инвестиционного налогового кредита;

2) какова должна быть максимальная сумма предоставляемого инвестиционного налогового кредита;

3) какова должна быть сумма очередного платежа поэтапного погашения задолженности;

4) каково должно быть максимально допустимое процентное отношение суммы кредита к стоимости приобретенного заинтересованной организацией оборудования.

Для решения данных задач вспомним тот факт, что государство предоставляет инвестиционный налоговый кредит в большинстве своем на техническое перевооружение собственных производств предприятий, т. е. на обновление основных средств.

Говоря о создании методики, необходимо учитывать срок полезного использования, первоначальную стоимость, норму амортизации, способ амортизации того объекта основных средств, под который предприятие оформляет инвестиционный налоговый кредит.

При установлении срока полезного использования предприятие должно руководствоваться Постановлением «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы».

Способ начисления амортизации предприятие должно выбрать именно тот, который позволил бы ему накопить за заданное время необходимую сумму отложенного налога на прибыль. Таким, в соответствии с п. 18 ПБУ 6/01 «Учет основных средств», может являться способ уменьшаемого остатка.

Что касается экономически обоснованных коэффициентов ускорения, которые могут применяться к данному способу начисления амортизации, то в настоящее время в России они отсутствуют.

Коэффициенты ускорения, приведенные в ст. 259 п. 7, 8, 9 НК РФ, по существу не имеют направленности на обеспечение ускорения процесса обновления основных средств.

Рекомендуемый в НК РФ коэффициент ускорения $K_{\text{у}}$, по величине равный не более двух, разрешен к применению лишь в агрессивной среде или повышенной сменности, т. е. в условиях эксплуатации, отличных от нормальных, что само собой разумеется, так как эксплуатация в таких условиях в несколько раз быстрее приведет в физическую негодность основные средства.

При этом использование коэффициента ускорения не распространяется на основные средства, относящиеся к первой, второй и третьей амортизационным группам в случае, если амортизация по ним начисляется нелинейным методом.

Что касается сельского хозяйства, где ситуация с объектами основных средств катастрофическая, так как процент износа по некоторым видам сельскохозяйственного оборудования уже переступил отметку в 50 и более процентов физического износа, не говоря уже о моральном, то НК РФ допускает применение коэффициента ускорения не выше двух. Причем применение данного коэффициента разрешается только сельскохозяйственным организациям промышленного типа (птицефабрики, животноводческие комплексы, зверосовхозы, тепличные комбинаты).

Как видно, применение $K_{\text{у}}$ при нормальных условиях эксплуатации не разрешено.

Кроме того, величина этого коэффициента для различных случаев ничем не обоснована. По мнению автора, применение разрешенных коэффициентов ускорения не может адекватно регулировать процесс списания стоимости основных средств, так как их использование должно быть обосновано причинами их применения.

Также в НК РФ предлагается коэффициент ускорения, который не только не способствует процессу быстрейшего обновления основных средств, а, наоборот, ведет к увеличению срока полезного использования из-за понижающего коэффициента, равного 0,5, который должен быть применим к основной норме амортизации по легковым автомобилям и пассажирским микроавтобусам.

Организации, получившие указанные легковые автомобили и пассажирские микроавтобусы в лизинг, включают это имущество в состав соответствующей амортизационной группы и применяют основную норму амортизации со специальным коэффициентом 0,5.

В связи с этим, в настоящее время, характеризующееся быстрым ростом технического прогресса, необходимо выработать механизм применения коэффициентов ускорения к объектам основных средств, подверженных быстрому моральному устареванию, с тем чтобы хозяйствующие субъекты смогли в необходимое время и в нужном объеме заменить или модернизировать эти объекты основных средств, применяя при этом инвестиционный налоговый кредит.

Автором предложен механизм применения коэффициентов ускорения к объектам основных средств, подверженных быстрому моральному устареванию, где размер применяемого коэффициента ускорения экономически обоснован.

Вследствие того, что данный механизм уже создан, применим его для решения вопросов, поставленных выше.

Так как коэффициент ускорения существенно влияет на величину налога, создавая при этом отложенную сумму налога на прибыль, для исследования закономерностей процесса его формирования и вывода расчетных формул построим математическую модель [4].

Для этого введем следующие обозначения: t – номер года; Q – длина периода накопления необходимой суммы налогового обязательства (в годах); П – первоначальная стоимость основных средств; О_t – остаточная стоимость основных средств при начислении амортизации методом уменьшаемого остатка в t-м году; $K_{\text{у}}$ – коэффициент ускорения; β – норма амортизации при линейном методе начисления амортизации; α – ставка налога на прибыль; N^* – сумма налогового обязательства по налогу на прибыль; ψ – конечная сумма инвестиционного налогового кредита – это сумма инвестиционного налогового кредита и начисленная сумма процентов в период погашения данного кредита, т. е.:

$$\psi = \chi \cdot \nu,$$

где χ – сумма инвестиционного налогового кредита и начисленная сумма процентов в период формирования данного кредита; $\nu = (1+n)^t$ – ставка сложных процентов; где n – ставка процента по инвестиционному налоговому кредиту.

Сумма отложенного налога на прибыль в первый год эксплуатации составит (в начальный момент времени $t = 0$)

$$N_0^* = \alpha\beta K_{\text{у}}\text{О}_0 - \alpha\beta П. \qquad (1)$$

Первое слагаемое в правой части формулы (1) есть сумма налога на прибыль с учетом основной нормы амортизации и коэффициента ускорения, применяемого к остаточной стоимости объекта основных средств. Второе слагаемой данной формулы есть сумма налога на

прибыль, получаемая за счет применения нормы амортизации к первоначальной стоимости объекта основных средств, начисляемой линейным методом. Разница между этими двумя слагаемыми позволяет вычислить сумму отложенного налога на прибыль.

За первый год эксплуатации величина остаточной стоимости объектов основных средств будет равна их первоначальной стоимости, т. е.

$$\mathrm{O}_{\mathrm{o}} = \Pi . \qquad (2)$$

Во второй год ($t = 1$) остаточная стоимость будет равна первоначальной за вычетом величины амортизации, рассчитанной с учетом K_{y}, т. е.

$$\mathrm{O}_1 = \Pi - \Pi\beta K_{\mathrm{y}} = \Pi(1 - \beta K_{\mathrm{y}}) . \qquad (3)$$

При этом сумма отложенного налога на прибыль составит

$$N_1 = \alpha\beta K_{\mathrm{y}}\mathrm{O}_1 - \alpha\beta\Pi . \qquad (4)$$

Затем при $t = 2$

$$\mathrm{O}_2 = \Pi(1 - \beta K_{\mathrm{y}}) - \Pi(1 - \beta K_{\mathrm{y}})\beta K_{\mathrm{y}}$$

или

$$\mathrm{O}_2 = \Pi(1 - \beta K_{\mathrm{y}})^2 . \qquad (5)$$

Закономерность формирования остаточной стоимости в конкретный период t очевидна. Обобщая формулы (2), (3) и (5), в общем случае получим

$$\mathrm{O}_t = \Pi(1 - \beta K_{\mathrm{y}})^t , \; t = \overline{0, Q-1} . \qquad (6)$$

Сумма отложенного налога на прибыль в произвольно выбранный год составит

$$N_t^* = \alpha\beta K_{\mathrm{y}}\mathrm{O}_t - \alpha\beta\Pi. \qquad (7)$$

Общую сумму отложенного налога на прибыль за время Q можно вычислить суммированием формулы (7) по индексу t:

$$N^* = \sum_{t=0}^{Q-1} N_t^* \qquad (8)$$

или сумма отложенного налога на прибыль за Q лет с учетом формулы (7) составит

$$N^* = \alpha\ \beta\left(K_{\mathrm{y}} \sum_{t=0}^{Q-1} \mathrm{O}_t - Q\Pi \right). \qquad (9)$$

Сумма в правой части формулы (9) может быть определена вычислением остаточной стоимости амортизируемого имущества O_t, которая потребует дополнительных расчетов, в связи с чем она не всегда удобна.

Поэтому, подставив в формулу (8) вместо O_t его выражение из формулы (6), получим:

$$N^* = \alpha\beta\Pi\left[K_{\mathrm{y}} \sum_{t=0}^{Q-1} (1 - \beta K_{\mathrm{y}})^t - Q \right]. \qquad (10)$$

Сумма в правой части формулы (10) есть сумма членов убывающей геометрической прогрессии S_Q со знаменателем, равным

$$q = 1 - \beta K_{\mathrm{y}} . \qquad (11)$$

Сумма S_Q, как известно, вычисляется по формуле

$$S_Q = \frac{\alpha_1(1 - q^Q)}{1 - q} , \qquad (12)$$

где α_1 – первый член геометрической прогрессии. Подставим в формулу (12) значение q из формулы (11) и учтем, что $\alpha_1 = 1$. Тогда для S_Q получим

$$S_Q = \frac{1 - (1 - \beta K_{\mathrm{y}})^Q}{1 - (1 - \beta K_{\mathrm{y}})} = \frac{1 - (1 - \beta K_{\mathrm{y}})^Q}{\beta K_{\mathrm{y}}} . \qquad (13)$$

Подставим теперь S_Q из формулы (13) в выражение (10) и после несложных преобразований получим

$$N^* = \alpha\Pi\left[1 - \beta Q - (1 - \beta K_{\mathrm{y}})^Q \right] . \qquad (14)$$

Формула (14) позволяет накопить именно ту сумму налогового обязательства, которую необходимо погасить по задолженности, состоящей из суммы инвестиционного налогового кредита и суммы процентов по нему, образовавшейся в процессе гашения данного кредита.

В свою очередь, срок гашения должен быть равен тому периоду, который необходим предприятию для формирования суммы налогового обязательства.

Используя вышеприведенную методику, предприятие сможет рассчитаться с суммой задолженности по инвестиционному налоговому кредиту и с суммой процентов по нему, образовавшейся за все время накопления суммы налогового обязательства Q.

Из решения первой задачи вытекает решение второй и четвертой поставленных выше задач, т. е. какова должна быть максимальная сумма предоставляемого инвестиционного налогового кредита и каково должно быть максимально допустимое процентное отношение суммы кредита к стоимости приобретенного заинтересованной организацией оборудования.

Сумма инвестиционного налогового кредита вместе с процентами по нему должны составлять именно такую сумму, которую предприятие сможет вернуть, не прибегая к другим источникам финансирования, кроме тех, которые образовываются в связи с переплатой налога на прибыль, полученного при начислении амортизации по приведенной выше методике того объекта основных средств, который был приобретен на данный инвестиционный налоговый кредит.

То есть при рассмотрении государственными органами решения о предоставлении необходимой предприятию суммы инвестиционного налогового кредита необходимо принимать во внимание:

– стоимость приобретаемого на данный кредит объекта основных средств;

– величину процентов по инвестиционному налоговому кредиту, образовавшихся как при формировании данного кредита, так и в процессе его гашения;

– срок полезного использования объекта основных средств;

– размер K_{y}, применяемый предприятием на данный объект основных средств.

Из всего вышесказанного следует, что сумма инвестиционного налогового кредита и сумма процентов по нему должна быть меньше или равна или меньше суммы формируемого налогового обязательства по налогу на прибыль, т. е.:

$$\psi \le N^* . \qquad (15)$$

Что касается третьей поставленной задачи, то ответом на нее может служить формула (14), расчет по которой в зависимости от размера K_{y} формирует суммы налогового обязательства, которые и являются суммами поэтапного (если такое условие по контракту является обяза-

тельным) погашения инвестиционного налогового кредита вместе с суммой процентов по нему.

В связи с тем, что в условиях проводимой экономической политики, когда возможности наращивания вложений в средства производства довольно ограничены, эффективность капитальных вложений зависит не только от совершенствования их технологической структуры, но и от применения рациональных методов финансирования затрат на оборудование. В данной ситуации использование инвестиционного налогового кредита как метода финансирования соответствует принципам интенсивного расширенного воспроизводства основных фондов и является эффективным инструментом обновления основных фондов.

Изложенная формальная теория расчета налогового обязательства с использованием коэффициентов ускорения в амортизационной политике позволяет поставить и решить принципиально новую задачу – определять величины необходимого коэффициента ускорения, под которым понимается такое его значение, которое позволит предприятию ускоренным путем списывать часть стоимости эксплуатируемых основных средств, за то время, в течение которого накопилась бы необходимая сумма, равная сумме задолженности по инвестиционному налоговому кредиту за заданное предварительно время.

Библиографический список

1. Анискин, Ю. П. Инвестиционная активность и экономический рост // Проблемы теории и практики управления / Ю. П. Анискин. 2002. № 4. С. 77–82.

2. Бирман, Г. Экономический анализ инвестиционных проектов : пер. с англ. под ред. Л. П. Белых / Г. Бирман, С. М. Шмидт. М. : Биржи и банки; ЮНИТИ, 1997.

3. Мыльник, В. В. Инвестиционный менеджмент / В. В. Мыльник. М. : Академический проект, 2003.

4. Нечаев, А. С. Влияние амортизационной политики на формирование лизинговых платежей / А. С. Нечаев. Иркутск, Изд-во БГУЭП. 2004.

A. S. Nechaev

THE INNOVATIVE APPROACH TO THE INVESTMENT CREDIT FORMATION

In the given clause the algorithm of mathematical modeling of the innovative calculation variant of the investment tax credit is resulted. The given technique allows managing subjects to form the sum of the investment tax credit necessary for them of the set period of time.

Keywords: investment tax credit, innovation, design procedure of the investment tax credit.

УДК 658.652

Б. Н. Исмайылов, И. В. Трифанов, Л. И. Оборина

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ

Рассмотрена взаимосвязь технического регулирования и конкурентоспособности.

Ключевые слова: техническое регулирование, технический регламент, конкурентоспособность, система менеджмента качества.

Активизация государственной инновационной политики, повышение требований к качеству и конкурентоспособности продукции связаны с переводом системы технического регулирования на технические регламенты, обновлением национальных стандартов и стандартов организаций.

Законодательство РФ о техническом регулировании состоит из Федерального закона от 27.12.2002 г. № 84 «О техническом регулировании» и принимаемых в соответствии с ним федеральных законов и иных нормативных правовых актов РФ. Федеральные органы исполнительной власти (МЧС России, Минздравсоцразвития России и пр.) вправе издавать в сфере технического регулирования акты только рекомендательного характера (за исключением технического регулирования в отношении оборонной продукции) [1]. Необходимость унификации обязательных требований и установления нормативными актами высшего уровня (законами) обязательных требований нефинансового характера к предпринимательской деятельности вытекают из современного мирового опыта. Сближение позиций России по техническому законодательству с позициями развитых зарубежных стран, прежде всего стран Евросоюза и США, позволяет РФ вписаться в современное экономическое пространство и дает возможность адекватно реагировать на все происходящие изменения в международном техническом законодательстве и быть готовой к конкуренции на основе обеспечения качества и инновационного развития. Известно, что конкурентоспособность обеспечивается качеством, ценой и инновативностью, при этом ведущая роль отводится техническому регулированию [2].

Техническое регулирование представляет собой правовое регулирование отношений в области установления и применения требований (обязательных и рекомендуемых к указанным техническим объектам и в области оценки соответствия установленным требованиям) [2]. Объектами технического регулирования являются продукция,

работы и услуги (рис. 1). Субъектами технического регулирования являются органы власти, органы государственного контроля (надзора), органы по сертификации, аккредитации, организации и учреждения, разработчики технических законов и стандартов, техническое законодательство международного соглашения (рис. 2).

Техническое регулирование осуществляется в соответствии со следующими принципами:

– независимостью органов аккредитации, органов по сертификации от изготовителей, исполнителей и приобретателей;

– недопустимостью совмещения полномочий органа государственного контроля и органа по сертификации;

– недопустимостью совмещения одним органом полномочий на аккредитацию и сертификацию;

– недопустимостью внебюджетного финансирования государственного контроля (надзора) за соблюдением технических регламентов;

– применением единых правил установления требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранению, перевозки, реализации, утилизации, выполнению работ и указанию услуг;

– установлением единой системы и правил аккредитации;

– единством правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия;

– единством применения технических регламентов независимо от видов или особенности сделок;

– соответствием технического регулирования уровню развития материально-технической базы, а также уровню научно-технического развития;

– недопустимостью ограничения конкуренции при осуществлении аккредитации и сертификации.

Основные принципы технического регулирования обеспечивают достижение целей и поставленных задач с учетом дальнейшего развития технического законодательства и современных мировых требований в области качества.

Главные элементы технического регулирования и методы их реализации, сформулированные в соответствии с ФЗ «О техническом регулировании», показаны на рис. 3. Первым элементом технического регулирования является установление, применение и исполнение обязательных требований к продукции, процессам жизненного цикла продукции, выполнению работ и оказанию услуг [1]. Этот элемент реализуется через принятие, применение и исполнение технических регламентов (ТР) и правил

Рис. 1. Структура технического регулирования объектов

в метрологии. Под принятием требований понимают их утверждение в установленном законом порядке и юридической форме. Под применением требований понимают их обязательный или добровольный выбор во всех объектах и случаях, для которых они приняты. Под исполнением обязательных требований следует понимать их обязательное соблюдение в соответствующих объектах регулирования.

Безопасность – главный приоритет технического регулирования. Технический регламент является носителем обязательных требований к объектам технического регулирования (к характеристикам безопасности продукции, процессов и услуг), требований к маркировке, упаковке, сопроводительной документации, а также требований на добровольной основе.

Технический регламент применяется в целях защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества, охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений, предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей. ТР должен содержать:

– исчерпывающий перечень продукции и процессов жизненного цикла продукции (ЖЦП), в отношении которых устанавливаются требования ТР;

– правила идентификации объектов технического регулирования;

– минимально необходимые требования, обеспечивающие безопасность продукции и процессов ЖЦП.

В ТР в целях его принятия могут также содержаться правила и формы оценки соответствия, в том числе схемы подтверждения соответствия, определяемые с учетом степени риска. Могут содержаться предельные сроки оценки соответствия в отношении каждого объекта технического регулирования, а также требования к терминологии, упаковке, маркировки и правила их нанесения. В ФЗ «О техническом регулировании» предусмотрены два вида ТР: общие технические регламенты (ОТР) и специальные технические регламенты (СТР). Требования ОТР обязательны для применения и соблюдения в отношении любых видов продукции и процессов ЖЦП.

Общие технические регламенты принимаются по вопросам:

– безопасности эксплуатации зданий, строений, сооружений и безопасного использования прилегающих к ним территорий;

– пожарной безопасности;

– биологической безопасности;

– электромагнитной безопасности;

– экологической безопасности;

Рис. 2. Структура субъектов технического регулирования

– ядерной и радиационной безопасности.

Требования СТР учитывают технологические и иные особенности отдельных видов продукции и особенности ЖЦП и установлены только тем из них, степень риска причинения вреда которыми выше степени риска причинения вреда, учтенных ОТР.

Примером являются СТР по безопасности низковольтного оборудования (до 1000 В), СТР на радиологическое оборудование, электрические части лифтов и подъемников и др.

В разделе ТР «Применение стандартов» должны быть описаны условия применения стандартов для случая задания качественных требований к продукции в рамках реализации принципа презумпции соответствия [2]. Ссылка на национальные стандарты в ТР, гармонизированные с данным регламентом, путем публикации их перечня (п. 9 ст. 16 ФЗ «О техническом регулировании») дает возможность выбора субъекту регулирования воспользоваться стандартом или нет, что не противоречит концепции закона. В соответствии с принципом и основной концепцией следует отметить, что ТР обеспечивает безопасность продукции работ и услуг и является федеральным законом обязательного применения.

Вторым главным элементом технического регулирования является установление и применение на добровольной основе требований к продукции, процессам жизненного цикла продукции, выполнению работ и оказанию услуг. Этот элемент реализуется путем стандартизации. Национальные стандарты (НС) должны обеспечивать исполнение требований ТР к объектам технического регулирования, ко всем техническим (потребительским) характеристикам. НС, в отличие от ТР, должны быть направлены на повышение безопасности и конкурентоспособности объектов технического регулирования, а также на создание систем классификации, учета и кодирования. Разработку ТР и НС в РФ осуществляют для достижения целей, определенных Федеральным законом «О техническом регулировании», и в соответствии с принципами, установленными данным законом. ФЗ «О техническом регулировании» является основным источником технического права в России [2], гармонизированным с техническим законодательством развитых стран. К документам в области стандартизации, используемым на территории Российской Федерации, относятся национальные стандарты, национальные военные стандарты, межгосударственные стандарты, введенные в действие в Российской Федерации, правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации, общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации, применяемые в установленном порядке, стандарты организаций [2].

По мере принятия технических регламентов на те или иные объекты, государственные стандарты на эти объекты будут приобретать добровольный характер.

Третий элемент технического регулирования (рис. 3) реализуется через оценку соответствия. Оценка соответствия осуществляется путем сертификации, испытания и

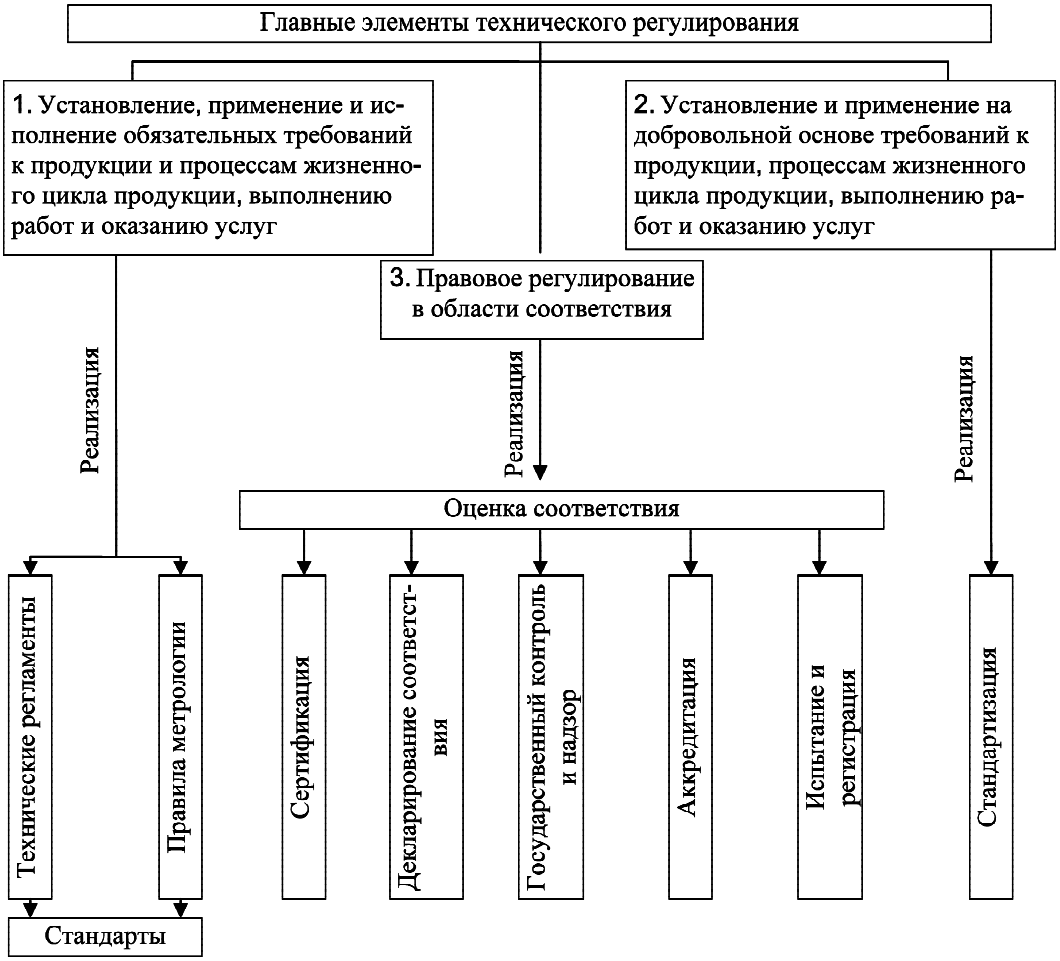


Рис. 3. Главные элементы технического регулирования и методы их реализации

регистрации, а также через государственный контроль и надзор [2].

ФЗ «О техническом регулировании» предусмотрены две формы обязательного подтверждения соответствия: декларирование и обязательная сертификация. Обязательная сертификация в ТР должна закладываться в обоснованном случае. Одним из основных критериев ее применения является высокая степень потенциальной опасности продукции. Обязательная сертификация является формой государственного контроля за безопасностью продукции [2].

Декларирование соответствия в дальнейшем будет являться приоритетной формой подтверждения соответствия, как в странах Евросоюза. Перспективной формой подтверждения соответствия является добровольная сертификация, объектом которой является не только продукция, но и услуги, а также другие объекты.

Оценка соответствия продукции основывается на следующих положениях:

– должны выполняться требования национальных стандартов, являющихся доказательной базой выполнения требований ТР;

– если продукция не удовлетворяет требованиям таких НС или такие стандарты отсутствуют, то ее следует оценивать непосредственно на соответствие требованиям ТР;

– с целью информирования, что продукция соответствует требованиям ТР, изготовитель или его официальный представитель должны маркировать продукцию соответствующим знаком.

Государственный надзор (ГН) представляет собой форму оценки соответствия продукции федеральными органами исполнительной власти, например, Российским агентством по техническому регулированию и метрологии, федеральными органами по надзору Министерства сельского хозяйства РФ и пр. Государственный надзор включает в себя документальную проверку выполнения обязательных требований к объектам надзора и принятие мер по результатам выявленных нарушений. В некоторых случаях мероприятия по ГН могут также включать инструментальную проверку (испытания, измерения и экспертизу) с привлечением организаций различных форм собственности. Государственный надзор должен осуществляться в сфере обращения продукции на рынке [2].

Государственный контроль (ГК) представляет собой форму оценки соответствия, которая осуществляется как государственными, так и негосударственными структурами на рыночной и дорыночной стадиях. ГК вменяется органами государственного управления контрольным структурам и осуществляется, как правило, в форме инструментальной проверки с привлечением компетентных организаций различных форм собственности. Например, ГК средств измерений и методик измерений осуществляется территориальными органами Агентства по техническому регулированию и метрологии (ФГУ ЦСМ), которые могут привлекать для инструментальной проверки метрологические НИИ и коммерческие организации. Вид ГК – проверка средств измерений – осуществляется на этапах как производства, так и обращения на рынке. Негосударственный контроль делегируется негосударственными структурами через механизм аккредитации, аттестации, лицензирования и осуществляется ими на дорыночной стадии [2].

Конкурентоспособность может быть повышена на основе инновационного развития экономики и обеспечения качества в рамках технического регулирования.

Качество – это соответствие присущих характеристик требованиям. Требование выступает как потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается или является обязательным [1]. Техническое регулирование играет главную роль в обеспечении качества и конкурентоспособности объектов технического регулирования и тесно связано с менеджментом качества.

В связи с этим современная система качества основывается на двух подходах: техническом и управленческом (административном) [3]. Технический подход базируется на законодательной основе, на ФЗ «О техническом регулировании», «Об обеспечении единства измерений» и «О защите прав потребителей», технических регламентах, требованиях стандартов, правилах по метрологии, правовом регулировании в области оценки соответствия, государственном контроле и надзоре. Управленческий подход базируется на требованиях международных стандартов ИСО серии 9 000, 14 000 и др., а также принципах и методах менеджмента – скоординированной деятельности по руководству и управлению организацией. Эта деятельность охватывает организационную структуру организации, документацию, производственные процессы и ресурсы для достижения целей в области качества продукции и удовлетворения требований потребителей (рис. 4).

При создании и сертификации системы менеджмента качества (СМК) на основе ГОСТ Р ИСО 9001:2001 организация разрабатывает политику в области качества, руководство по качеству, руководства по направлениям деятельности, документы по процедуре СМК, записи и другие нормативные документы в области СМК, которые являются нормативными документами внутреннего происхождения. При создании СМК используют также документы внешнего происхождения, разработанные в рамках технического регулирования: технические регламенты, действующие международные и национальные стандарты, ГОСТы, ОСТЫ, СНИПы, правила, нормы и другие нормативные документы. Такая взаимосвязь технического и управленческого подходов направлена на обеспечение требуемого качества и эффективности производства, выполнения работ и оказания услуг.

Нормативные, технические, экономические и организационные параметры, соответствующие мировому уровню, установленные в нормативных документах, должны обеспечить конкурентоспособность при выпуске продукции и обращении ее на мировом рынке. Техническое законодательство является одним из результатов деятельности по техническому регулированию сферы государственного регулирования экономики. Техническое законодательство, представляя собой совокупность правовых норм, регламентирующих требования к техническим объектам (продукции, процессам ее жизненного цикла, работам, услугам, а также контроль и надзор за соблюдением установленных требований), является основой для повышения конкурентоспособности экономи-

ки России на основе ее инновационного развития и обеспечения качества, соответствующего мировому уровню.

Таким образом, можно сделать следующий вывод:

1. Техническое регулирование направлено на устранение технических барьеров при обращении продукции на мировом рынке и представляет собой правовое регулирование отношений в области установления и применения требований к объектам технического регулирования и в части оценки их соответствия установленным требованиям.

2. Одним из важных результатов деятельности по техническому регулированию является техническое законодательство, гармонизированное с международным. Федеральный закон «О техническом регулировании» является основным источником технического права в России и законом обязательного применения.

3. Техническое регулирование является основой для повышения конкурентоспособности экономики России на основе ее инновационного развития и обеспечения качества на уровне мировых стандартов.

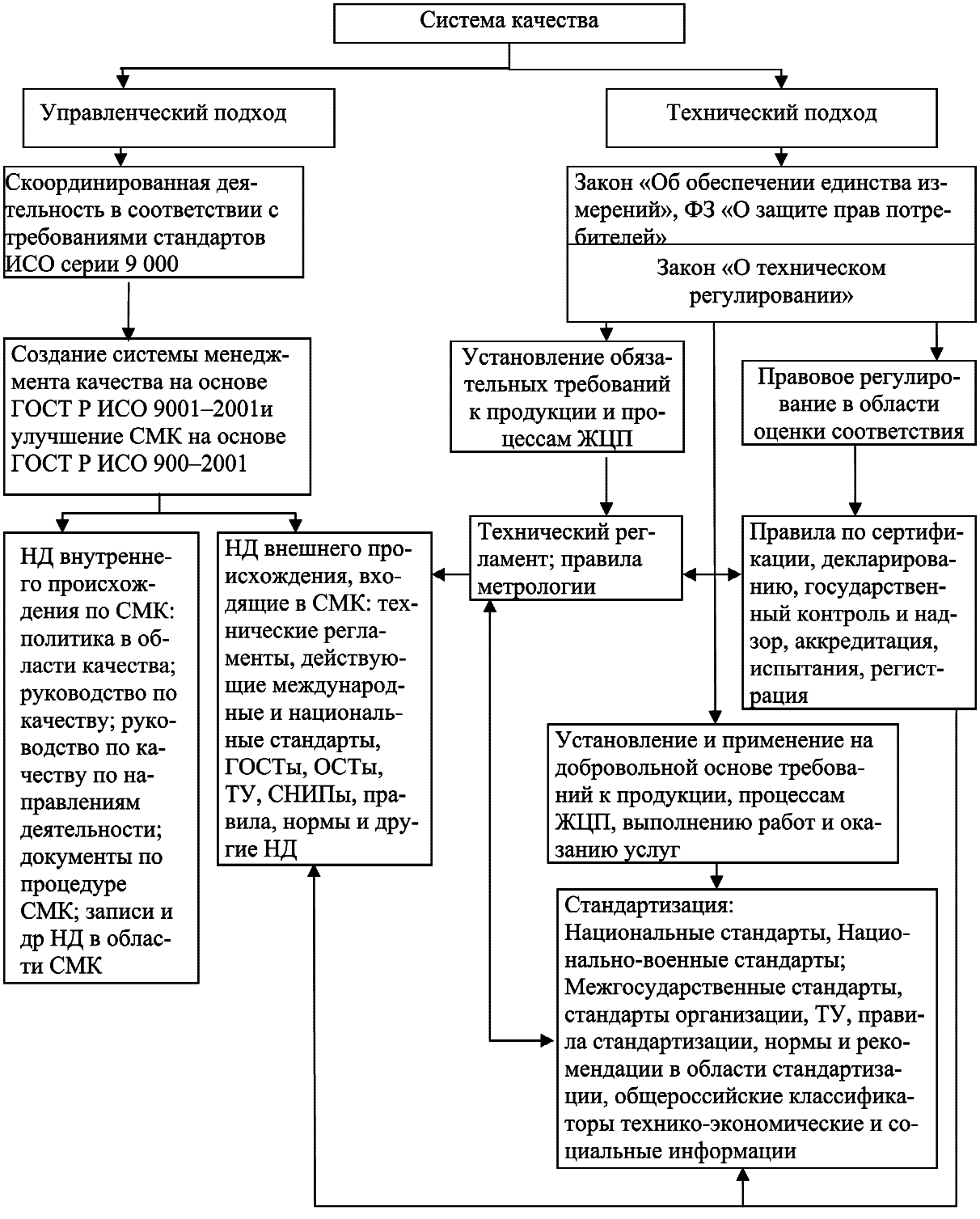


Рис. 4. Структурная схема системы качества

Библиографический список

1. О техническом регулировании: федер. закон: [№ 184–ФЗ от 27.12.2002 г.; извлечения] // Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология, сертификация : учебник / И. М. Лифиц. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт-издат, 2005. С. 298–327.

2. Там же.

3. Трифанов, В. И. Технология разработки стандартов и нормативной документации : учеб. пособие / И. В. Трифанов, Л. И. Оборина, Н. Д. Гайденок ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, Красноярск, 2007.

B. N. Ismailov, I. V. Trifanov, L. I. Oborina

TECHNICAL REGULATIONS AND COMPETITION

Correlation of technical regulations and competitiveness is regarded.

Keywords: technical regulation, technical regulations, competitiveness, quality management system.

УДК 338.242

С. В. Филько, И. В. Филько

МЕТОДИКА ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ЗАТРАТАМИ СУДОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Анализируется существующая система управления затратами на судоремонтных предприятиях, выявляются ее недостатки. С учетом отраслевых особенностей предлагаются направления совершенствования системы управления затратами.

Ключевые слова: управление затратами, бюджетирование, контроллинг.

Основной задачей эффективного управления деятельностью промышленного предприятия в современных условиях является удовлетворение требований потребителей с использованием оптимального количества ресурсов в условиях ограничений, налагаемых как внешними, так и внутренними факторами. Выполнение этой задачи во многом зависит от организации системы управления предприятием, и в первую очередь, от организации управления затратами. Современная практика хозяйствования промышленных предприятий строится на повседневной работе с затратами, направленной на их оптимизацию, что обеспечивает стабильность позиций на рынке и является наиболее эффективным способом достижения рентабельности работы. При этом методические аспекты функционирования системы управления затратами предприятия, связанные с отраслевой спецификой производственного процесса, остаются слабо освещенными и требуют специального изучения, что, безусловно, приводит к необходимости совершенствования и адаптации существующего управленческого инструментария. В этой связи возрастает актуальность решения вопросов управления затратами для каждого предприятия судоремонтной отрасли, что требует изучения проблем внедрения в хозяйственную деятельность предприятий новых методов управления затратами, адекватных условиям современных рыночных отношений.

В настоящее время на судоремонтных предприятиях применяется, главным образом, позаказный подход к учету и планированию затрат. Использование попередельного, покомплектного, подетального подхода к планированию и учету затрат, применяемого в других отраслях промышленности, нецелесообразно в связи с индивидуальным характером производства судоремонтных предприятий. Альтернативой традиционному подходу может стать только процессно-ориентированный подход к управлению затратами.

На сегодняшний день внедрение процессной организации управления в различных формах происходит в ОАО «Новороссийский судоремонтный завод», на ФГУП «Адмиралтейские верфи», в ОАО СРК «Севморсудоремонт». Положительный управленческий эффект отмечают сотрудники всех вышеуказанных предприятий, но при этом следует отметить, что методики управления, используемые на этих заводах, ориентированы на оптимизацию процессов, улучшение их качества. Управление затратами при этом рассматривается как вспомогательная, производная функция. При использовании предлагаемого процессно-ориентированного подхода, наоборот, главной целью ставится управление производственными затратами, а процессная декомпозиция является основой системы, позволяющей наиболее эффективно выполнять поставленные управленческие задачи.

В результате исследования производственных особенностей деятельности судоремонтных предприятий определены требования к системе управления затратами (табл. 1). Наиболее важной из выявленных характеристик деятельности предприятия является повышенная сложность технологии работ. Данная особенность требует формулировки тре-

бования к системе управления, которое заключается в ограничении количества показателей, описывающих производственные процессы, иначе сложность использования формируемой системы управления затратами может губительно сказаться на результатах ее внедрения.

Первостепенная значимость фактора времени как важнейшего элемента конкурентоспособности продукции приводит к необходимости обеспечения четкого контроля за исполнением промежуточных этапов ремонтных работ и затрат по ним, реализуемого разбивкой с жесткой временной регламентацией судоремонтных работ на основные технологические операции.

Из таких отраслевых особенностей, как высокая доля материальных затрат в себестоимости и важность экономного расходования материальных ресурсов, вытекают требования отнесения перерасхода ресурсов на конкретного исполнителя, контроля эффективности расхода рабочего времени каждого исполнителя или рабочего агрегата.

Высокая доля условно-постоянных затрат в себестоимости продукции диктует требование экономически обоснованного распределения работ и услуг, не относимых непосредственно на заказ. Для выполнения этого требования необходимо при распределении условно-постоянных издержек использовать объективную базу для каждого вида затрат.

Индивидуальный характер производства, вытекающий из чрезвычайного разнообразия выполняемых работ по ремонту судов, одновременное наличие двух фронтов – внутреннего, при котором часть работ выполняется в цехах предприятия, и внешнего – с выполнением работ непосредственно на судах, требуют унификации нормирования выполняемых работ путем использования укрупненных нормативов и коэффициентов, описывающих отклонения по трудозатратам, которые возникают из-за условий места исполнения работ.

Как правило, ремонтные ведомости в процессе ремонта неоднократно уточняются, что требует постоянного пересчета стоимости работ для согласования ее с заказчиком. При этом, зачастую, важным условием качественного выполнения заказа является оперативность сметных работ, что, в свою очередь, требует автоматизации работ по учету и планированию затрат. Как видим, процессно-ориентированный подход, в отличие от традиционно применяемого позаказного, полностью удовлетворяет требованиям системы управления затратами судоремонтных предприятий, а, следовательно, выбор необходимо остановить на нем.

При расчете стоимости заказа в соответствии с процессно-ориентированным подходом, необходимо определить нормативную стоимость каждого процесса судоремонтных работ. Единицей измерения выполнения процесса является час совокупной трудоемкости основных работников, выполняющих данный процесс. Стоимость операционных затрат на судоремонтные работы складывается из стоимостей материальных затрат на ремонт и изготовление запчастей и узлов, операционных затрат и

Таблица 1

Особенности деятельности судоремонтных предприятий и требований к системе управления затратами

Особенности деятельности судоремонтных предприятий	Требования к системе управления затратами	Соответствие предъявляемым требованиям	
		Традиционно применяемый (позаказный) подход	Процессно-ориентированный подход
Сложность технологического процесса	Необходимость использования ограниченного количества показателей, описывающих процессы	–	+
Высокая значимость фактора времени, сезонность работ (основной объем работ приходится на период с ноября по май)	Обеспечение четкого контроля за исполнением промежуточных этапов ремонтных работ, необходимость мониторинга затрат не только за все время исполнения заказа, а ежемесячно и еженедельно	–	+
Важность экономного расхода материальных ресурсов	Обеспечение возможности отнесения перерасхода ценностей на конкретного исполнителя	–	+
Высокая доля условно-постоянных затрат в себестоимости продукции	Обоснованное распределение затрат, не относимых непосредственно на выполняемый заказ, работы и услуги	–	+
Индивидуальный характер производства, большое количество разновидностей производственных операций	Унификация нормирования выполняемых работ	–	+
Большая разбросанность рабочих мест, невысокий удельный вес работ, выполняемых в производственных помещениях			
Уточнение трудоемкости работ дефектованием в процессе ремонта судна	Необходимость обеспечения оперативного регулирования затрат	–	+

распределяемых по драйверам цеховых затрат. Основным объектом отнесения материальных затрат являются процессы (пункты ремонтной ведомости).

Метод учета затрат по процессам может быть использован как инструмент оптимизации косвенных затрат не только в оперативном планировании. Стратегические возможности заключаются в интеграции процессно-ориентированного учета затрат в комплексное управление процессами, целью которого является реинжиниринг процессов с ориентацией на требования рынка и клиентов. Данная интеграция возможна при использовании в рамках процессной системы управления затратами методики таргет-костинга или целевого калькулирования.

Специфика рыночной деятельности судоремонтных предприятий позволяет эффективно использовать метод таргет-костинга. Так, составление ремонтных ведомостей, т. е. калькуляция заказа, проводится в непосредственной зависимости от требований и пожеланий заказчика, в роли которых может выступать владелец судна, капитан или групповой механик пароходства. Объем ремонтных работ определяется, главным образом, исходя из суммы, которую владелец считает целесообразной потратить на ремонт судна. Далее заказчиком в рамках этой суммы подбирается такая структура ремонтных работ, которая позволит в наибольшей степени улучшить эксплуатационные характеристики судна. Процессно-ориентированный подход к калькуляции затрат намного упрощает расчет стоимости заказа. Так заказчик, зная перечень узлов, деталей и прочих составляющих судна, требующих первоочередного ремонта, и примерные объемы работ по ним, в течение нескольких часов сможет сформировать набор процессов в рамках удовлетворяющей его требованиям общей стоимости ремонта.

Основываясь на передовом опыте промышленных предприятий, в качестве основного инструмента в системе управления затратами судоремонтных предприятий необходимо использовать бюджетирование. Специфика процессно-ориентированного подхода отражается, главным образом, на операционном бюджете предприятия.

Структура операционного бюджета судоремонтных предприятий должна включать в себя следующие виды бюджетов: бюджет доходов, бюджет производственных процессов, бюджет производственных затрат, бюджет цеховых запасов, бюджет общехозяйственных расходов.

В структуре бюджетов судоремонтных предприятий основополагающим является бюджет производственных процессов. В нем, исходя из вида ремонта, который необходимо произвести в планируемом периоде по всем судам постоянных заказчиков, планируется количество нормочасов по видам процессов. Годовой бюджет производственных процессов формируется на основании выведенной из статистической базы последних лет структуры процессов судоремонтных работ в зависимости от видов ремонта. Объемы судоремонта по вероятным заказчикам планируются также исходя из статистической структуры процессов. В процессе утверждения ремонтных ведомостей, подписания договоров уточняются ежемесячно квартальные бюджеты и ожидаемое исполнение годового бюджета. В квартальном и месячном бюджетах производственных процессов объектом планирования является набор процессов (пунктов ведомости) применительно к выполняемым заказам. Единицей измерения служит трудоемкость (количество нормочасов). Бюджет составляется на основании утвержденных ремонтных ведомостей и календарного графика выполнения заказов. Основываясь на данных бюджетов производственных процессов, формируются бюджеты прямых производственных затрат и цеховых расходов. После получения фактических данных проводится их сравнение с плановыми (бюджетными).

Методика управления затратами судоремонтных предприятий на основе процессно-ориентированного подхода показана на рисунке.

На основе имеющейся статистической базы материальных и трудовых затрат по видам ремонтных работ производится выделение из технологии судоремонта основных производственных процессов. Критерием оптимальности декомпозиции при этом служит наименьшая степень вариативности затрат для разных видов и объектов ремонта. В дальнейшем определяются нормативные значения расхода материальных, трудовых и прочих ресурсов для выполнения конкретного производственного процесса и, исходя из прогнозируемых цен на материалы, стоимости энергетических ресурсов, тарифных ставок и окладов производственных рабочих, рассчитывается стоимость процессов.

Далее, исходя из утвержденной стоимости производственных процессов, калькулируются ремонтные ведомости и составляются операционные бюджеты. По мере поступления данных о затратах по проведенным судоремонтным работам проводится анализ отклонений уровня, объемов и структуры фактических расходов от запланированных.

Описываемая методика процессно-ориентированного управления затратами обеспечивает возможность аналитической обработки по заказам, видам ремонтов, видам процессов, процессам, рабочим специальностям, рабочим местам и исполнителям. Аналитические таблицы по перечисленным видам группировок для судоремонтного предприятия могут включать в себя тысячи цифр, что затрудняет мониторинг затрат. Решение этой проблемы – использование ключевых показателей, характеризующих стоимость производственных процессов предприятия. Анализировать при этом необходимо не только случаи перерасхода, но и экономии. Если экономия по какому-то из процессов происходит периодически, это указывает на необходимость пересмотра нормативов затрат по указанному процессу и их уменьшения.

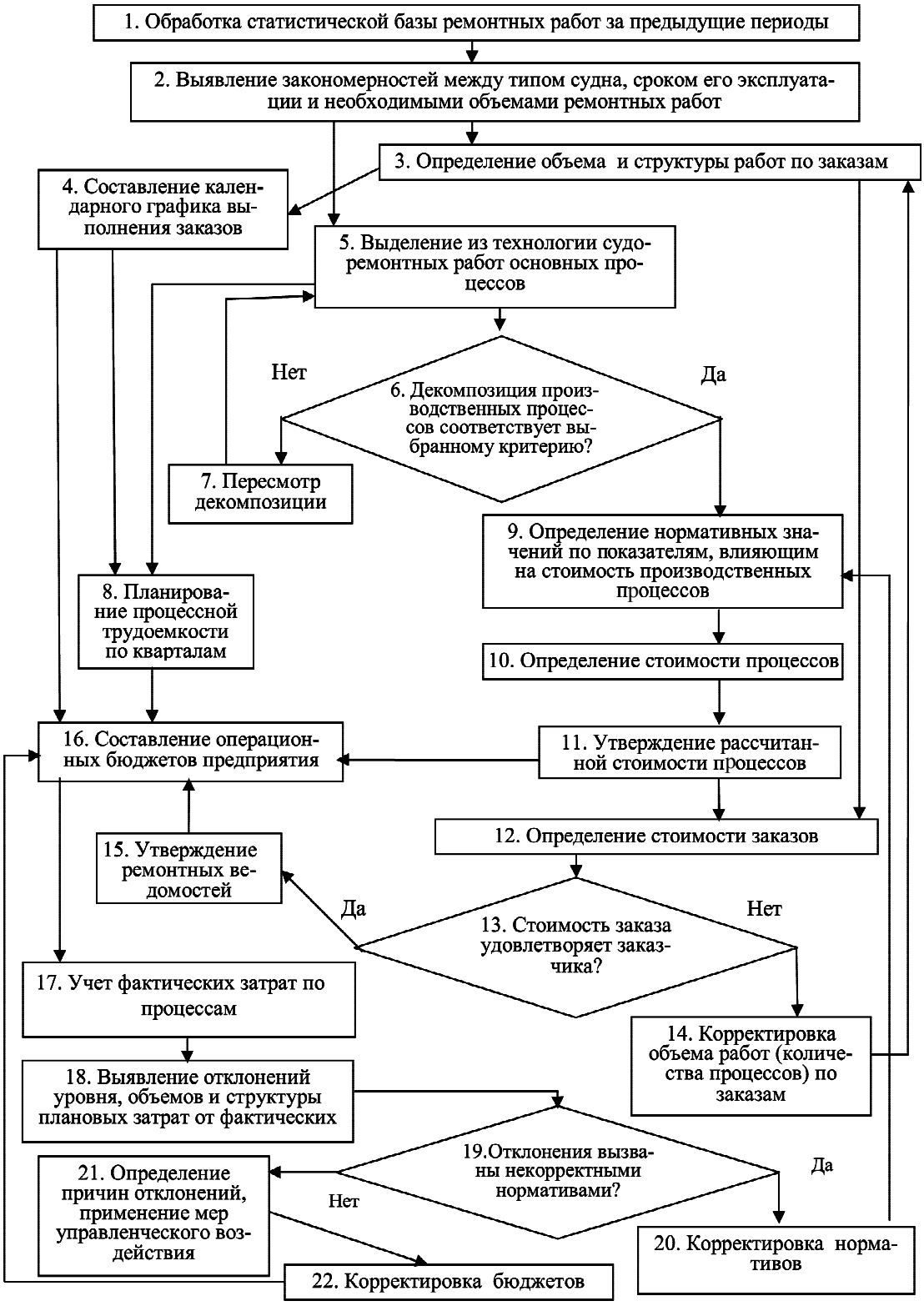
На основании проведенного анализа отклонений применяются меры управленческого воздействия к виновникам перерасхода и вносятся коррективы в операционные бюджеты, либо, если источником отклонения послужила необъективность нормативов, изменяется нормативная база и пересчитывается процессная стоимость.

Для оценки экономической эффективности внедрения процессно-ориентированной методики управления затратами сравним плановые и фактические затраты на текущий ремонт теплохода проекта Р-14 в Красноярском судоремонтном центре в 2007 г. с аналогичными показателями 2008 г. (после перехода на процессную методику планирования и учета) (табл. 2).

Анализируя данные табл. 2, в первую очередь следует отметить изменение структуры затрат. Так, в 2007 г. в структуре преобладают косвенные затраты (57 %), в 2008 г. – прямые (80 %). Эта динамика положительно характеризует потенциал используемой в настоящее время методики управления, так как прямые затраты в значительно большей степени поддаются управленческому воздействию, чем накладные.

Следует отметить снижение фактической себестоимости ремонта в 2008 г. (–6,7 тыс. руб.). Если перевести стоимость материалов и заработную плату работников в цены 2007 г., размер экономии составит 36,5 тыс. руб., или более чем 13 % от объема фактических затрат по ремонту одного судна проекта Р-14 в 2007 г.

Можно констатировать значительное улучшение качества планирования: если в 2007 г. отклонение факти-



Методика управления затратами судоремонтных предприятий на основе процессно-ориентированного подхода

ческих показателей затрат от плановых составило до 25 %, в 2008 г. среднее отклонение составило меньше 1 %.

Анализируя влияние процессно-ориентированной методики управления затратами на результаты производственной деятельности судоремонтного центра в целом, необходимо отметить значительные изменения ключевых показателей хозяйственной деятельности (табл. 3).

Как видно из данных табл. 3, себестоимость тарифного часа в сопоставимых ценах в результате внедрения процессно-ориентированной методики управления затратами снизилась на 5 % (48 руб.). Если перевести данную экономию в масштабы годовой трудоемкости производственных рабочих, она составила 6 058 тыс. руб. (48 руб. · 125 950 ч).

Применение процессно-ориентированной методики управления затратами позволяет объективно планировать и распределять производственные затраты, оперативно отслеживать отклонения фактических показателей от плановых, быстро выявлять причины этих отклонений и своевременно формировать обоснованные управленческие решения, тем самым повышая эффективность хозяйственной деятельности предприятия.

Таблица 2

Анализ затрат на текущий ремонт теплохода проекта Р-14

Показатели	Затраты на ремонт одного теплохода проекта Р-14, тыс. руб.						Структура затрат, %			
	Всего	в том числе					Прямые	в том числе		Накладные
		Прямые	в том числе			Накладные		Расходы на оплату труда с ЕСН	Материальные	
			Расходы на оплату труда с ЕСН	Материальные	Прочие затраты					
2007 год										
План (ремонтная ведомость)	220,3	95,1	92,6	2,5		125,2	43,2	42,1	1,1	56,8
Фактическое исполнение	271,5	118,8	115,8	3		152,7	43,8	42,7	1,1	56,2
Отклонение, сумма	51,2	23,7	23,2	0,5		27,5	0,6	0,6	0	–0,6
%	123,2	124,9	125	120,4		122	X	X	X	X
2008 год										
План (ремонтная ведомость)	262,6	210,3	108,8	67,1	34,3	52,3	80,1	41,4	25,6	19,9
Фактическое исполнение	264,7	211,7	106,5	70,6	34,5	53	80	40,2	26,7	20
Отклонение, сумма	2,1	1,4	–2,3	3,5	0,2	0,7	–0,1	–1,2	1,1	0,1
%	100,8	100,7	97,9	105,3	100,6	101,3	X	X	X	X
Фактические затраты 2008 г. в ценах 2007 г.	234,9	187,6	93,4	63,5	30,6	47,3	79,8	39,8	27	20,2
Отклонение от факта 2007 г., сумма	–36,5	68,8	–22,4	60,6	30,6	–105,3	36,1	–2,9	26	–36,1
%	86,5	157,9	80,7	2150,2		31	X	X	X	X

Таблица 3

Основные результаты производственной деятельности Красноярского судоремонтного центра

Показатели	2007 г.	2008 г.	Отклонение	
			тыс. руб.	%
Себестоимость ремонтных работ, тыс. руб.	109 365	119 208	9 843	109
в том числе: в сопоставимых ценах (2007 г.), тыс. руб.	109 365	105 494	–3 871	96
Трудоемкость производственных рабочих, часов	123 480	125 950	2 470	102
Себестоимость тарифного часа, руб.	885,7	946,5	61	107
в том числе: в сопоставимых ценах (2007 г.), тыс. руб.	885,7	837,6	–48	95

S. V. Filko, I. V. Filko

TECHNIQUE OF THE ACTIVITY-BASED MANAGEMENT BY INDUSTRIAL EXPENSES OF THE SHIP-REPAIR ENTERPRISES

The existing control system by expenses and lacks at the ship-repair enterprises are analyzed. Taking into account branch features directions of the control expenses system perfection are offered.

Keywords: management of expenses, budgeting, controlling.

УДК 339.137

О. В. Пацук

РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Проблема совершенствования управления социально-экономическим потенциалом в условиях децентрализации является темой малоизученной в отечественной науке и практике, которая основное внимание уделяла разработке практических рекомендаций, касающихся регионального воспроизводства и управления ресурсами. Исторически сложившаяся неоднородность пространства страны оказывает влияние на функционирование государства, структуру, стратегию и тактику институциональных преобразований. В связи с этим, одной из наиболее важных экономических задач в России является выравнивание уровней социально-экономического развития и финансово-бюджетного состояния субъектов Федерации.

Ключевые слова: социально-экономическое развитие территорий, региональная политика.

Для грамотного управления любыми объектами необходима научная теория. Так, планирование и оценка деятельности предприятий происходит на основе теории организаций, что касается научной базы управления территориями, то она развита пока недостаточно. Современный менеджмент помогает получить знания и необходимый практический опыт для руководителя любой организации, но руководителю территорий приходится по-прежнему опираться на опыт предшественников. Поэтому анализ существующей теоретической базы формирования региональной экономики является необходимым для получения соответствующей управленческой подготовки и разработки эффективных моделей развития региона.

В общем смысле, регион – это территория, которая отличается от других по ряду признаков, обладает целостностью и взаимосвязанностью составляющих ее элементов. Общепринятым значением этого термина является то, что это часть территории, обладающая общностью природных, социально-экономических, национально-культурных и других условий, т. е. регион – это определенная территория в рамках административных границ субъекта Федерации, которая характеризуется комплексностью, целостностью, специализацией и управляемостью.

В 20-х гг. прошлого века ученые-регионалисты не обратили внимания на возможности новой экономической политики, а во второй половине 1960-х гг. не слишком активно способствовали экономическому реформированию на региональном уровне. Сильной стороной отечественной школы региональной экономики были работы, которые обеспечивали планирование размещения производительных сил и регионального развития. Эти исследования были направлены на определенные сдвиги в размещении производительных сил (движение на восток и север), разработку региональных программ и крупных инвестиционных проектов, создание методических основ системы территориального планирования и управления [1].

В советской регионалистике, по сравнению с западной региональной наукой, недостаточное внимание уделялось социальным, демографическим и экологическим проблемам, а также изучению этнических отношений, развитию инфраструктуры, сферы услуг, информационной среды и распространению инноваций. Противоречия между интересами районов и государства разрешали путем декларирования единства «экономического районирования и административно-территориального устройства страны», а их согласование происходило путем совмещения границ. В 1970–1980-х гг. в структуре советской регионалистики расширилось изучение социальных и экологических аспектов, а также механизмов развития межрегиональных отношений. Однако объявление того, что «экономическое районирование неразрывно связано с национально-политическим устройством страны» не решало выявленных проблем, и потребность в создании способов практического урегулирования противоречий остро ощущалась в связи с тем, что так и не удалось найти оптимальное административно-хозяйственное районирование, а в постсоветской период они только обострились [2].

На протяжении второй половины XX в. отечественная региональная наука постоянно отставала от зарубежной, что объяснялось объективными причинами, связанными с внутренними закономерностями развития науки, и определялось особенностями развития страны. Следует также отметить, что в целом проблематика типовых региональных исследований в СССР соответствовала требованиям расширяющейся экономики на стадии индустриализации с преобладанием экстенсивных факторов роста. Активное развитие региональной науки в последние десятилетия вызвано рядом причин экономического и политического характера. К первым относят возрастание роли региональных аспектов в развитии экономики, изменения в хозяйственной деятельности вследствие научно-технической революции и т. д. Политическим фактором является возникновение региональной политики, которое обусловило развитие системы регионального управления. К внешним причинам, способствующим развитию теоретических региональных исследований, относят тенденцию к международной интеграции, стремление развитых государств усиливать свои позиции в разделении труда.

Для повышения эффективности комплексного исследования региона необходимо иметь полное представление о самом объекте изучения, знать тенденции и специфику его развития, диспропорции между отдельными элементами. В отечественной научной литературе в последнее время появляются работы, в которых предлагаются концепции социально-экономического развития регионов и отмечается, что многие современные экономические трудности можно решить только на основе возрастающей роли региона [3].

Экономическая дезинтеграция может быть вызвана политикой крупных предприятий монополистов, не заин-

тересованных в свободной конкуренции. Например, попытки отдельных регионов-квазикорпораций – Таймырского Долгано-Ненецкого автономного округа, за которым стоит РАО «Норильский никель», Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого округов (крупные нефтяные компании и РАО «Газпром») – выделиться из состава, соответственно, Красноярского края и Тюменской области. Преодоление этих тенденций и сохранение единого экономического пространства страны должно быть одним из важных направлений региональной экономической политики.

Основной задачей региональной экономики является создание целостной теории пространственной экономики, объединяющей анализ связей внутри регионов, а также на национальном и глобальном уровнях. Без такого синтетического знания трудно объяснить хозяйственную организацию отдельных регионов, городов, промышленных центров и предприятий, так как разрабатываемые модели устойчивого развития регионов, а также их систем, должны иметь комплексную экологическую, социальную и экономическую основу. Региональная экономика благодаря методу системного анализа социально-экономического состояния каждой территории позволяет выявить различия в стартовых условиях при вхождении в общероссийский рынок регионов, для этого:

– выделяются регионы, нуждающиеся в помощи федерального правительства (в основном, с высокой концентрацией стагнирующих и кризисных видов деятельности);

– определяются регионы с незавершенными инвестиционными программами;

– выявляются регионы, наиболее зависимые от поставок продовольствия и топлива;

– выделяется группа регионов с неблагополучной экологической ситуацией;

– для регионов со своеобразными природными условиями устанавливается специальный режим экстремального природопользования;

– выявляются регионы социального бедствия, где уровень безработицы очень высок, а уровень жизни критически низок, где происходит деградация основных производственных фондов и разрушение социальной инфраструктуры.

В последние годы в России формируется система современной рыночной экономики, однако, в настоящее время в стране существует эклектическая экономическая система, состоящая из ряда элементов административно-командной системы, рыночной экономики свободной конкуренции и современной рыночной системы. В бывших советских азиатских республиках к этому добавляются еще и элементы традиционной системы. Проблема в том, что при этом отсутствует важная особенность экономической системы – ее относительная стабильность, поэтому до сих пор не сформировался тот или иной вид модели, в связи с чем, существующая переходная (от административно-командной – к современной рыночной) экономика может быть названа системой, так как ее создание затягивается во времени. В пользу термина «переходная система», или «экономика переходного периода», говорит также то, что у этой системы уже есть довольно много моделей (восточноевропейская, прибалтийская, среднеазиатская). В своеобразных видах переходная система существует в КНР и Вьетнаме. Формирование конкретной модели переходной системы в России будет зависеть от характера проводимых экономических преобразований, исторических традиций, эффективности поддержки реформ международным сообществом и стратегических планов развития регионов страны.

Россия выгодно расположена по отношению к главным мировым центрам научно-технического прогресса, развитым странам Европы, США, Японии. Страны СНГ и Балтии заинтересованы в сохранении интеграционных форм сотрудничества с Россией, так как на нее приходится более 70 % их хозяйственных связей. После распада СССР в декабре 1991 г. и создания СНГ, экономические и политические отношения между этими странами формируются на основе норм международного права, по результатам регулярно проводимых встреч глав государств, с учетом работы Координационно-консультативного комитета постоянных представителей государств СНГ.

Распад СССР ухудшил транспортно-географическое положение России, лишив ее многих выходов к странам – бывшим соседям, особенно Центральной Европы. Россия потеряла более 90 % железнодорожных и портовых пунктов международных контактов на Западе, лишилась лучших возможностей выхода к Мировому океану, потеряла многие морские порты. Нет у России территориально-транспортного единства с Калининградской областью, для связей с которой приходится пересекать границы Литвы и Белоруссии или Украины и Польши либо двигаться по Балтийскому морю. Вне России (в Казахстане) оказались части Южно-Сибирской и Туркестано-Сибирской железных дорог. Железнодорожная магистраль Москва–Харьков–Ростов проходит через территорию Украины, поэтому приходится вести строительство новых портов, обходных трубопроводов, так как новые государства стараются свое транзитное положение сделать предметом торговли.

Экономическое пространство России в настоящее время состоит из территориальных образований, регионов, имеющих существенные отличия по уровню экономического развития, видам деятельности и природно-климатических условий. Вместе с тем они взаимосвязаны современным специализированным высокотехнологичным производством. Для востока России, включающего шесть экономических регионов (Поволжский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Дальневосточный и Северный), характерно преобладание ресурсопроизводящих видов деятельности. В начале 1990-х гг. в этих регионах производилось более 80 % продукции нефтегазовой промышленности всей России, почти 75 % угольной промышленности, свыше 75 % черной, почти 90 % цветной металлургии, около 60 % химической промышленности, свыше 65 % лесной и лесоперерабатывающей.

В западных регионах – Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском, Центрально-Черноземном и Северо-Кавказском – в основном сосредоточены ресурсообрабатывающие виды деятельности. В начале 1990-х гг. здесь производилось более 70 % продукции легкой промышленности всей России, свыше 52 % машиностроения и пищевой промышленности.

При всех сложностях 1990-х гг. в России увеличиваются размеры инвестиций в основной капитал, осознается необходимость развития отечественного производства и роста

инвестиций на эти цели. Например, индекс физического объема инвестиций в основной капитал (в сопоставимых ценах, в процентах к предыдущему году) составлял в России в 1991–1998 гг. в среднем 83 %, а в 1999–2000 гг. – уже 111 %, в том числе в виды деятельности, производящие товары, соответственно, 78 и 112 %, оказывающие рыночные и нерыночные услуги, соответственно, 88 и 110 %. Увеличивается занятость в непроизводственной сфере экономики [4].

В настоящее время существует много вариантов классификации регионов России по уровню социально-экономического развития. Например, специалисты федеральных ведомств России и ученые РАН выделяют три группы регионов с качественно различными характеристиками состояния экономики и социальной сферы: развитые регионы с достаточно высоким уровнем производства и жизни людей, регионы со средним экономическим потенциалом и проблемные регионы с низким уровнем социально-экономического развития. С учетом этого, специфика регионов позволяет сформулировать основные цели и задачи регионального развития:

– обеспечение стабильного экономического развития, восстановление и рост объемов производства для повышения благосостояния людей данной территории;

– преодоление резких различий в социально-экономическом развитии регионов, сглаживание диспропорций в жизни и расселении жителей, а также предоставление им необходимых социальных гарантий и благ;

– совершенствование территориального разделения труда между регионами и экономическая кооперация, направленные на достижение региональной и общей эффективности экономики страны.

Для определения степени зависимости объема внутреннего конечного продукта региона от уровня изменения его внешних связей используется специальная экономико-математическая модель, которая представляет собой оптимизационную статистическую модель баланса региона России по видам деятельности. При этом под внешними связями понимаются не только отношения с другими регионами России, но и международные экономические связи с ближним и дальним зарубежьем. Согласно этой модели все экономические районы России можно объединить в три группы. В первую группу попадает наиболее независимый регион – Уральский, объем конечного продукта которого наименее зависим от внешних связей. При их изменении на 1 % внутренний конечный продукт меняется менее чем на 0,5 %. Во вторую группу включаются Западно-Сибирский, Поволжский, Центральный, Северный, Дальневосточный, Восточно-Сибирский, Северо-Кавказский, Волго-Вятский и Северо-Западный экономические районы, у которых при изменении внешних связей на 1 % конечный продукт меняется на 0,6–0,8 %. Третью группу представляет самый зависимый Центрально-Черноземный район, у которого каждый процент уменьшения внешних связей снижает его внутренний конечный продукт более чем на 0,9 % [5].

Для решения поставленных целей необходимо выделить структурные задачи, позволяющие преобразовать экономику регионов:

– выравнивание уровня жизни населения в отдельных регионах страны;

– обеспечение экологической безопасности и ее устойчивого развития;

– обеспечение комплексного социально-экономического развития регионов;

– своевременное реформирование хозяйственной структуры регионов в соответствии с требованиями рыночной экономики;

– реконструкция хозяйственных комплексов старопромышленных районов и крупных городов путем конверсии оборонного комплекса и реструктуризации всего хозяйства с целью повышения его эффективности;

– создание условий для формирования программно-целевых территориально-производственных комплексов на базе уникальных природных ресурсов;

– своевременное совершенствование инфраструктуры регионов;

– создание свободных экономических зон в оптимальных для этого условиях.

Некоторые ученые полагают, что сегодня, возможно, уже нет смысла бороться за сохранение «единой и неделимой России», поэтому рекомендуют разделить ее, например, по Уральскому хребту на две «федеральные» части. Так, ядром нового крупного экономического района потенциально может стать Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс на территории Тюменской и Томской областей, развитие которого связывается, помимо нефтегазодобычи, с нефтегазохимией, тепловой электроэнергетикой и формированием транспортной инфраструктуры: трубопроводной, железных и автомобильных дорог, морских и речных путей. Процесс районообразования постепенно складывается и на юге Дальнего Востока, где происходит концентрация отраслей, использующих океанические ресурсы – биологические и углеводородные, наряду с формированием транзитной транспортной сети, ориентированной на обслуживание межконтинентальных евразийских и тихоокеанских грузопотоков.

Для анализа роли системы государственного регулирования рыночных отношений использовались результаты исследований, ведущихся с 1993 г. в Институте народно-хозяйственного прогнозирования РАН, которые выявили функции федерального и регионального государственного регулирования по обеспечению целостности российской экономики – обеспечение существования экономических районов-доноров и районов-реципиентов. Выявление этих функций и количественный анализ результатов деятельности позволяют сформулировать основные направления их совершенствования:

– дальнейшее осуществление донорства востоком России ради сохранения экономической стабильности в стране;

– использование результатов этого донорства для нужд России, а не для дальнего зарубежья;

– обеспечение большей равномерности в образовании общего положительного сальдо регионами-донорами востока России и в его распределении между регионами-реципиентами страны. Это предполагает значительное снижение доли Центрального, Северо-Западного регионов и одновременное резкое увеличение удельного веса Дальневосточного и Центрально-Черноземного экономических районов.

Таким образом, существующая динамика макроэкономических региональных пропорций в современной России требует усиления федерального и регионального государственного регулирования в целях укрепления целостности российского экономического пространства и сохранения социальной и экономической стабильности в стране. Государственное регулирование экономического развития регионов – избирательное целенаправленное воздействие государства на экономическое развитие отдельных территорий. Так, по мнению О. В. Кузнецовой, региональная экономическая политика (или региональная политика) употребляется как синоним государственного регулирования экономического развития регионов и не включает в себя экономическую политику региональных органов власти.

Социально-экономическое развитие регионов в настоящее время испытывает возрастающее влияние трех главных факторов – рыночного, конкурентного и производственного, которые ведут от территориальной дифференциации и разделения труда к его интеграции, от национальной региональной политики к собственно региональной на уровне отдельных субъектов Федерации. Сущность рыночного фактора заключается во взаимопроникновении региональных, национальных и мирового рынков. Для России и ее регионов наиболее значимой является либерализация внешней торговли и снятие протекционистских ограничений в ближайшем будущем в результате вступления в силу соглашения с Евросоюзом и возможного принятия во Всемирную торговую организацию. Конкурентный фактор понимается как усиление конкуренции на всех перечисленных рынках и особенно неценовом, т. е. конкуренции в области качества жизни и инноваций. Производственный фактор – это постепенный переход от фордизма к постфордизму как способу организации производства, подразумевающему замену массового производства мелкосерийным, вертикальной организации труда – горизонтальной и низкую индивидуальную ответственность.

Факторы, благоприятные в настоящее время для размещения производительных сил на определенных предприятиях, в будущем означают дополнительные возможности для привлечения инвестиций, увеличения занятости и решения возникших региональных проблем. Так, они одновременно становятся условиями и индикаторами успешного социально-экономического развития регионов. При этом необходимо учитывать воздействие этих изменений на конкурентоспособность регионов, для которых это может означать, что одни станут развиваться как экономически наиболее сильные, способные мобилизовать собственные ресурсы и привлечь дополнительные инвестиции, другие остаются на периферии, а третьи развиваются лишь в отдельных специфичных сферах. Поэтому необходимо выяснить, какие факторы должны учитывать в своей деятельности хозяйствующие субъекты, а какие должны улучшать регионы для повышения конкурентоспособности.

Нематериальное производство постепенно становится парадигмой экономического развития, что заставляет по-новому оценивать степень благосостояния территорий, которые во все времена традиционно анализировались с точки зрения богатства лесом, полезными ископаемыми, почвами, климатическими условиями, основными фондами, своим географическим положением. Однако представления о нематериальном производстве как о сфере, где создается большая часть стоимости, начинают менять критерии оценки регионов. Сейчас в первую очередь рассматриваются такие факторы, как богатство людьми, их квалификацией, управленческими технологиями, рыночной инфраструктурой, сетью бизнеса, организационной культурой. Новые представления об источниках и факторах экономического развития также изменяют взгляд на роль образования, науки, медицины, телекоммуникаций, навыков менеджмента в жизни людей и территорий, так как они оказывают решающее влияние на темпы и направление экономического развития страны в целом.

Таким образом, на уровне региона следует рассматривать следующие критерии и соответствующие им показатели социально-экономического развития:

– валовой национальный продукт или валовой внутренний продукт (абсолютная величина на душу населения), темпы роста этих показателей;

– средний уровень доходов населения и степень их дифференциации;

– продолжительность жизни, уровень физического и психического здоровья людей;

– уровень образования;

– уровень потребления материальных благ и услуг, обеспеченность домашних хозяйств товарами длительного пользования;

– уровень здравоохранения;

– состояние окружающей среды;

– равенство возможностей людей;

– обогащение культурной жизни населения.

Как и любая экономическая система, регион имеет взаимодействующую друг с другом внутреннюю и внешнюю среду, причем связи могут быть как прямые, так и косвенные. Для качественной характеристики и оценки динамики изменения внутренней среды достаточно проанализировать группы факторов, характеризующих производственно-ресурсный потенциал региона, структуру регионального рынка, кадровый потенциал региона, его региональный бюджет и стратегию развития. Внешняя среда прямого воздействия на регион включает взаимосвязи с внешними поставщиками товаров и услуг, потребителями, регионами-конкурентами, финансовыми организациями и транспортными предприятиями. Среда косвенного воздействия на регион включает следующие группы факторов влияния: общеэкономические, общеполитические, научно-технические, природно-экологические и демографические.

Традиционно в отечественной экономической литературе выделяются следующие группы факторов размещения: природные, демографические, экономико-географические и экономические. В зарубежной теории и практике принят другой стандартный набор факторов, например различают две группы – «жесткие» и «мягкие». Под «жесткими» факторами понимаются количественно измеряемые факторы:

– ориентированные на производственные ресурсы;

– ориентированные на производство и сбыт продукции (близость партнеров по кооперации, инфраструктура, структура населения и потребления);

– установленные государством (налоги, система хозяйствования, субсидии и программы поддержки).

Если между существующими отечественными и «жесткими» факторами можно провести параллели, то «мягкие» факторы являются для нашей экономики пока количественно трудноизмеряемой категорией, так как они зависят от уровня развития социальной среды, это такие факторы, как стабильность политической ситуации, уровень квалификации работников, региональная структура экономики, качество системы образования и профессиональной подготовки кадров, оснащение региона вузами, технологическими центрами, научными и исследовательскими организациями, наличие факторов, ориентированных на производство услуг, качество жизни в регионе.

Соотношение между отдельными факторами размещения и их значимость постоянно меняются. Так в настоящее время происходит снижение «жестких» факторов размещения в пользу мягких, которые все чаще становятся условиями экономического успеха региона и страны. В соответствии со структурной перестройкой экономики по группе «жестких» факторов от первичного (сельское хозяйство) сектора, ко вторичному (промышленность) и третичному (услуги и информация), факторы «земля», «близость к источникам сырья» и «издержки на заработную плату и первоначальный капитал» теряют свое значение в пользу агломерационных преимуществ (близость рынка, оснащение инфраструктурой). В результате развития транспорта и коммуникаций стала снижаться роль транспортных издержек, хотя качество транспортных соединений играет сейчас значительную роль.

Среди «мягких» факторов основной вес получают стабильность экономического, социального и политического положения, также повышаются требования близости к исследовательским центрам, к хорошим условиям жизни для высококвалифицированных работников. Важным фактором является наличие стратегии согласованного развития, главной целью которого становится создание благоприятного имиджа региона. Однако не все тенденции одинаково важны для регионов, например, более высокую значимость будут иметь те факторы, которые характерны для производственной специализации регионального социально-экономического комплекса. Поэтому вес фактора будет зависеть от его способности быть мобильным, т. е. наиболее привязанными к территории будут факторы с сильной концентрацией и немобильные. В связи с этим, необходимо адекватно оценивать реальные факторы размещения производительных сил, учитывая современные тенденции.

Проводимые в последние годы действия по сглаживанию последствий социальных, экономических, экологических и других кризисов в нашей стране и ее регионах, подчеркивают необходимость выработки долговременной стратегии их развития с учетом специфики каждого. Предсказуемость территориального развития может быть достигнута только на основе применения комплекса инструментов регионального планирования и прогнозирования. Однако «в настоящее время система территориального планирования в России и республиках бывшего СССР отсутствует, а перспективы ее частичного восстановления связаны с переходом на новые идеи, принципы и методы, используемые в западных странах» [6].

Таким образом, в настоящее время актуальным требованием становится работа по анализу и позитивному влиянию на «мягкие» факторы размещения, так как заинтересованные в этом региональные органы власти и управления нацелены на долговременную деятельность по улучшению производственной, социальной, институциональной и экологической инфраструктур региона, созданию и поддержанию его имиджа как средства привлечения инвестиций. Поэтому, регион из места реализации маркетинговых решений хозяйствующих субъектов сам превращается в продукт, сбываемый на рынке.

Библиографический список

1. Воронин, Ю. А. Теория районирования и управление территориями / Ю. А. Воронин, Л. Ф. Спивак. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004.

2. Лавровский, Б. Л. Региональная асимметрия в Российской Федерации: измерение и регулирование / Б. Л. Лавровский // Региональная политика, направленная на сокращение экономической и правовой асимметрию. Новосибирск, 2000. С. 272–306.

3. Кузнецова, О. В. Экономическое развитие регионов: теоретические и практические аспекты государственного регулирования / О. В. Кузнецова. 4-е. изд. М. : Изд-во ЛКИ, 2007.

4. Гладкий, Ю. Н. Экономическая география России / Ю. Н. Гладкий, В. А. Доброскок, С. П. Семенов. М. : Гардарика, 1999.

5. Гладкий, Ю. Н. Регионоведение / Ю. Н. Гладкий, А. И. Чистобаев. М. : Гардарика, 2002.

6. Скопин А. Ю. Введение в экономическую географию / А. Ю. Скопин. М. : Владос : ИМПЭ им. А. С. Грибоедова, 2001.

O. V. Patsuk

DEVELOPMENT OF THE REGIONS: PROBLEMS AND DECISION

Improvement of management of social and economic potential in the situation of decentralization has lacked the attention of the native economic theory and practice concentrated at that time on designing practical recommendations concerning regional production and resources management were priority areas. Historically developed heterogeneity of the country's area influences the state's functioning; strategy and structure of institutional changes. Thus, equalization of the levels of Russian regions' social and economic development and financial state is one of the main economic objectives.

Keywords: social and economic development of territory, regional policy.

УДК 336.714

И. Р. Руйга

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Проведен анализ основных направлений государственной инвестиционной политики Красноярского края. Выявлены преимущества и недостатки в практике реализации основных мер государственной инвестиционной политики.

Ключевые слова: инвестиционный процесс, инвестиционные ресурсы, региональная инвестиционная политика.

Красноярский край – это один из крупнейших в стране промышленных регионов, входящий в число лидеров по объемам валового регионального продукта (ВРП) и экспорта. Такие результаты достигнуты, прежде всего, за счет сформировавшегося в период реформ экспортоориентированного металлургического комплекса, который определяет особенности региональной кооперации, формирует до 50 % регионального бюджета, концентрирует потоки инвестиций в основной капитал (до 30 %) и иностранных инвестиций (до 98 %). Мощная промышленная база позволяет входить краю в число 20 регионов-лидеров по объемам инвестиций в основной капитал: на его долю приходится около 2 % общероссийского объема. При этом инвестиционный процесс в крае характеризуется высокой динамикой.

По мнению Совета по изучению производительных сил МЭРТ РФ и РАН, Красноярский край отнесен к группе регионов с индустриально-дифференцированным благоприятным типом инвестиционного климата. Однако преобладающую долю занимает цветная металлургия – основная отрасль специализации экономики региона, на которую приходится свыше 60 % промышленного производства, а 75 % инвестиций в основной капитал, направляемых в промышленность, аккумулируют цветная металлургия и топливно-энергетический комплекс (ТЭК). Красноярский край по-прежнему остается привлекательным для инвесторов своей природно-сырьевой базой. Как известно, в 1990-е гг., в условиях благоприятной ценовой конъюнктуры мировых рынков цветных металлов, край попал в сферу интересов крупных отечественных инвесторов как регион, обладающий уникальными запасами руд цветных и черных металлов, богатыми водными энергетическими ресурсами и производственными мощностями, отвечающими требованиям мировой конкурентоспособности. И в настоящее время крупные отечественные корпорации вкладывают в регион огромные инвестиции в отрасли ТЭК и металлургии, исходя из тех же интересов с той лишь разницей, что производственные мощности и инфраструктуру нужно практически создавать с нуля.

Однако, несмотря на сравнительные преимущества Красноярского края, в настоящее время наблюдается ряд негативных факторов инвестиционного процесса с точки зрения стратегического развития экономики данного региона.

Во-первых, решающее значение ресурсного фактора (ориентация крупного бизнеса на сектора первичной переработки и добывающей промышленности) в инвестиционной привлекательности привело к структурным диспропорциям в экономике региона и упадку перерабатывающих (технологичных) отраслей в сравнении с началом 1990-х гг.

Во-вторых, зависимость от внешних факторов в результате сложившейся организационной структуры крупного бизнеса края (центр принятия решений находится за пределами края) влечет за собой слабую контролируемость инвестиционных процессов со стороны региональных властей.

В-третьих, особенности структуры собственности крупных региональных предприятий приводят к централизации финансовых ресурсов в федеральном центре, вывозу капитала из края или потере потенциальных инвестиционных ресурсов.

В-четвертых, природная рента от богатств края используется узким кругом лиц, причем внешних, расположенных за пределами территории региона. При этом практически нет никакой компенсации за ухудшение экологической обстановки территории или исчерпание ресурсов. Это повышает некоммерческие риски, а также оказывает негативное воздействие на трудовой потенциал (например, отток и ухудшение здоровья трудовых ресурсов).

В настоящее время основными направлениями инвестиционной политики в крае являются государственная поддержка инвестиционной деятельности и реализация государственно-частного партнерства на основе создания венчурного фонда и Корпорации развития Красноярского края.

Согласно действующему законодательству [1; 2] государственная поддержка инвестиционной деятельности в Красноярском крае заключается в предоставлении режима наибольшего благоприятствования (РНБ), который реализуется путем предоставления инвестору льгот по налогам, государственных гарантий края, бюджетных инвестиций в уставный капитал юридических лиц, бюджетных кредитов, инвестиционных налоговых кредитов, льгот по аренде недвижимого имущества, субсидий на возмещение части процентной ставки получателям кредитов в российских кредитных организациях на реализацию инвестиционных проектов. При этом для иностранных инвесторов установлен национальный режим для зарубежных инвесторов независимо от страны инвестора. Решение о предоставлении инвесторам государственной поддержки принимается администрацией края на основании заявления инвестора, пакета документов о государственной регистрации предприятия и бизнес-плана проекта, направляемых в уполномоченный орган государственной власти края – Инвестиционный совет.

Процедура предоставления государственной поддержки инвестиционной деятельности в Красноярском крае достаточно систематизирована и упорядочена. Разработаны и нормативно закреплены четкие критерии отбора инвестиционных проектов. В целом можно сказать, что отбор проектов для государственной поддержки основывается на стоимостных параметрах инвестиций и уровне доходности, а также сроках реализации проекта. Иными словами, возможность предоставления РНБ связана с успешной отдачей на вложенные средства для самого предприятия и бюджета региона. Однако такой подход, хоть и связан с долгосрочным предоставлением финансовых ресурсов, не формирует направление инвестиционных потоков в те отрасли, которые являются значимыми с точки зрения стратегического развития экономики края. Кроме того, практически не установлены нормативы, которым должны соответствовать показатели. Таким образом, фактически принятие решения об отборе инвестиционных проектов остается за Советом администрации. С одной стороны, это облегчает работу, так как позволяет оперативно реагировать на экономическую ситуацию, но, с другой – создает поле для коррупции, так как приоритет может быть отдан «пролоббированным» проектам, т. е. тем, кто имеет связи и значительные капиталы. В то же время создание специального органа – Инвестиционного совета – является положительным моментом, поскольку позволяет собирать информацию в одном месте, одновременно работая в тесной координации с экономическими службами региональной администрации.

Что касается практики реализации, то из приведенного в законе перечня наиболее часто применяемой формой государственной поддержки инвестиционной деятельности в Красноярском крае является субсидирование затрат по инвестиционным проектам (процентной ставки по кредитам и лизингу). Из 23 поддержанных проектов за период 2004–2006 гг. 18-ти оказана поддержка в форме субсидирования (без учета малого бизнеса) [3]. При этом на данную форму направляется наименьший объем бюджетных средств – чуть более 9 % от общей суммы государственной поддержки. Практически, все эти проекты связаны с субсидированием процентной ставки по кредитам, полученным в российских кредитных организациях. Лишь один проект связан с субсидированием лизинговых платежей, что свидетельствует о наибольшей привлекательности и доступности для региональных предприятий банковского кредита в сравнении с лизингом.

В результате государственной поддержки в форме субсидирования, на возмещение процентной ставки по привлеченным средствам (кредиты кредитных организаций и лизинг) за счет реализуемых инвестиционных проектов в экономику края за период 2004–2006 гг. инвестировано 2,8 млрд руб. (без учета малого бизнеса). Государственная поддержка оказана предприятиям пищевой промышленности, лесного комплекса, легкой промышленности, сельского хозяйства, фармацевтической отрасли, машиностроения, транспорта и торговли. При предоставлении государственной поддержки в размере 62,8 млн руб. должно поступить 412,3 млн руб. дополнительных налоговых платежей в консолидированный бюджет края. За счет реализации поддержанных государством инвестиционных проектов произошло увеличение основных фондов предприятий края в 2004–2006 гг. на 971,7 млн рублей, создано 3 083 рабочих места [3].

Объем средств, который ежегодно планируется на цели субсидирования инвестиционных затрат в краевом бюджете, составляет около 60–65 млн руб. Однако отчеты об исполнении краевого бюджета свидетельствуют о том, что государство способно выделять большие средства, чем это происходит реально. Так, процент исполнения расходов бюджета по реализации государственной поддержки в форме субсидирования процентных ставок по кредитам и лизинговых платежей в 2004 г. составил 3,9 %, в 2005 г. – 50,48 %, в 2006 г. – 56,69 %. В качестве причин такой ситуации можно назвать несколько основных факторов. Во-первых, в настоящее время основная масса предприятий, находящихся на стадии развития, в целях снижения налогового бремени не показывает реальных финансовых результатов своей деятельности. Соответственно, предоставляемые бизнес-планы содержат искаженную информацию и зачастую не удовлетворяют требованиям эффективности, предъявляемым со стороны государства для осуществления поддержки. Во-вторых, сказывается недостаточное информационное обеспечение реализации государственной поддержки. В частности, было бы полезно размещать на официальном сайте не просто требования к подаче документов на рассмотрение заявки, но также и анализ поддержанных и отклоненных проектов с указанием причин отказа. Кроме того, порой систематизированная информация о поддержанных проектах предоставляется с опозданием. В-третьих, существуют дополнительные препятствия в виде необходимости предварительных договоренностей или лоббирования своих интересов, что особенно проблематично для малых предприятий.

Что касается налоговой политики как одной из форм стимулирования инвестиций, успешно используемой во всем мире, в том числе и на региональном уровне, то ее активное применение в условиях российских регионов весьма ограниченно. Дело в том, что возможность получения льготы по налогу на имущество или транспортному налогу не является столь привлекательной для потенциальных инвесторов, поскольку данные налоги не играют существенной роли в налоговой нагрузке налогоплательщиков. А согласно налоговому кодексу, снижение налоговой ставки по налогу на прибыль для отдельного налогоплательщика может быть только с 17,5 до 13,5 %, т. е. лишь на 4 процентных пункта. Достаточно сказать, что по отчету за 2006 г. поступления налога на имущество в бюджетную систему страны составили всего 201 млрд руб. При этом в сумме уплаченных налогоплательщиками в данном году налогов, налог на имущество организаций составил всего около 3 %. Максимально возможная сумма льготирования налога на прибыль составляет в действующих условиях около 300 млрд руб., или чуть более 4 % уплачиваемых налогоплательщиками налогов в бюджетную систему страны [4]. Что касается Красноярского края, то, например, в 2006 г. льгот по налогу на имущество и транспортному налогу в совокупности предоставлено на сумму 229,2 млн руб., или 3,2 и 0,5 %, соответственно, от суммы налоговых поступлений в бюджет

по данным налогам [5]. При этом, объем предоставленных льгот составил лишь 0,39 % от общей суммы налоговой нагрузки со стороны регионального бюджета для предприятий и 0,25 % от объема инвестиций в основной капитал в данном году. Соответственно, немногие предприятия изъявляют желание получать налоговые льготы с учетом необходимости прохождения трудоемкой процедуры утверждения и последующего контроля в условиях наличия теневых операций (например, заниженные суммы заработной платы). Особенно это касается малых предприятий. Так, проведенный анализ показал, что в Красноярском крае налоговые льготы за период 2004–2006 гг. предоставлялись достаточно крупным региональным предприятиям, вышедшим на рынок достаточно давно, закрепившим свои позиции и наладившими отношения с региональными властями.

В целях стимулирования инновационной деятельности на базе государственно-частного партнерства был создан венчурный фонд. Определением принципов формирования и использования средств фонда занимается созданная региональными властями некоммерческая организация «Фонд содействия развитию венчурных инвестиций в малые предприятия в научно-технической сфере Красноярского края» [6]. Государство в лице этой некоммерческой организации становится одним из важнейших пайщиков венчурного фонда.

Важным для экономики региона является то, что средства фонда будут направляться в те предприятия, которые зарегистрированы на территории региона. В рамках закрытого паевого инвестиционного фонда венчурных инвестиций планируется объединять разные ресурсы частных инвесторов: денежные средства, прогрессивные технологии производства и управления, интеллектуальные ресурсы, ноу-хау и т. п. Несомненным преимуществом венчурного финансирования с точки зрения предприятий-реципиентов является то, что, во-первых, средства инвестируются без залога, что очень важно для малого бизнеса, а во-вторых, осуществляется профессиональное управление объектом инвестирования со стороны управляющей компании, что позволяет в разы увеличивать его стоимость. Кроме того, средства фонда будут направляться не в отдельный проект, а сразу в несколько, что снижает риски для пайщиков, т. е. возможные убытки того или иного проекта будут компенсироваться доходами успешных проектов.

Создание и функционирование венчурного фонда позволит:

– создать новый перспективный инструмент аккумулирования ресурсов методом проектного финансирования;

– привлечь дополнительные инвестиционные ресурсы путем создания прозрачной организационной структуры фонда (закрытый паевой инвестиционный фонд – ЗПИФ) с участием государства;

– использовать ресурс профессионального менеджмента в целях развития предприятий малого бизнеса, последующей их капитализации;

– сократить сроки реализации наиболее перспективных проектов в научно-технической сфере, обеспечить мультиплицирование ресурсов краевого бюджета в 8 раз [7].

Несмотря на неоспоримые преимущества создания венчурного фонда, есть и ряд серьезных проблем.

Во-первых, стоимость имущества фонда в размере 120 млн руб., составляющая менее 1 % от объема ВРП, даже с учетом прогнозируемого многократного увеличения не вполне адекватна мощному потенциалу экономики Красноярского края. Поэтому создание таких фондов не должно ограничиваться разовым проектом.

Во-вторых, задекларирован большой перечень отраслей (свыше 50), в предприятия которых могут быть вложены средства фонда. Такой подход не учитывает уже имеющийся потенциал научно-технической сферы Красноярского края, его сложившуюся специализацию. Очевидно, что создание абсолютно новых для региона производств как точек роста будет не эффективен, поскольку трудно будет достичь (с учетом объема вложенных средств) конкурентные преимущества не только на внешнем, но и на внутреннем рынке в условиях практически полностью открытого внутреннего рынка для иностранных товаров, в том числе и высокотехнологичных отраслей. Целесообразней было бы выделить приоритеты с учетом уже имеющейся специализации, при условии, что малые предприятия будут создаваться как независимые, самостоятельные юридические лица и работать в дальнейшем, например, по договорам подряда. По такому принципу – «крупная корпорация – малые предприятия» осуществляется научно-техническое взаимодействие во всех развитых странах. Данная тенденция наблюдается и в новых индустриальных странах Юго-Восточной Азии – региона, интеграция в который становится одной из основных целей стратегического развития Красноярского края в области международных отношений.

В-третьих, создание фонда как формы коллективных инвестиций слабо ориентировано на аккумулирование свободных денежных средств населения региона. С учетом того, что минимальный взнос составляет 1 млн руб., потенциально могло поучаствовать лишь 60 человек или организаций. В результате, дополнительно привлекается лишь 60 млн руб., а объем свободных денежных средств на руках у населения, по оценкам автора составляет около 60 млрд руб. Выбранная форма фонда – закрытый паевой инвестиционный фонд – привлекает средства инвесторов только один раз. В настоящее время подписка уже закрыта, и нет возможности другим инвесторам вложить свои средства в этот фонд. Кроме того, поскольку средства в фонд принимались и в Москве, и в республике Татарстан (помимо Красноярска), то могли быть привлечены инвесторы из-за пределов региона. Это, в общем-то, неплохо, но позволит заработать внешним инвесторам, а не жителям края.

В-четвертых, с большой долей вероятности можно прогнозировать, что предприятия, получающие средства фонда, будут сосредоточены в Красноярске – центре региона. Хотя условия для развития инновационного потенциала края имеются и за его пределами (Железногорск, Зеленогорск, Норильск, Лесосибирск и т. п.). Следует отметить, что при формировании средств фонда в Красноярском крае действовал лишь один центр приема средств – в Красноярске, что опять же создавало дополнительные сложности для потенциальных инвесторов из других го-

родов региона. В дальнейшем, при реализации государственной инвестиционной политики необходимо учитывать потенциал других территорий и городов края, во избежание концентрации ресурсов и экономического роста только в его центре при увеличении межтерриториального разрыва в доходах.

Таким образом, создание венчурного фонда можно назвать лишь начальными этапом в развитии инновационной активности в крае, но не достаточным для достижения поставленных целей в стратегическом развитии экономики региона.

Основной формой реализации государственно-частного партнерства в Красноярском крае является созданное в марте 2006 г. ОАО «Корпорация развития Красноярского края» (далее – Корпорация развития). В качестве основных целей в уставе общества определяется «обеспечение высокого темпа социально-экономического развития Красноярского края, обеспечение эффективного взаимодействия администрации Красноярского края и инвесторов при разработке и реализации проектов социально-экономического развития Красноярского края, развитие принципов государственно-частного партнерства в Красноярском крае, привлечение в экономику Красноярского края инвестиций и технологий, а также извлечение прибыли» [8]. Зафиксированные цели носят общественно значимый характер и предполагают участие государства в управлении деятельностью данного общества. Акционерами Корпорации выступили крупные предприятия, входящие в интегрированные бизнес-группы и уже имеющие достаточно сильные позиции на региональном рынке: ООО «Компания „Базовый элемент“», ЗАО «Богучанская ГЭС», ОАО «Красноярский завод цветных металлов имени В. Н. Гулидова» и Государственный специализированный банк – Банк внешнеэкономической деятельности РФ (Внешэкономбанк). Каждый из инвесторов владеет 25 % акций Корпорации. Такая структура собственности обусловлена интересами компаний в реализации крупного проекта Комплексного развития Нижнего Приангарья.

Механизм функционирования Корпорации сводится к тому, что, с одной стороны, Корпорация сможет напрямую участвовать в финансировании проектов, оставляя при этом контрольный пакет акций стратегическим инвесторам, а с другой – станет посредником между администрацией региона и частными инвесторами, например, при решении вопросов о предоставлении государственной поддержки или привлечении дополнительных кредитных ресурсов.

Первым проектом, инициатором которого выступила Корпорация развития, стал проект Комплексного развития Нижнего Приангарья. За счет частного сектора по проекту Нижнего Приангарья предполагается завершение строительства Богучанской ГЭС, строительство крупного алюминиевого завода по выпуску первичного алюминия, в дальнейшем – создание целлюлозно-бумажных производств, лесозаготовительных и лесопильных производств. За счет государства планируется построение инфраструктуры. Проект Комплексного развития Нижнего Приангарья является одним из базовых в стратегическом развитии Красноярского края. Освоение богатейших ресурсов региона, несомненно, должно стать основой для экономического роста. Однако не следует забывать, что мультипликационный эффект проявится лишь тогда, когда должное внимание будет уделено перерабатывающим производствам по принципу построения полной технологической цепочки на территории края. Соответственно, и роль Корпорации развития должна сводиться к поиску именно таких проектов, а не только тех, которые снова будут ориентировать экономику региона на вывоз сырья за рубеж.

По мнению автора, существующий механизм государственно-частного партнерства в виде Корпорации развития обладает рядом недостатков.

Во-первых, в качестве инвесторов выступают крупнейшие корпорации, которые, соответственно, «пробивают» себе дорогу для реализации своих интересов. Государство представлено косвенным участием в лице губернатора и его заместителя в совете директоров. Что касается участия в капитале, то здесь его пакет «размывается» через учредителя ОАО «Красноярский завод цветных металлов имени В. Н. Гулидова», который принадлежит частично ОАО «Норильский никель». То есть, фактически, государство не способно блокировать интересы крупных собственников, а лишь соучаствует. Кроме того, практика показывает, что Корпорация развития не способствует формированию инвестиционных ресурсов на территории Красноярского края. Финансовые средства приходят из-за пределов региона в виде заемных средств и направлены фактически на развитие лишь одного-двух проектов (БЭМО – в области металлургии и электроэнергетики), которые будут функционировать по существующей схеме крупных корпораций. Участие крупных собственников в Корпорации будет способствовать тому, что выручка, как и основная масса налогов, по-прежнему, будет оседать в федеральном центре, а в край финансовые ресурсы будут поступать лишь в необходимом объеме для покрытия затрат, либо через филиалы московских банков посредством потребительского кредитования.

Во-вторых, как свидетельствует анализ структуры поддержанных и принятых к реализации в ближайшие годы инвестиционных проектов, основную долю составляют сырьевые проекты. В дальнейшей перспективе предполагается и создание перерабатывающих производств, например, помимо алюминиевого завода по производству первичного алюминия, заявлено строительство целлюлозно-бумажных заводов, цементного завода. Однако, фактически, не предполагается создание высокотехнологичных производств. Соответственно, в условиях, когда даже развивающиеся страны ориентированы на наукоемкие производства, край по-прежнему будет терять потенциальный доход и увеличивать свое технологическое отставание, «давая заработать» другим странам, в частности, бурноразвивающемуся в сфере высоких технологий близлежащему Китаю.

В-третьих, средства на развитие социальной инфраструктуры по-прежнему ложатся на плечи государства. Специфика реализации проектов связана с привлечением работников вахтовым методом, что не способствует развитию территории, так как заработанные на ней доходы отвлекаются в другие регионы. Временное проживание связано и с «потребительским» отношением.

Таким образом, в целях реализации стратегических интересов Красноярского края должен быть сохранен позитивный опыт, накопленный за последние три-четыре года в инвестиционной политике региона. Важно и в дальнейшем активизировать практику реализации государственной поддержки инвестиционной деятельности, создания инвестиционных фондов с участием государства и других форм государственно-частного партнерства. Однако более продуктивным сможет стать комбинирование различных инструментов в рамках одного механизма, которое позволит преодолеть существующие проблемы. Такой механизм активизации инвестиционной деятельности должен отвечать следующим требованиям:

– обеспечивать отраслевую и предпринимательскую диверсификацию вложений в основной капитал, что предполагает систему отбора проектов, мониторинг социально-экономического развития и тесное взаимодействие (прежде всего информационное) государственных органов с бизнес-структурами, участвующими в механизме реализации;

– способствовать тому, чтобы доходы, заработанные на территории края за счет имеющихся природных ресурсов, оседали в крае и вкладывались в развитие смежных отраслей и производств, а также в развитие действующих на территории региона технологичных предприятий и на их базе новых направлений высокотехнологичных производств, т. е. обеспечивать перераспределение природной ренты в пользу территории, а не внешних собственников;

– должен быть ориентирован на инвесторов различного уровня, соответственно, должен сочетать всевозможные действующие инструменты и механизмы в области поддержки инвестиций, актуальные как для крупных бизнесменов, так и для малого и среднего бизнеса, а также обеспечивать определенный уровень доходности инвесторам за счет осуществления деятельности, например, на фондовом рынке;

– аккумулировать свободные средства населения для вывода «из тени» и использования их не только на потребительские нужды, но и на вложения в основные фонды экономики региона, в том числе мобилизовать денежные средства населения, обращающиеся в неформальном секторе экономики;

– государство должно занимать активную позицию с целью обеспечения контроля в реализуемых государственно-частных механизмах, а также направления инвестиционных потоков в соответствии со стратегическими интересами развития экономики региона;

– решать социальные проблемы региона, в том числе и за счет «коммерциализации» бюджетных расходов.

Библиографический список

1. О государственной поддержке инвестиционной деятельности в Красноярском крае [Электронный ресурс]: Закон Красноярского края № 12-2278 от 30.09.2004 // Электрон. дан. Справочные правовые системы Консультант плюс. Режим доступа : http:www. consultant.ru. Загл. с экрана.

2. О государственной поддержке инвестиционной деятельности [Электронный ресурс] : Постановление Совета Администрации Красноярского края № 91-п от 23.03.2005 // Электрон. дан. Справочные правовые системы Консультант плюс. Режим доступа : http:www. consultant.ru. Загл. с экрана.

3. Государственная поддержка инвестиционных проектов в 2004–2006 гг. [Электронный ресурс] // Электрон. дан. Официальный Интернет-портал «Красноярский край». Режим доступа : http:www.krskstate.ru. Загл. с экрана.

4. Пансков, В. Г. Налоговое стимулирование инвестиционной активности / В. Г. Пансков // Финансы. 2007. № 11. С. 29–35.

5. Эффективность налоговых льгот в 2006 г. [Электронный ресурс] // Электрон. дан. Официальный Интернет-портал «Красноярский край». Режим доступа : http:www.krskstate.ru. Загл. с экрана.

6. О создании некоммерческой организации «Фонд содействия развитию венчурных инвестиций в малые предприятия в научно-технической сфере Красноярского края [Электронный ресурс]: Постановление Совета Администрации Красноярского края № 281-п от 21.10.2005 // Электрон. дан. Справочные правовые системы Консультант плюс. Режим доступа : http:www. consultant.ru. Загл. с экрана.

7. Акбулатов, Э. О механизме коллективного инвестирования в предприятия научно-технической сферы посредством создания ЗПИФ [Электронный ресурс] // Электрон. дан. Инвестиционный портал. Режим доступа : http:www.krasinvest.ru. Загл. с экрана.

8. Устав открытого акционерного общества «Корпорация развития Красноярского края» [Электронный ресурс] // Электрон. дан. Официальный сайт ОАО «Корпорация развития Красноярского края». Режим доступа : http:www.krdc.ru/corporation. Загл. с экрана.

I. R. Rouiga

THE PERSPECTIVES OF THE KRASNOYARSK REGION'S INVESTMENT POLICY

The article considers the analysis of the Krasnoyarsk region's perspectives of the state investment policy. The advantages and disadvantages have been clearly recognized in the practical realization of the state investment policy.

Keywords: investment process, investment resources, region investment policy.

УДК 332.1

Э. В. Колесов

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ РЕГИОНА

Рассматриваются методы управления промышленным комплексом региона в современных условиях. Обосновывается необходимость создания механизма трансформации структуры промышленного комплекса региона в пользу высокотехнологичных производств как основного метода управления.

Ключевые слова: методы управления, промышленный комплекс, регион.

В постиндустриальном обществе имеет место переориентация промышленности на развитие конечных производств и удовлетворение потребительского спроса. Это связано с тем, что в конце XX – начале XXI вв. структурные изменения в технологиях, экономике и рынках происходят с такой скоростью, что можно с уверенностью прогнозировать сохранение и даже усиление турбулентности в ближайшие годы. А происходящие сегодня события на финансовых, сырьевых, энергетических, трудовых и иных рынках, только укрепляют эту уверенность. Опыт ведущих зарубежных стран убедительно свидетельствует о том, что для гарантии устойчивого экономического роста необходимо построение сбалансированной структуры промышленности. Это особенно актуально для управления промышленным комплексом тех регионов, которые, как известно, оказались в гораздо более сложных экономических условиях из-за резкого падения цен на ресурсы, экспортируемые из этих регионов. Таким регионом является Красноярский край.

Эффективность промышленного комплекса в значительной степени предопределяется сложившейся отраслевой структурой, характеризующейся соотношением добывающих и перерабатывающих отраслей, долей высокотехнологичных и наукоемких производств. Темпы роста экономики региона тесно связаны с наличием как технологических, так и управленческих, организационных инноваций, которые бы привели к созданию новых отраслей или новых видов услуг. Именно отсутствие крупных нововведений в экономике любой страны приводит к началу стагнационного периода. Это не означает обязательный спад, но темпы роста экономики значительно снижаются как в целом по стране, так и в регионах, что сейчас и наблюдается во многих странах мира.

Базовые отрасли промышленного комплекса – черная и цветная металлургия, машиностроение и металлообработка, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность – всегда находились и находятся под угрозой, исходящей от технологически далеких от них сфер.

Распространение технологического прогресса характеризуется увеличением темпов научных исследований, систематическим подходом, всеобщим охватом, что приводит к сокращению технологического срока эксплуатации созданных товаров и сокращению времени, отводимого на возмещение затрат на исследования и разработки.

Распространение технологических инноваций имеет всеобщий характер, охватывая различные секторы экономики, страны и фирмы, но при этом они оказываются «деструктивными», так как приводят к исчезновению существующих отраслей [1. С. 56].

Систематичность инноваций проявляется в том, что если раньше научными исследованиями занимались более или менее изолированные друг от друга ученые, то теперь эти исследования имеют институциональный характер, т. е. проводятся в фирмах, университетах, частных и общественных специализированных центрах. Значительную роль в этих сферах играет власть, так как она распределяет ресурсы, необходимые для проведения научных и промышленных исследований. Технологические инновации более не зависят от случайных открытий, становясь результатом организованных, плановых усилий, которые сами по себе имеют определенную теоретическую базу. Применение теоретических методов в фундаментальных исследованиях плавно перетекает во внедрение методов, которые могут напрямую использоваться в производстве товаров и оказании услуг. Иначе говоря, исследования имеют плановый характер в том смысле, что проводятся с использованием проверенной методологии и подчиняются заранее установленным целям. Таким образом, технологические инновации оказывают прямое влияние и на промышленную политику того или иного региона, что требует создания современного механизма трансформации структуры промышленного комплекса региона (МТСПКР).

Низкая конкурентоспособность промышленного комплекса Красноярского края во многом обусловлена его неадекватной отраслевой структурой, в основном сформированной в советское время с акцентом на развитие отраслей добывающей промышленности, тяжелого машиностроения и металлообработки. Существующие структурные деформации носят критический характер и не могут быть исправлены посредством действия рыночных механизмов. Необходимо государственное управляющее воздействие.

Односторонний экспортно-сырьевой уклон как российской экономики в целом, так и отдельных регионов заведомо создает реальную опасность для ее структурной устойчивости. Если общая динамика экономического роста страны в последние годы измеряется в 5–7 %, то темп роста валового внутреннего продукта, не связанный с динамикой цен на энергоресурсы, не превышает 2–3 % [2. С. 6]. Создание предпосылок устойчивых темпов роста требует, прежде всего, коренных изменений в структуре производства, в уровне диверсификации экспорта и экономики в целом, в выборе приоритетов развития. В первую очередь, это означает укрепление и расширение наиболее перспективного сектора – наукоемких и высокотехнологичных производств, т. е. относящихся к технологическому укладу 5–6 уровней. Способность

этого сектора к воспроизводству знаний и информации – основы активной инновационной деятельности – обеспечивает интенсификацию процесса создания добавленной стоимости.

В последнее десятилетие для российской экономики сложились крайне благоприятные условия для развития. Во-первых, удалось запустить механизм самоподдерживающегося развития предприятий в рамках рыночного регулирования экономики. Во-вторых, несмотря на противоречивые прогнозы цен на углеводородное сырье, прежде всего на нефть, в страну продолжал поступать внешний поток валютно-финансовых средств. Этот ресурс государство и бизнес могут и должны превратить в эффективные инвестиции, направив их на глубокую структурно-технологическую модернизацию производительных сил и на создание новых высокотехнологичных рабочих мест. Этим редким сочетанием необходимого и возможного, балансом социально-экономических потребностей и их ресурсной обеспеченностью следует умело, руководствуясь стратегией долговременных общественных и государственных интересов, своевременно воспользоваться.

Таким образом, необходимость выработки методов управления промышленным комплексом региона обусловлена нерациональными отраслевыми пропорциями, выбором неэффективных направлений развития промышленного производства и управленческих структур, занимающихся непосредственно оптимизацией промышленного комплекса региона. Отсутствие в настоящее время комплексной государственной политики в отношении промышленного комплекса, наряду со значительной дифференциацией отраслевой структуры промышленности в различных субъектах РФ, предопределяет необходимость управления структурными преобразованиями на региональном уровне.

Изучение эмпирического опыта управления структурными преобразованиями различных субъектов РФ, наряду с анализом программно-целевых документов, разработанных отечественными учеными на федеральном уровне, позволяет классифицировать современные подходы к определению оптимальной отраслевой структуры промышленного комплекса, в зависимости от выбранных приоритетных направлений и уровня реализации, на пять категорий (см. таблицу).

На основании изученных материалов можно сделать вывод о том, что существующие программы развития промышленности с упором на сохранение существующих отраслевых соотношений не позволят в ближайшие десятилетия существенно изменить структуру промышленного производства России. Государственное воздействие на промышленный комплекс, осуществляемое в настоящее время во многих регионах России, следует классифицировать как излишне консервативное. Причин для этого несколько, но главными из них являются отсутствие научно-обоснованного подхода к распределению отраслевых приоритетов государственной поддержки, адекватного инструментария и методов и механизма управления процессом структурных преобразований и др.

Методы и организационные подходы управления не являются застывшими, данными раз и навсегда, необходимо искать и находить такие методы управления, которые в большей степени соответствуют особенностям и задачам данного этапа развития экономики. Важнейшая задача современного управления – правильно сочетать на каждом этапе развития экономики региона различные методы управления, прежде всего экономические и организационно-административные. Совокупность воздействия первых, обеспечивающих определенные экономические стимулы, и вторых, основанных на прямых директивных указаниях органов государственной власти, делает экономически выгодным для общества структурную перестройку промышленного комплекса, а кроме того, повышает роль рыночных механизмов в управлении. Большое значение в управлении трансформацией структуры промышленного комплекса имеют и социально-

Основные подходы к определению оптимальной отраслевой структуры промышленного комплекса

№ п/п	Методы оптимизации отраслевой структуры	Уровень реализации	Опыт реализации
1	Поддержка сырьевых производств	Региональный	Челябинская область, Красноярский край, Пермский край, Республика Карелия, Астраханская область
2	Поддержка отраслей-лидеров несырьевого сектора промышленности	Региональный	Республика Татарстан, Нижегородская область, Тамбовская область, Приморский край
3	Развитие обрабатывающих отраслей промышленности	Региональный	Свердловская область, Московская область, Ярославская область, Томская область, Хабаровский край
4	Поддержка производств, ориентированных на внутренний рынок	Региональный	г. Москва
5	Поддержка отраслей промышленности, обладающих серьезными научно-техническими достижениями	Федеральный	Отсутствует

психологические методы, применяемые для повышения социальной активности.

Все это и предопределяет необходимость создания современного МТСПКР для каждого региона, с учетом его места в системе общественного разделения труда и степени его дифференциации. Последнее составляет объективную основу современного МТСПКР.

Раскрытие содержания современного механизма трансформации структуры промышленного комплекса региона представляет собой довольно сложную задачу, так как все его элементы подвергнуты исключительной изменчивости и подвижности в связи с реакцией на изменение факторов внешней среды и выражением многоступенчатых экономических отношений, определенных общественно-исторических условий, в которых осуществляется реализация задач, поставленных перед регионом в контексте их соответствия с задачами страны в определенный период времени. Кроме того, каждый из элементов МТСПКР испытывает на себе субъективное воздействие со стороны административных методов управления (власти) через изменение и формирование пропорциональной поддержки развития отрасли в связи с ранее сложившейся структурой региональной экономики.

Анализ МТСПКР подразумевает рассмотрение отраслей промышленного комплекса как элементов целостной системы воспроизводства, в процессе функционирования которой происходит сбалансирование производства, распределение, обращение и потребление ресурсов. Отрасли выполняют специфические балансирующие функции, связанные с сопряжением общественных потребностей и ресурсных возможностей системы воспроизводства. Иными словами, речь идет о своеобразном механизме поддержки равновесия, существенным элементом которого является система межотраслевых взаимодействий.

Важнейшая функция МТСПКР – поддержание ресурсно-технологического равновесия – определяется необходимостью сбалансирования общественных потребностей и ресурсных возможностей экономики региона при использовании разнокачественных ресурсов и технологий. Ключевые задачи реализации данной функции – компенсация и замещение ресурсов. Они выявлены и исследованы еще для отечественной экономики дореформенного периода академиком Ю. В. Яременко. В частности, он характеризует содержание механизма компенсации, которое «…состоит в том, что вместо некоторого количества более качественных ресурсов происходит производственное потребление менее качественных, но в относительно избыточных количествах (компенсация качества количеством). Данный механизм существует в условиях, когда необходимо ускоренное развитие приоритетных контуров системы воспроизводства в ущерб неприоритетным и сопровождается падением общей эффективности экономики. Механизм замещения, обратный механизму компенсации, состоит в том, что меньшее количество относительно более качественных ресурсов замещает избыточное потребление менее качественных» [3. С. 5].

Другой функцией МТСПКР является поддержание финансового равновесия, что предполагает поддержание равновесия системы и требует межотраслевого перераспределения финансовых ресурсов в форме скрытого субсидирования одних отраслей другими.

И, наконец, еще одна функция – поддержание резервов расширения воспроизводства за счет сохранения производственно-технологического и кадрового потенциала в условиях крупномасштабного спада, которая связана с поддержанием уровня занятости, основных фондов и мощностей.

Поэтому основным методом управления промышленным комплексом региона, на взгляд автора, является управление МТСПКР.

Кроме того, для успешного управления структурными процессами в регионе целесообразно разработать программу по трансформации структуры промышленного комплекса региона, которая должна включать в себя цели программы, выбор региональной стратегии и создание эффективного процесса управления структурными преобразованиями.

Целями программы являются обеспечение экономического роста, создание новых рабочих мест за счет развития и повышения эффективности работы существующей промышленности края и обеспечение условий для возникновения отраслей пятого-шестого технологических укладов, повышение конкурентоспособности предприятий и их продукции, формирование социально-ориентированного рыночного хозяйства, а в дальнейшем – переход к сервисно-информационному развитию экономики региона.

Для достижения указанных целей необходимо решить следующие задачи:

– создание и развитие благоприятных внешних условий и предпосылок для содействия устойчивой, эффективной экономической деятельности промышленных предприятий и привлечения инвестиций в развитие и создание новых экспортоориентированных и импортозамещающих производств, производств на основе наукоемких инновационных энерго- и ресурсосберегающих технологий;

– оказание мер поддержки с применением дифференцированного подхода к предприятиям с эффективными собственниками, а также убыточным предприятиям по их финансовому оздоровлению;

– проведение протекционистской политики правительства края к эффективно работающим промышленным предприятиям по оказанию организационных мер поддержки в реализации проектов на региональном уровне.

В зависимости от ориентации на тот или иной доминирующий тип производства возможны три типа *региональных стратегий* экономического развития и структурной перестройки промышленного комплекса:

– формирование внутрирегионального рынка;

– стратегия внешней экспансии;

– пассивно-завлекательная стратегия.

Для экономики Красноярского края характерна стратегия формирования внутрирегионального рынка. Она предполагает проведение целенаправленной региональной политики с целью укрепления и расширения хозяйственных связей внутри региона. По мере формирования внутреннего рынка возможна экспансия на внешние рынки с целью получения дополнительных ресурсов для экономического роста.

Осуществление данной концепции предполагает следующие действия:

– создание региональных систем информации о возможностях и потребностях региона;

– создание системы стимулирования эффективных внутрирегиональных связей;

– предоставление гарантий оплаты потребителями продукции, если она производится внутри региона;

– создание стимулов для внутреннего накопления, в том числе и путем облегчения доступа региональных структур к необходимым ресурсам для ведения предпринимательской деятельности, и предоставление им определенных привилегий;

– создание системы защиты внутрирегионального рынка от внешней экспансии.

Однако наличие разнообразных программ еще не обеспечивает целенаправленной структурной политики, направленной на построение рациональной структуры промышленного комплекса региона.

Одним из новых методов *управления процессом структурного преобразования* промышленного комплекса региона, по мнению автора, является создание Совета по структурной политике при министерстве экономики и регионального развития края, который определял бы стратегию трансформации структуры промышленного комплекса региона. Процедура разработки стратегии представлена на рис. 1.

На первом этапе – Анализ ситуации – определяется, какими возможностями располагает экономика региона для совершенствования своей структуры, т. е. наличие соответствующих ресурсов и степень привлекательности региона для потенциальных инвесторов. На втором этапе изучаются требования, в соответствии с которыми структура экономики региона может считаться оптимальной и эффективной. На третьем этапе на основе сравнения данных выявляются непосредственные потребности в структурной трансформации промышленного комплекса региона. Планирование конкретных мероприятий, определение приоритетов развития тех или иных производств или отраслей, установление исполнителей и сроков реализации, необходимые материальные и финансовые ресурсы происходит на четвертом этапе.

Для обнаружения и последующего устранения недостатков необходимо регулярно подвергать критическому пересмотру достижение цели на каждом из предоставленных этапов. Успех разработки стратегии структурной трансформации промышленного комплекса региона во многом зависит от того, насколько активно примут участие в ней непосредственно сами предприятия и организации. В настоящее время некоторыми предприятиями Красноярского края разработаны стратегии развития на 5–10 лет. Важно, чтобы к такой практике подключились все фирмы, независимо от их размера. Это послужило бы необходимым материалом для разработки стратегии структурной трансформации промышленного комплекса как региона, так и всей страны. Именно для координации действий всех субъектов рынка, участвующих в формировании структуры промышленного комплекса, при Правительстве Красноярского края необходимо сформировать Совет по структурной политике.

Между стратегией развития фирмы и стратегией структурной трансформации промышленного комплекса региона существует взаимозависимая связь. С одной стороны, фирмы будут ориентироваться на показатели стратегии структурной трансформации промышленного комплекса региона, а с другой – Совет оценивал и корректировал бы меры по совершенствованию экономической структуры. Совет мог бы также самостоятельно подвергнуть анализу предприятия с точки зрения их возможного влияния на изменение структуры экономики региона.

Процесс структурных преобразований промышленного комплекса региона представлен на рис. 2.

Высшие государственные органы края в данном случае будут являться заказчиком проведения трансформации структуры промышленного комплекса, а также од-

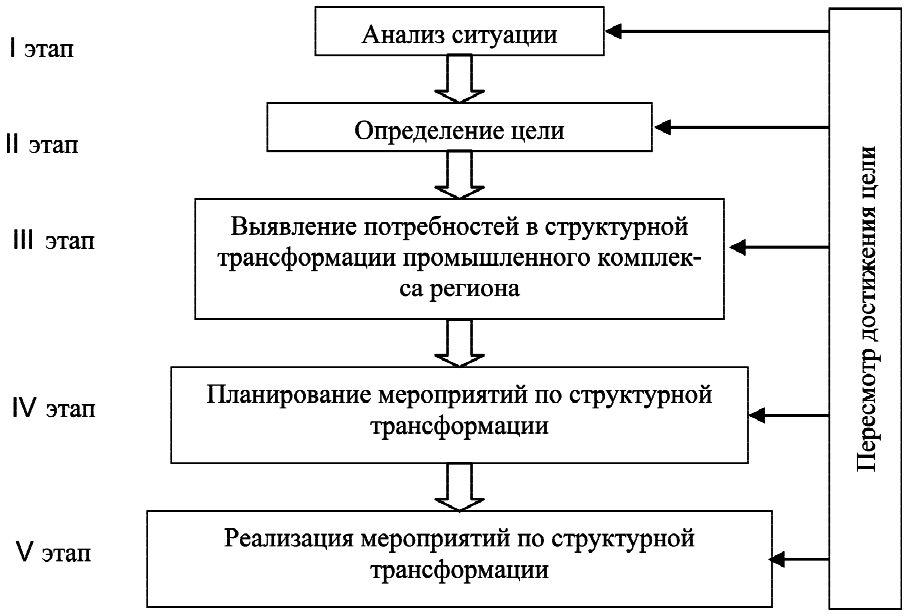


Рис. 1. Процедура разработки стратегии структурной трансформации промышленного комплекса региона

ним из источников финансирования, кроме того, их задачей является выбор региональных приоритетов развития экономики в целом и промышленности в частности. Одной из их функций также остается контроль за реализацией этой программы.

Совет по структурной политике должен играть роль координатора программы по трансформации структуры промышленного комплекса региона, обеспечивая взаимосвязь Правительства края с остальными участниками. Кроме того, Совет оценивает качество и эффективность структурных преобразований.

Непосредственную разработку стратегии по трансформации промышленного комплекса региона производят НИИ, а также высшие учебные заведения края на основе комплексного подхода. Принятие решения о выборе наилучшего продукта должно осуществляться Правительством края и Ассоциацией промышленников и предпринимателей. Финансирование проектов будет входить в обязанности банков, в которых размещены и государственные финансы.

Таким образом, все вышеназванные методы управления промышленным комплексом региона возможно реализовать на основе экономического, финансового и научного сотрудничества Правительства края, Краевой ассоциации промышленников и товаропроизводителей, научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений и финансовых учреждений, которые, ориентируясь на потребности региона и страны, реализуют эти программы. Особенностью данного подхода является то, что каждый из участников проведения политики структурных преобразований должен быть заинтересован в конечном успехе проведения реструктуризации промышленности края.

Библиографический список

1. Бендиков, М. А. Высокотехнологичный сектор промышленности России: состояние, тенденции, механизмы инновационного развития / М. А. Бендиков, И. Э. Фролов; Центр. экон.-мат. ин-т РАН. М. : Наука, 2007.

2. Ламбен, Ж.-Ж. Менеджмент, ориентированный на рынок / Ж.-Ж. Ламбен ; пер. с англ. под ред. В. Б. Колчанова. СПб. : Питер, 2007.

3. Серебряков, Г. Р. Опыт построения динамической межотраслевой равновесной модели российской экономики / Г. Р. Серебряков // Проблемы прогнозирования. 2000. № 2. С. 3–19.

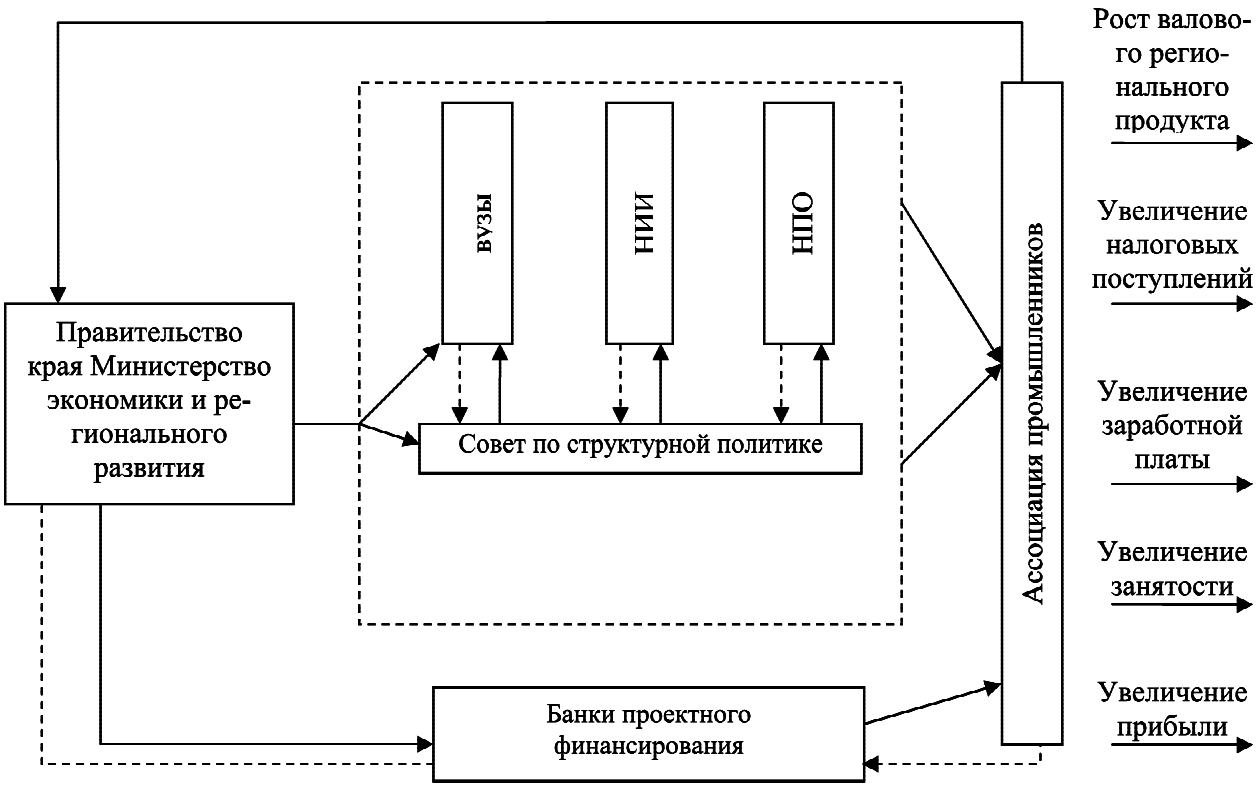


Рис. 2. Схема управления процессами структурных преобразований промышленного комплекса региона

E. V. Kolesov

MANAGEMENT METHODS AN INDUSTRIAL COMPLEX OF THE REGION

Management methods by an industrial complex of the region in modern conditions are considered. The foundation necessity of the structure transformation mechanism of the industrial regional complex in favor of hi-tech technologies as basic management method is proved.

Keywords: management methods, industrial complex, region.

УДК 658.5: 629.78

Г. И. Золотарева, М. В. Полубелова

КОНТРОЛЬ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рассмотрены проблемы контроля производственных затрат предприятий аэрокосмической отрасли. Акцентируется внимание на особенностях деятельности данных предприятий в условиях инновационного развития. Описывается методика контроля производственных показателей, которая подкрепляется описанием особенности деятельности предприятий данного типа, а также факторов, влияющих на уровень производственных затрат. Изложенная методика контроля затрат была апробирована и может быть полезна в практической деятельности организаций.

Ключевые слова: контроль себестоимости, себестоимость продукции.

Основой прочного положения любого предприятия является тщательный учет и контроль затрат, т. е. возможность своевременно и в полном объеме рассчитать себестоимость собственной продукции, выполненных работ, оказанных слуг.

Ключевой задачей эффективного управления деятельностью промышленного предприятия в современных условиях является достижение заданных результатов с использованием оптимального количества ресурсов в условиях ограничений, налагаемых как внешними, так и внутренними факторами. Выполнение этой задачи во многом зависит от организации системы учета и контроля на предприятии, принимаемых управленческих решений, что, в свою очередь, повышает требование к их обоснованности. Руководство должно быть обеспечено информацией не только о текущем состоянии дел, но и прогнозом изменений внутренней и внешней среды при различных вариантах принимаемых решений. Для этой цели необходимы взаимоувязанные методы планирования, учета, контроля и анализа потребляемых ресурсов, соответствующие сложности решаемых задач.

Это особенно важно при изготовлении космических аппаратов, производство которых по сравнению с продукцией других промышленных предприятий имеет ряд особенностей: их уникальность требует постоянных научных разработок, больших финансовых вложений; производственный цикл характеризуется длительностью; сложность производимой техники, состоящей из множества деталей и узлов, специфика ее эксплуатации приводит к повышенному контролю качества используемых элементов и готового изделия в целом, что отражается на объеме потребляемых ресурсов. Инновационный характер производства и уникальность продукции не позволяют в полной мере использовать опыт прошлых лет, что повышает требования к планированию и контролю, их взаимосвязи при обосновании управленческих решений. Для повышения эффективности управления затратами необходимо сопоставить возможности той или иной системы учета и контроля с особенностями, характерными для производства продукции исследуемого предприятия. Для этой цели деятельность предприятия исследуется на предмет следующих характеристик:

– специфики применяемой технологии;

– характерных особенностей выпускаемой продукции;

– особенности экономики и организации производства.

Особенность предприятий-производителей космических аппаратов в отношении применяемой технологии заключается в следующем:

– достаточно высокая конструктивно-технологическая сложность выпускаемых деталей;

– жесткий контроль качества продукции (в том числе входной – для комплектующих изделий);

– значительный удельный вес уникального оборудования;

– наличие спецоборудования и спецоснастки;

– наличие и особо важная роль мощного кранового хозяйства для обеспечения нормального протекания процесса производства;

– сравнительно большая длительность производственного цикла;

– отсутствие опытного образца по выпускаемым изделиям.

Характерной особенностью продукции, изготавливаемой на предприятиях аэрокосмической отрасли, которые относятся к предприятиям инновационного типа, является:

– большая доля научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при изготовлении продукции;

– жесткие требования к соответствию готовых изделий заданным параметрам;

– сравнительно малый объем выпуска одинаковых изделий при относительно большом разнообразии их типов.

Можно выделить основные особенности организации производства предприятий, осуществляющих выпуск инновационной продукции, к которой относятся космические аппараты:

– сравнительно большой удельный вес ручных работ в общей трудоемкости изделий;

– значительная доля опытно-статистических норм на выполнение работ;

– жесткая специализация рабочих мест;

– необходимость содержания спецоборудования;

– длительный цикл производства продукции и, как следствие, высокий уровень незавершенного производства.

Существенное влияние на себестоимость продукции оказывает наличие неопределенности в решении многих

вопросов, таких как уровень цен на ресурсы, соответствующие требуемым качественным параметрам, техническое состояние основных фондов, необходимость жесткого контроля качества продукции.

Предприятия аэрокосмической отрасли, производящие космические аппараты, в силу специфики своей деятельности обладают высоким производственным потенциалом, который в случае единичного производства требует своего постоянного обновления. Кроме того, внедрение новейших технологий является одним из условий развития предприятий такого типа, при этом значительно влияет на изменение себестоимости.

Специфика производства космических аппаратов заключается не только в высокотехнологичной среде, постоянной реорганизации производства и обновлении основных производственных мощностей, но и в постоянном контроле соблюдения технических параметров будущего изделия. Серьезное влияние на уровень производственных затрат оказывают факторы, связанные с потреблением материальных ресурсов, в связи с необходимостью их соответствия заданным техническим параметрам. Для этой цели все материальные ресурсы приобретаются задолго до их непосредственного использования в процессе производства, проходят необходимые испытания, в результате которых часть исходных материалов и комплектующих отбраковывается. Кроме того, с данной особенностью производства связана необходимость содержания большого складского хозяйства, оснащенного соответствующими условиями хранения, а также необходимость закупки большого количества исходных материалов и комплектующих для испытаний.

Для эффективного управления затратами следует выявить и отследить факторы, влияющие на эффективность работы предприятия. Для этого следует изучить:

– особенности формирования затрат и характер производства;

– факторы, влияющие на уровень этих затрат;

– возможность формирования системы контролирующих показателей, максимально точно характеризующих зависимость уровня затрат от влияния выявленных факторов;

– возможность планирования сформированной системы показателей;

– возможность создания системы сбора и контроля фактических данных этих показателей в режиме реального времени.

Конечно, охватить все возможные события, оказывающие влияние на финансово-хозяйственную деятельность предприятий аэрокосмической отрасли, сложно. В основу предлагаемой группировки (рис. 1) положены следующие признаки:

– место возникновения событий (внешние, внутренние);

– объект влияния (материальные, трудовые, финансовые ресурсы, производственные фонды и производственные мощности);

– основные направления воздействия (совершенствование технического уровня производства, организации производства и труда, совершенствование управления).

Далее каждая группа делится на более мелкие по степени влияния и характеру воздействия.

Основные факторы, характерные для предприятий аэрокосмической отрасли, сгруппированные по стадиям производства, представлены в таблице.

Конечно, всю совокупность представленных факторов контролировать экономически нецелесообразно. Поэтому предприятие оценивает возможное влияние каждого фактора, для того чтобы выбрать из их общего количества наиболее значимые, затем осуществляет мониторинг выб-

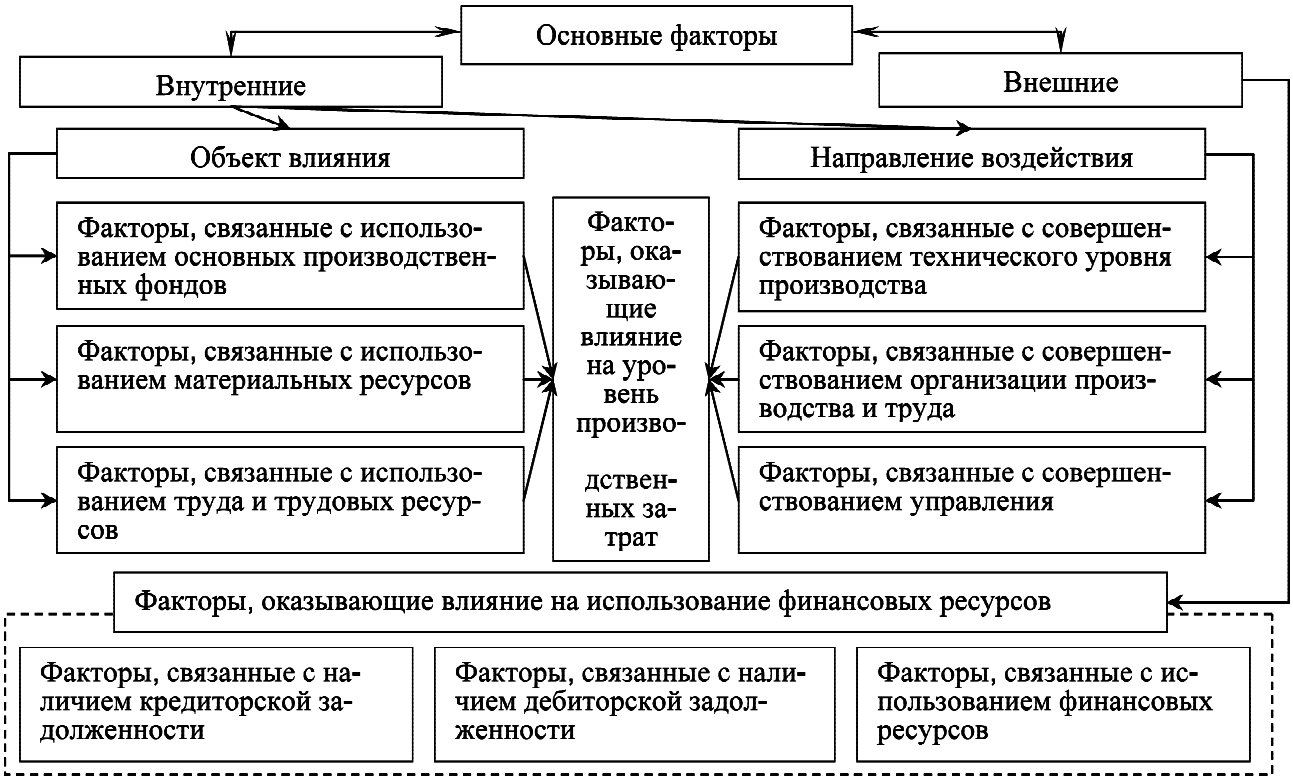


Рис. 1. Основные группы факторов, влияющих на производственные затраты при изготовлении космических аппаратов

ранных показателей. Для этой цели можно использовать методику, учитывающую особенности деятельности предприятий аэрокосмической отрасли (рис. 2).

Вначале определяются вся совокупность влияющих факторов, затем выявляются те, которые необходимо постоянно контролировать. Для их оценки и отбора может использоваться любая методика, но наиболее предпочтительным представляется использование для этой цели модифицированного метода *ABC*-анализа.

Далее формируется система показателей (качественный и количественный состав этих показателей может меняться в зависимости от уровня управления, это позволит проводить мониторинг деятельности предприятия с любой степенью точности, не перегружая отчетность для менеджеров ненужной им информацией). Выявленные показатели распределяются по уровням управления, где будет осуществляться их планирование, контроль и мониторинг.

Затем определяется нормативное значение для каждого из отслеживаемых показателей, подлежащих мониторингу. Для этой цели могут быть использованы плановая цена ресурса, нормы расхода ресурса, а также мультипликаторы (коэффициенты), влияющие на величину затрат. Результатом этого этапа является определение видов нормируемых затрат и формул их расчета.

На следующем этапе определяются допустимые границы изменения показателей, подлежащих мониторингу.

Факторы, влияющие на эффективность работы предприятия

Стадии производства	Факторы, влияющие на эффективность работы предприятия
Снабжение	Цены на различные производственные ресурсы
	Точность прогноза на потребление материальных ресурсов
	Качество получаемых материальных ресурсов
	Ритмичность поставки материалов
	Уровень обеспеченности основными производственными ресурсами
	Количество и удаленность поставщиков, с которыми работает предприятие
	Ассортимент и общее количество запасов
	Технологические характеристики складских помещений
	Характеристика транспортных перевозок
Производство	Степень загрузки производственных мощностей
	Соблюдение норм расхода производственных ресурсов
	Уровень производительности труда
	Уровень брака
	Длительность производственного цикла
	Уровень отходов и потерь материалов
	Соответствие профессионального уровня сотрудников предъявляемым требованиям
	Уровень износа основных производственных фондов, технического состояния оборудования
	Используемые технологии
	Уровень материалоемкости, энергоемкости, наукоемкости, трудоемкости, фондоемкости продукции
	Уровень требуемого качества продукции
Управление	Уровень потерь рабочего времени (простои, аварии)
	Организация труда
	Наличие нарушений хозяйственной дисциплины
	Уровень соответствия мощности производства и спроса
	Уровень обеспеченности предприятия основными фондами
	Степень соответствия структуры предприятия и управления
	Степень централизации (децентрализации) управления
	Условия труда, уровень его автоматизации
	Уровень качества управления
Финансы	Финансовое состояние предприятия
	Изменение ставок налогов
Вспомогательное производство	Соблюдение норм расхода запасных частей и ремонтных материалов
	Стоимость переналадки производственных мощностей
	Длительность межремонтного цикла
	Степень изношенности основных фондов и инструментов
	Масштабы изготовления однотипной продукции и степень ее новизны
	Ввод в эксплуатацию нового оборудования
	Объем и сложность ремонтных работ
	Вид и полнота использования транспортных средств
Сбыт	Степень риска невостребованности продукции
	Точность прогноза в отношении спроса на продукцию
	Процент выполнения договорных обязательств
	Уровень эластичности спроса
	Уровень инфляции
	Уровень конкурентоспособности продукции
	Наличие внутреннего спроса
	Соответствие объема производства продукции платежеспособному спросу и рынкам сбыта

Далее осуществляется мониторинг выделенных показателей с целью определения отклонений. Выявленные отклонения исследуются на предмет их значимости. Для заданной категории отклонений (например, превышающих допустимые границы, имеющих системный характер или тенденцию к ухудшению ситуации, прогноз развития которой говорит о скором превышении допустимых границ) выясняют причины изменения показателя, анализируют факторы, влияющие на него. В дальнейшем, в отношении данных затрат принимаются необходимые в этом случае управленческие решения по ликвидации негативных последствий. Для этого разрабатываются мероприятия, которые позволят вывести значение проблемных показателей на нормативный уровень. Все остальные отклонения не анализируются, продолжается дальнейший мониторинг контролируемых показателей.

Вследствие сложности и разнообразия технологических операций, выполняемых в процессе производства космических аппаратов, постоянного совершенствования конструкторско-технологической документации, производимого в ходе выполнения заказа, к системе показателей производственных затрат, предназначенной для планирования и контроля, предъявляются очень высокие требования.

При этом следует принимать во внимание огромное количество возможных расходов, нуждающихся в строгом контроле. При существующей системе учета контролировать все затраты по изготовлению космических аппаратов нецелесообразно, поэтому для сокращения контролируемых показателей рекомендуется разделить формирующуюся информацию о затратах по степени важности на существенную (принимаемую в расчет) и несущественную. Декомпозиция заказа для этой цели производится по следующим направлениям: себестоимости отдельных конструкторских узлов (деталесборочных единиц (ДСЕ), отдельных операций), уровню готовности, характеру информации о затратах, уровню управления. Это позволяет систематизировать затраты, нуждающиеся в

Рис. 2. Алгоритм мониторинга производственных затрат

разной степени контроля, выделив при этом те, которые имеют вероятностно-неопределенный характер, определить и систематизировать факторы, оказывающие влияние на их изменение, сформировать систему контролируемых показателей.

Предлагаемая группировка позволяет определить себестоимость заказа и конструкторского узла, деталесборочной единицы и отдельной операции, рассчитать количество потребляемых ресурсов в целом и на каждом этапе, выделить контролируемую информацию.

Самой большой проблемой здесь является множество технологических операций, затраты по которым попадают в зону контроля. При этом следует учитывать, что в ходе выполнения заказа должны строго соблюдаться основные его параметры: сроки изготовления космического аппарата, плановая себестоимость выполнения заказа и требуемые заказчиком технические характеристики.

Для решения данной проблемы следует принимать во внимание определенную цикличность выполнения основных операций в процессе производства. Как правило, это сборка многочисленных составных частей в установленном технологией порядке. Наличие в процессе производства однотипных операций, которые представляют собой законченное действие или ряд связанных между собой действий (часть технологического процесса) аналогичного типа, выполняемых на одном рабочем месте и направленных на решение определенной одинаковой задачи, позволяет сгруппировать затраты, обеспечив полноценный контроль за производимыми расходами и сократить объем предстоящих работ. Кроме того, изготовление космического аппарата можно подразделить на этапы, итогом которых является законченные и готовые к дальнейшему использованию конструкторские узлы (деталесборочные единицы), что позволяет разделить производство всего аппарата на уровни готовности отдельных его частей. На каждом уровне изготовления изделия (соответствующем определенному циклу выполнения операций) объект сборки усложняется, превращаясь из одной деталесборочной единицы (например А-10000) в отдельные законченные деталесборочные единицы другого уровня (например Б-10000), заканчиваясь готовым изделием. При этом на всех этапах производственного процесса идет очень строгий контроль качества промежуточных конструкторских узлов (деталесборочных единиц). Данный контроль осуществляется в процессе испытаний. Далее полученные результаты анализируются на предмет соответствия полученных результатов заданным техническим характеристикам. В случае если требуются конструкторские изменения какого-либо узла, то данная ДСЕ разбирается, и процесс производства возвращается на прежний уровень (рис. 3).

При выполнении каждой однотипной операции потребляются определенные ресурсы – материальные, трудовые, энергетические и т. д., количественные и качественные (а значит и цена) характеристики которых могут быть разными.

Серьезные трудности при планировании производственных затрат вызывает необходимость полного расчета плановых показателей на весь производственный цикл с учетом неопределенности, возникающей из-за неотработанной технологии производства.

Предлагаемые методы планирования, учета и контроля затрат позволяют учитывать необходимость приобретения комплектующих, приборов, различных деталей задолго до их непосредственного использования в процессе производства, большое количество технологических операций, длительность производственного цикла, ограниченность имеющихся ресурсов. В тоже время, в условиях многократно повторяемых процедур сборки-разборки-проверки узлов (деталесборочных единиц) на соответствие необходимым техническим характеристикам, выявляются отклонения фактических затрат и сроков выполнения операций от запланированных. Поэтому на предприятиях ракетно-космического комплекса при производстве космических аппаратов рекомендуется использовать данную структуру информационной базы производственных затрат, позволяющую связать все контролируемые параметры выполнения заказа в процессе производства: затраты по каждой операции и по всему изделию в целом, соблюдение установленных сроков всего процесса производства.

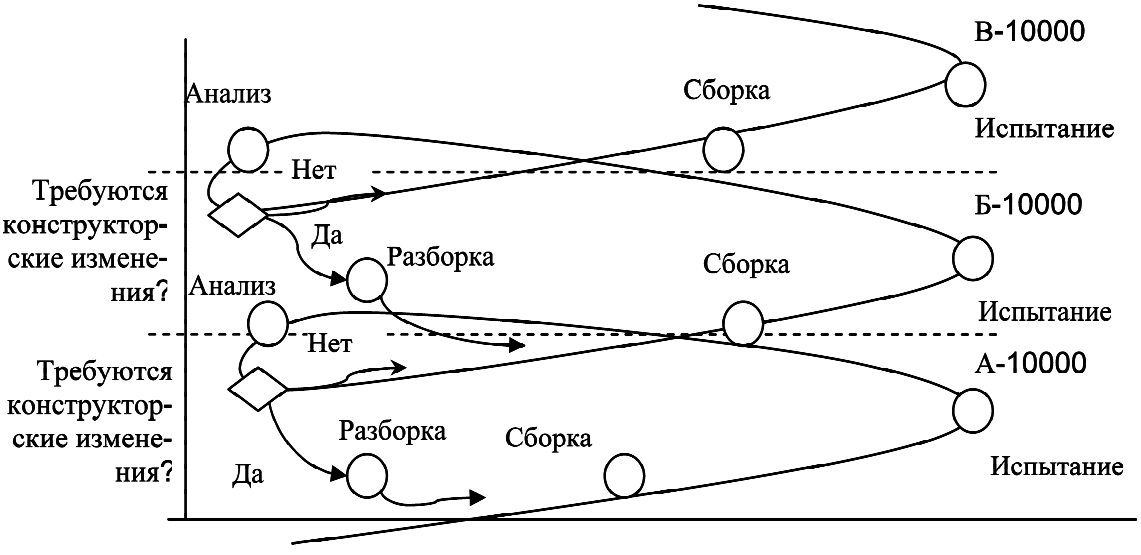


Рис. 3. Разделение процесса производства изделия на однотипные операции (уровни сборки, циклы)

Применение данной методики контроля производственных затрат позволяет оперативно отслеживать любые изменения в деятельности предприятия, своевременно принимать управленческие решения, направленные на улучшение результативности деятельности предприятия.

G. I. Zolotaryova, M. V. Polubelova

THE CONTROL OF THE PRODUCTION COST PRICE IN THE INNOVATIVE ACTIVITY CONDITIONS

Considers the problems of industrial expenses control of the space branch enterprises. The attention is focused on the features of the enterprises activity in the innovative development conditions. The paper gives the methods description about the industrial indicators control. This method is supported with the description of the peculiarity type enterprise activity as well as the factors influencing the level of industrial expenses. The method of expenses control discussed in the paper has been approved and can be useful in organization' practice.

Keywords: cost price control, production cost price.

УДК 336.581 (075.8)

М. А. Будылин

ТЕОРИЯ РЕАЛЬНЫХ ОПЦИОНОВ В ОЦЕНКЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Рассматриваются подходы к оценке эффективности инвестиционных проектов, включающих последовательные улучшающие инновации. Обосновывается выбор методологии реальных опционов для оценки таких проектов и демонстрируется ее применение на примере реального опциона на отказ от продолжения проекта.

Ключевые слова: реальные опционы, оценка, инвестиционные проекты, инновации.

По уровню новизны различают два типа инноваций – радикальные (базисные) и улучшающие инновации. Радикальные инновации направлены на освоение новых поколений машин и материалов, принципиально новой техники и технологии, создают такие значительные изменения в процессах, продуктах или услугах, которые приводят к трансформации существующих рынков или отраслей или же создают новые рынки и отрасли. Улучшающие инновации направлены на эволюционное улучшение свойств и параметров процессов, продуктов или услуг, служат распространению и совершенствованию освоенных поколений техники и технологии, созданию новых моделей машин и разновидностей материалов, улучшению параметров производимых товаров, услуг и технологий их изготовления [1]. Отличительной особенностью большинства инновационных проектов является постоянное улучшение инновационного продукта (т. е. улучшающие инновации), что позволяет выделить отдельные поколения развития технологии. Во многих проектах инновационный продукт одного поколения рассматривается как платформа (база) для будущего поколения инновационных продуктов. Предлагается подход к оценке инновационных проектов, для которых рынок сбыта ограничен (т. е. спрос задается определенными рамками, что характерно для ряда инновационных отраслей) и существует конкуренция. Наличие конкуренции является важным фактором, так как именно конкуренция заставляет производителя постоянно выводить инновационные продукты на рынок.

Предположим, что существует компания, которая через одинаковые промежутки времени t планирует запускать на рынок инновационные продукты $P_t = 1, \ldots, T$, где T – время жизни технологии. При этом каждый из последующих продуктов P_{t+1} является усовершенствованием предыдущего P_t, и с началом производства продукта нового поколения P_{t+1} производство продукта предыдущего поколения P_t прекращается. Первоначальные инвестиционные затраты на выпуск каждого продукта P_t составляют I_{t-1}, а чистый поток от реализации одного продукта составляет C_t. Одним из основных факторов неопределенности для компании является спрос на продукцию в каждом из периодов x_t, при этом известно, что спрос при благоприятном стечении обстоятельств составляет x_t^+, при негативном развитии событий – x_t. В первом периоде вероятность высокого спроса составляет q_1, вероятность низкого – $(1 - q_1)$. Для последующих периодов действуют следующие условия:

– если спрос на продукт P_t был высоким, то вероятность высокого спроса и на продукт P_{t+1} составляет q_{t+}, и с вероятностью $(1 - q_{t+})$ он будет низким.

– если спрос на продукт P_t был низким, то вероятность высокого спроса для продукта P_{t+1} составляет q_{t-}, и с вероятностью $(1 - q_{t-})$ он будет низким.

На основе вышеизложенных данных можно построить следующее дерево потоков (рис. 1).

Согласно методу *NPV*, для определения целесообразности реализации проекта необходимо определить денежные потоки для каждого из периодов с учетом вероятностей, например ожидаемый денежный поток периода 2

$$f_2 = q_1(q_2^+ \cdot (c_2 \cdot x_2^+ - I_2) + (1-q_2^+) \cdot (c_2 \cdot x_2^- - I_2)) + \\ +(1-q_1) \cdot (q_2^+ \cdot (c_2 \cdot x_2^+ - I_2) + (1-q_2^+) \cdot (c_2 \cdot x_2^- - I_2)). \quad (1)$$

После этого каждый из ожидаемых денежных потоков f_t необходимо привести к начальному периоду времени по ставке дисконтирования k (при этом k задается извне как ожидаемая норма доходности по альтернативным вложениям). Формула *NPV* выглядит следующим образом:

$$NPV = \sum_{t=0}^{T} \frac{f_t}{(1+k)^t}. \quad (2)$$

Проект принимается, если $NPV \geq 0$ и отклоняется, если $NPV < 0$.

Вместе с тем главный недостаток метода *NPV* заключается в том, что он не учитывает возможность руководства проекта в ходе его реализации проекта вносить изменения, например, расширить или сократить производственные мощности, приостановить проект с последующим возобновлением деятельности, прекратить осуществление проекта и пр. Реализация этих мер положительным образом влияет на *NPV* и снижает риск проекта. Для проектов, предусматривающих постоянное обновление, к управленческим решениям могут относиться меры по выбору оптимального момента времени для вывода нового продукта на рынок, переключение между разными технологиями и пр. [2; 3; 4]. Стратегическая чистая приведенная стоимость проекта NPV^* состоит из двух слагаемых:

1) чистая приведенная стоимость проекта без учета возможностей внесения изменений (*NPV*);

2) стоимость опционов проекта *ROV*.

Формула для стратегического (расширенного) чистого приведенного значения выглядит следующим образом:

$$NPV^* = NPV + ROV. \quad (3)$$

Рассмотрим возможность прекращения проекта на примере дерева принятия решений (рис. 1). Анализ дерева принятия решений необходимо начинать с конца дерева. Имеет смысл отказаться от реализации проекта, если приведенные потоки денежных средств меньше, чем инвестиционные затраты, т. е.

$$I_{t-1} < \frac{q_t \cdot x_t^+ + (1-q_t) \cdot x_t^-}{1+k}. \quad (4)$$

Данную проверку необходимо осуществить в каждом из узлов дерева принятия решения, двигаясь справа налево с конца дерева (периода T) до его начала. В каждом узле при этом необходимо суммировать денежные потоки периода и приведенные к этому периоду значения будущих потоков. Дерево потоков трансформируется в следующее дерево ценности (рис. 2).

В результате проведенного анализа, экономические неэффективные ветки дерева будут урезаны, что приводит к модифицированному дереву потоков, например, следующего вида (рис. 3).

Согласно методу дерева принятия решений *DTA*, для модифицированного дерева потоков составляются ожидаемые денежные потоки f_t', которые затем дисконтируются к начальному моменту времени по ставке k. То есть:

$$NPV_{DTA} = \sum_{t=0}^{T} \frac{f_t'}{(1+k)^t}, \quad (5)$$

при этом $NPV_{DTA} \geq NPV$.

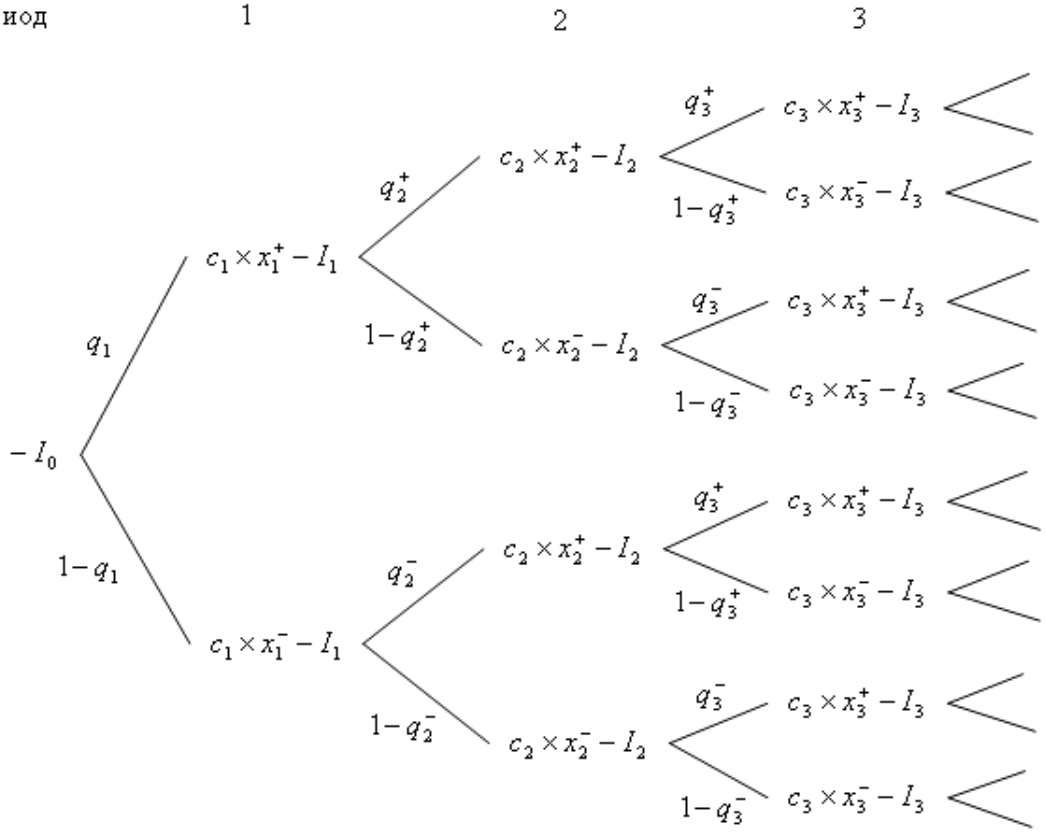


Рис. 1. Дерево потоков для последовательных инновационных проектов

Недостатком метода дерева принятия решений *DTA* является то, что он не дает никаких указаний по корректировке ставки дисконтирования проекта в связи с уменьшением риска за счет исключения из расчета неэффективных сценариев развития. Для решения данной проблемы можно воспользоваться методом реальных опционов *ROA*, который позволяет не только учесть возможность принятия гибких управленческих решений, но и скорректировать ставку в соответствии с теорией финансовых опционов [3; 4].

Рассмотрим следующий числовой пример. Компания планирует вывести на рынок два последовательных продукта P_1 и P_2. Инвестиционные затраты на запуск продукта P_1 составляют 1000 у. е., на запуск продукта P_2 – 2000 у. е. При благоприятном спросе денежные потоки продукта P_1 составят 700 у. е., при неблагоприятном 300 у. е., для продукта P_2 – 5 500 у. е. и 2 000 у. е. соответственно. Вероятность благоприятного спроса для продукта P_1 составляет 50 %, неблагоприятного 100 – 50 = 50 %. Вероятность спроса на продукт P_2 зависит от спроса на продукт P_1. Если спрос на продукт P_1 был высоким, то вероятность высокого спроса на продукт P_2 составляет 80 % (вероятность низкого спроса 100 – 80 = 20 %). Если спрос на продукт P_1 был низким, то вероятность высокого спроса на продукт P_2 составляет 30 % (вероятность низкого спроса 100 – 30 = 70 %). Ставка дисконтирования для проектов данной отрасли k составляет 30 %, безрисковая ставка r составляет 10 %. Дерево потоков проекта можно представить в следующем виде (рис. 4).

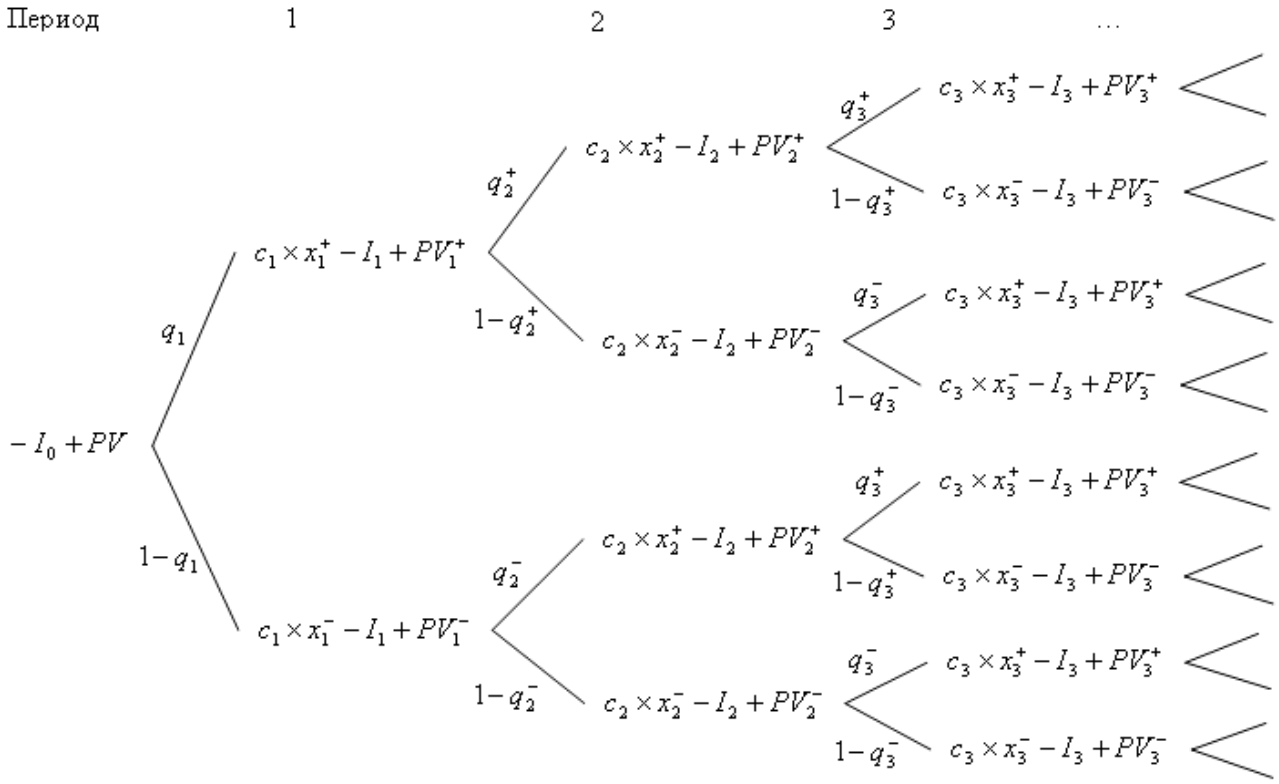


Рис. 2. Дерево ценности для последовательных инновационных проектов

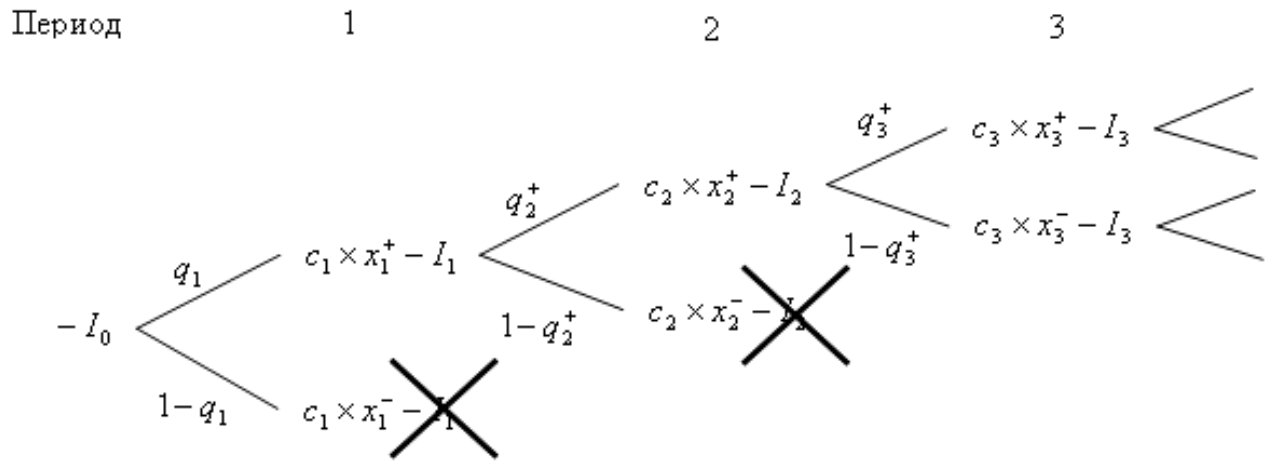


Рис. 3. Модифицированное дерево потоков
для последовательных инновационных проектов

Оценивая проект с помощью критерия *NPV*, можно прийти к выводу, что проект неэффективный:

$$NPV = -1\,000 + \frac{0,5\cdot(-1300)+0,5\cdot(-1\,700)}{1+0,3} + \frac{0,5\cdot(0,8\cdot 5\,500+0,2\cdot 1\,000)+0,5\cdot(0,3\cdot 5\,500+0,7\cdot 1\,000)}{(1+0,3)^2} = -98 \quad (6)$$

Для учета возможности прекращения проекта построим дерево ценности (рис. 5).

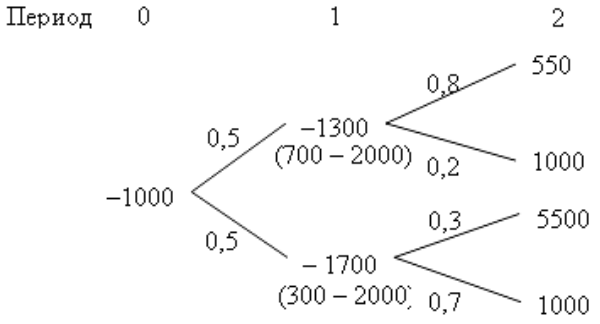


Рис. 4. Дерево потоков для компании

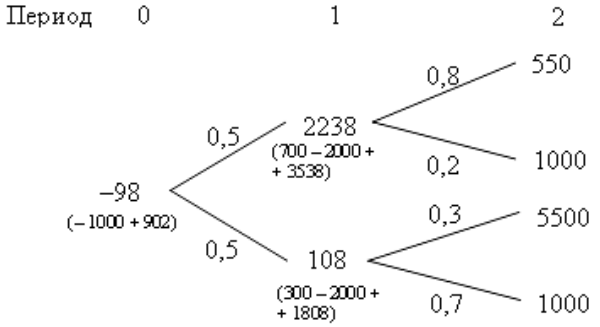


Рис. 5. Дерево ценности для компании

Анализируя дерево ценности можно сделать вывод, что при низком спросе на продукт P_1 инвестировать в продукт P_2 неэффективно, так как чистая приведенная стоимость такого проекта отрицательная ($NPV_1^- = -I_1 + PV_1^- = -2\,000 + 1\,808 = -192$ у. е.). Модифицированное дерево потоков с учетом прекращения проекта при низком спросе на продукт P_1 будет выглядеть следующим образом (рис. 6).

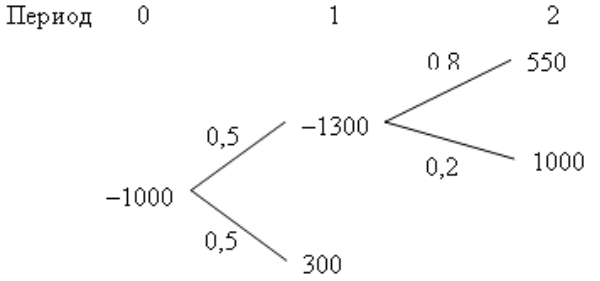


Рис. 6. Модифицированное дерево потоков для компании

Чистая приведенная стоимость по методу дерева принятия решений (*DTA*) составит

$$NPV_{DTA} = -1000 + \frac{0,5\cdot(-1300)+0,5\cdot 300}{1+0,3} + \frac{0,5\cdot(0,8\cdot 5500+0,2\cdot 1000)}{(1+0,3)^2} = -24 \text{ у. е.} \quad (7)$$

Стоимость опциона в этом случае составляет

$$ROV_{DTA} = -24 - (-98) = 74 \text{ у. е.} \quad (8)$$

Вместе с тем, несмотря на то, что риск проекта был снижен за счет уменьшения разброса приведенных значений, ставка дисконтирования осталась неизменной. Чтобы откорректировать ставку дисконтирования, необходимо воспользоваться теорией реальных опционов и риск-нейтральным подходом. Риск-нейтральный подход предполагает определение риск-нейтральных вероятностей для потоков проекта, для того чтобы появляющуюся в результате управленческой гибкости дополнительную ценность проекта (так как эта ценность не несет в себе дополнительного риска) можно было дисконтировать по безрисковой ставке. На рис. 7 видно, что приведенная стоимость потоков в период 0 составляет 902 ($S = 902$) и получается взвешиванием стоимости проекта в период 1 по фактическим вероятностям в случае благоприятного ($S^+ = 2\,238$) и неблагоприятного ($S^- = 108$) развития событий и дисконтированием полученного результата по ставке 30 %.

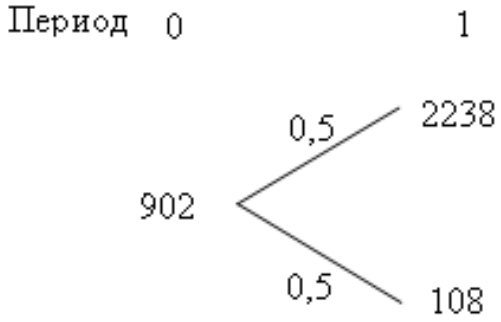


Рис. 7. Приведенные стоимости проекта при фактических вероятностях

Риск-нейтральные вероятности рассчитываются по следующим формулам:

$$p = \frac{1+r-d}{u-d}, \quad (9)$$

где $u = S^+/S$, $d = S^-/S$.

В приведенном выше примере $u = 2\,238/902 = 2,48$; $d = 108/902 = 0,119$; $p = (1 + 0,1 - 0,119)/(2,48 - 0,119) = 0,415$, или 41,5 %.

Таким образом, приведенная стоимость проекта при риск-нейтральных вероятностях будет выглядеть следующим образом (рис. 8).

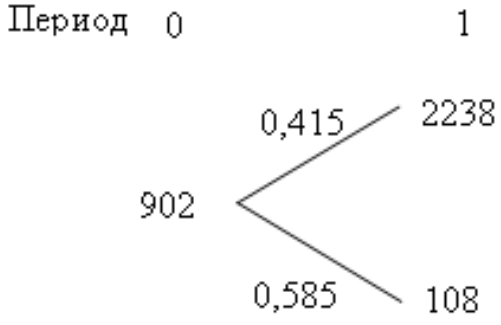


Рис. 8. Приведенная стоимость проекта при риск-нейтральных вероятностях

Стоимость опциона на прекращение проекта приведена на рис. 9.

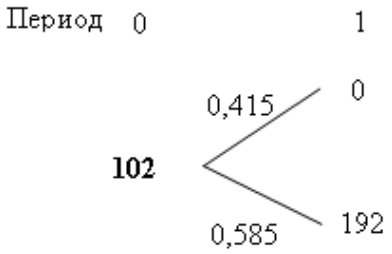


Рис. 9. Стоимость реального опциона на прекращение проекта

Таким образом, $NPV_{ROA} = NPV + ROV_{ROA} = -98 + 102 = 4$ у. е.

Сравнение результатов оценки последовательных инновационных проектов приводится в таблице ниже.

Таким образом, классический критерий оценки инвестиционных проектов *NPV* свидетельствует о том, что проект экономически неэффективен. Вместе с тем в проекте заложена возможность отказа от продолжения выпуска продукта P_2 в случае низкого спроса на продукт P_1. Существует два способа оценки данной возможности прекращения проекта (реального опциона на отказ): метод дерева принятия решений и метод реальных опционов. Метод дерева принятия решений занижает стоимость опциона, так как не учитывает изменение риска проекта. Дисконтирование потоков проекта производится по стоимости капитала проекта $k = 30$ %. Приведенная стоимость опциона в этом случае составляет 74 у. е., а расширенное *NPV* равно –24 у. е. Метод реальных опционов учитывает уменьшение риска проекта путем использования риск-нейтральных вероятностей и дисконтирования по безрисковой ставке процента $r = 10$ %. Определенная в соответствии с методом реальных опционов стоимость опциона на отказ составляет 102 у. е. и приводит к тому, что стратегическая чистая приведенная стоимость проекта становится положительной (*NPV* = 4 у. е.) и, следовательно, проект можно рекомендовать к реализации.

Сравнение результатов оценки последовательных инновационных проектов, полученных различными методами

Критерий оценки	Традиционный метод *NPV*	Метод дерева принятия решений	Метод реальных опционов
Традиционное *NPV*	–98	–98	–98
Стоимость реального опциона на прекращение проекта *ROV*	–	74	102
Расширенное (стратегическое) *NPV*	–	–24	4

Библиографический список

1. Фатхутдинов, Р. А. Инновационный менеджмент / Р. А. Фатхутдинов. СПб. : Питер, 2007.

2. Лимитовский, М. А. Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках / М. А. Лимитовский. М. : Юрайт, 2008.

3. Copeland, T. E. Making real options real / T. E. Copeland, P. T. Keenan // The McKinsey Quarterly. 1998. № 2. P. 129–141.

4. Trigeorgis, L. Real Options, Managerial flexibility and strategy in resource allocation / L. Trigeorgis. The MIT Press, 2000.

M. A. Budylin

THE THEORY OF REAL OPTIONS IN THE ESTIMATION OF CONSECUTIVE INNOVATIVE PROJECTS

The approaches to the efficiency estimation of the investment projects including sequential improving innovations are considered. The c methodology choice of real options for an estimation of such projects is proved, and its application on an example of the abandon option is shown.

Keywords: real options, estimation, investment projects, innovations.

УДК 65.011.56, 65.012.226

А. А. Городилов, М. П. Головин, М. М. Колегова

О СТРУКТУРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ПРОФОБРАЗОВАНИЕ»

Рассмотрены современные подходы к построению информационных систем, показано их применение при построении автоматизированной информационной системы «Профобразование».

Ключевые слова: профобразование, показатели, структурные и информационные системы, построение.

В настоящее время происходит массовое внедрение автоматизированных информационных систем (АИС) обработки данных в различных организациях. Это связано с ужесточением требований к оперативности и качеству обрабатываемой информации. Такие информационные системы позволяют организовать процесс обработки данных более качественно. Это особенно важно для принятия эффективных управленческих решений при наличии переходных процессов, так как обеспечивается оперативный мониторинг. Подобный процесс идет и в Красноярском крае.

Интенсивно происходит переход учреждений профессионального образования различного уровня на автономное управление. За эффективность этого процесса отвечает Министерство образования и науки Красноярского края (далее – Министерство). Анализ документации о состоянии и деятельности образовательных учреждений, предоставленной Министерством, показал, что объем статистической информации, проходящей через Министерство, составляет свыше 6 000 документов или свыше 1 000 000 заполняемых полей в год.

Чем больше количество заполняемых полей, тем выше вероятность ошибки в данных. В том случае если требуется перепроверка данных, то их аналитическая обработка, объем информации и, соответственно, нагрузка на сотрудников Министерства удваивается. Перевод учреждений профессионального образования на автономное функционирование потребует:

– расширения системы показателей, характеризующих деятельность учебных заведений;

– введения систем показателей, описывающих взаимодействие НПО, СПО, ВПО с региональным рынком труда и социальной сферой;

– разработки новых и внедрения уже известных аналитических процедур для обеспечения стратегического планирования управленческих процессов.

Следовательно, потребность в автоматизации информационных процессов образовательного пространства становится доминирующей на этапе подготовки региональных управленческих структур к переводу учреждений профессионального образования в новые организационные формы. Такой вывод подтверждается активизацией деятельности по созданию автоматизированных информационных систем, позволяющих осуществлять мониторинг образовательного пространства, в подавляющем большинстве регионов Российской Федерации [1–10].

В данной работе рассматриваются проблемы организации принципов построения информационного обеспечения, перехода учреждений профессионального образования в автономное функционирование.

В настоящее время самой распространенной методологией разработки является Rational Unified Process (RUP) – рациональный унифицированный процесс разработки [11]. Эта методология успешно используется при разработке программного обеспечения, используемого в различных областях деятельности человека [12]. Методология RUP рекомендует использование итеративного процесса разработки программного обеспечения, когда система реализуется не полностью к концу срока разработки, а на каждой итерации реализуется некое подмножество требований к системе, пока не будет полностью реализована вся система. При этом каждая итерация содержит в себе все обычные фазы жизненного цикла программного обеспечения – анализ, проектирование, реализацию и тестирование.

Поскольку АИС «Профобразование» реализуется для обеспечения принятия решений при переходе учреждений профессионального образования в новые организационные формы, необходимо, чтобы создаваемая система была полностью адекватна реальному бизнес-процессу. Любой бизнес-процесс состоит из заданного множества подпроцессов, выполняемых последовательно или параллельно, поэтому согласно RUP необходимо разделить информационную систему на несколько подсистем, каждая из которых будет реализовывать свою часть бизнес-процесса.

Исходя из сказанного выше, разработку АИС «Профобразование» необходимо вести, используя итеративный процесс, разделив систему на несколько подсистем, показанных на рисунке.

Изложенный подход имеет следующие достоинства:

– разработка системы может идти параллельно, поскольку подсистемы связаны друг с другом структурой данных, единой для всей системы, и их разработку можно поручить нескольким коллективам разработчиков;

– каждая созданная итерация позволяет реализовать весь бизнес-процесс и выявить ошибки и пожелания пользователей на ранних стадиях процесса разработки, что позволит сократить срок разработки АИС и в большей степени удовлетворить требования пользователей к информационной системе;

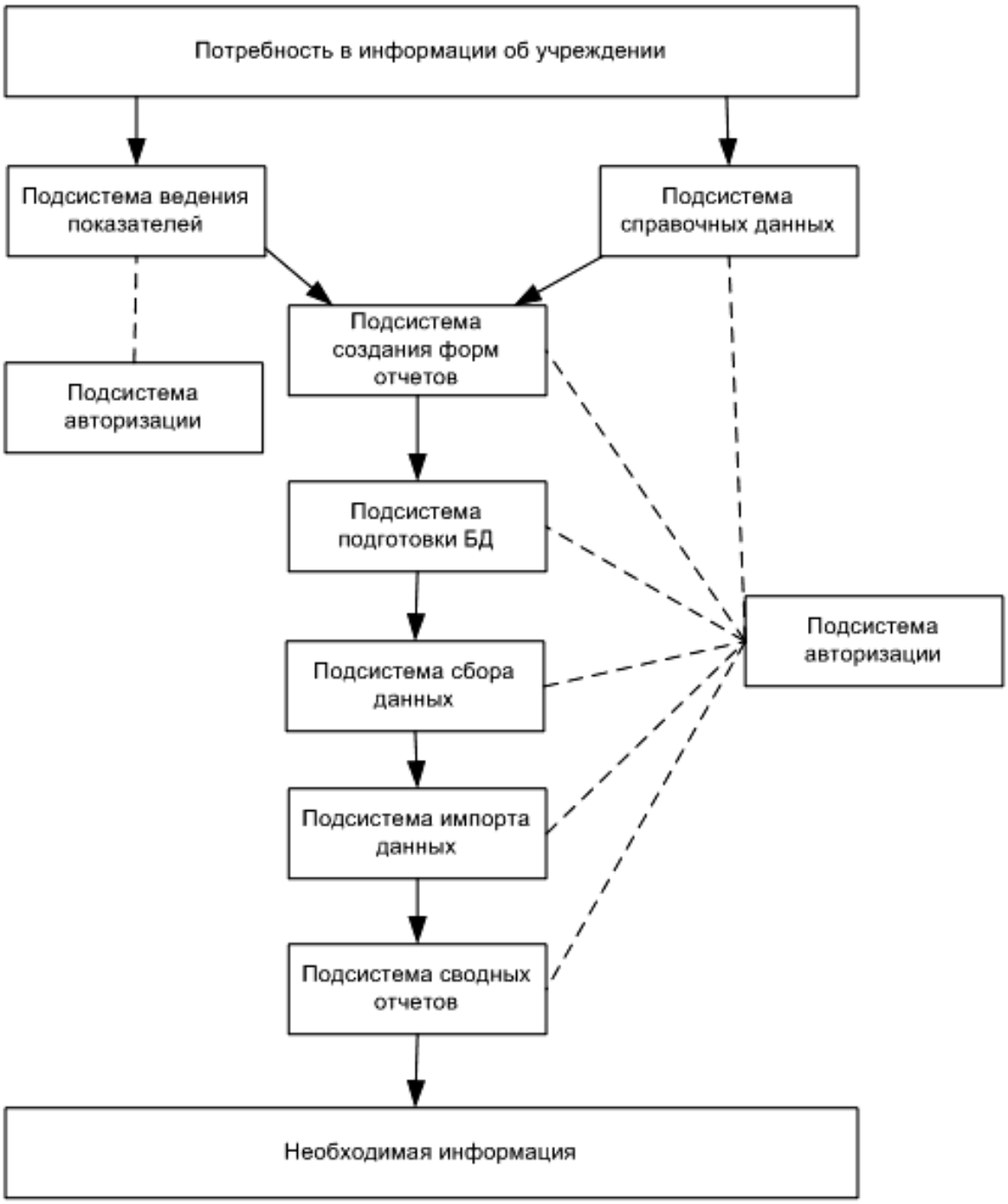
– организация, для которой разрабатывается система, может изучить свои бизнес-процессы на первой же итерации создания программного продукта, чтобы оптимизировать сами бизнес-процессы и улучшить функциональность и качество АИС.

Итеративный процесс разработки системы, реализуемый в структурировании ее как совокупности подсистем, приводит к специализации последних.

Подсистема ведения показателей предназначена для создания и редактирования набора показателей. Показатель в данном случае – это количественная характеристика объекта. Показатель представляет собой иерархическую структуру и может носить произвольный характер. Эта подсистема позволяет реализовать концепцию «Корпоративного каталога показателей» [13], хранящего в себе основные термины предметной области (в данном случае это количественные характеристики образовательных учреждений).

Подсистема справочных данных предназначена для обеспечения работы со справочными данными, которые представляют собой простые и связанные справочники. Подсистема позволяет создавать неограниченное количество справочников, имеющих структуры любой сложности.

Подсистема создания форм отчетов предназначена для создания форм отчетов и соответствующих им шаблонов в формате Microsoft Excel. Отчет представляет собой совокупность показателей и справочников и отражает фактографические данные о деятельности учреждений, т. е. данные об изменении состояния учреждения за определенный период. Эта подсистема включает «мастер» создания форм отчетов различных типов и различного уровня сложности. В настоящее время подсистема реализует все формы отчетов, используемые в Министерстве, но и она имеет функционал, позволяющий оперативно реагировать на изменения требований к форме или содержанию отчетов.



Структура АИС «Профобразования»

Подсистема подготовки баз данных обеспечивает создание шаблонов баз данных для их рассылки в учреждения профессионального образования с целью сбора данных.

Подсистема сбора данных предназначена для автоматизации процесса ввода данных и их проверки на рабочих местах (первый уровень проверки корректности данных) учреждений профессионального образования и передачи этих данных в единую базу Министерства.

Подсистема импорта данных предназначена для интерактивной загрузки данных из баз данных, хранящих информацию, передаваемую учреждениями в Министерство. При загрузке данных подсистема импорта проверяет данные на их правильность и целостность (второй уровень проверки данных).

Подсистема сводных отчетов предназначена для создания сводных отчетов. Используя функции этой подсистемы, пользователь имеет возможность создавать отчет по выбранным учреждениям, выбранным показателям за любой период и промежуток времени (месяцы, кварталы, года) в соответствии с частотой сбора данных по выбранным показателям.

Подсистема авторизации предназначена для настройки прав доступа к различным функциям системы на всех этапах бизнес-процесса. Все другие подсистемы используют подсистему авторизации для настройки прав доступа к функциям системы.

Разделение АИС «Профобразование» именно на этот набор подсистем вызвано тем, что данные предметной области необходимо было логически разделить на показатели (подсистема ведения показателей), справочники (подсистема ведения справочных данных), отчеты (подсистема формирования отчетов) как совокупность справочников и показателей, а также обусловлено требованиями к функциональности распределенной информационной системы (подсистема подготовки данных, подсистема сбора данных, подсистема импорта данных, подсистема формирования сводных отчетов). Подсистема авторизации ограничивает доступ к информации согласно роли, которою выполняет пользователь в системе на всех этапах бизнес-процесса.

Использование технологий планирования и управления потоками работ, итеративного процесса разработки приложения, а также разделение системы на подсистемы позволили создать и внедрить АИС «Профобразование» в заданные сроки. Эта система введена в эксплуатацию в Министерстве с сентября 2007 г.

Библиографический список

1. Официальный сайт Департамента образования Кемеровской обл. [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.edu.kem.ru. Загл. с экрана.

2. Официальный сайт Департамента образования Сахалинской обл. [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.dosakh.ru. Загл. с экрана.

3. Официальный сайт Законодательного собрания Свердловской обл. [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://duma.midural.ru. Загл. с экрана.

4. Официальный сайт Министерства образования Оренбургской обл. [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.minobr.orb.ru. Загл. с экрана.

5. Официальный сайт Министерства общего и профессионального образования Свердловской обл. [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.minobraz.ru. Загл. с экрана.

6. Официальный сайт Новгородского регионального центра развития образования [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://method.novgorod.rcde.ru. Загл. с экрана.

7. Официальный сайт территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Архангельской обл. [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.arhangelskstat.ru. Загл. с экрана.

8. Официальный сайт Управления образования Камчатской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.kamchedu.ru. Загл. с экрана.

9. Региональный портал «Образование и наука Самарской области» [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.samara.edu.ru/portal. Загл. с экрана.

10. Сайт НИИ развития профессионального образования департамента образования г. Москвы [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.mosniirpo.ru. Загл. с экрана.

11. Крачтен, Ф. Введение в Rational Unified Process / Ф. Крачтен. М. : Вильямс, 2002.

12. Сайт компании IBM, посвященный технологии RUP. [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www-01.ibm.com/software/rational. Загл. с экрана.

13. Шовкун, А. В. Построение корпоративной информационно-аналитической системы в условиях постоянно изменяющегося бизнеса / А. В. Шовкун // Научно-техническая информация. Серия 1. М. : ВИНИТИ, 2004. № 9. С. 1–6.

A. A. Gorodilov, M. P. Golovin, M. M. Kolegova

ABOUT THE STRUCTURE OF AUTOMATIC INFORMATIONAL SYSTEM «PROFOBRAZOVANIE»

Examines up-to-date methods in informational system design, represents its application at automatic informational system «Profobrazovanie» design are considered.

Keywords: rofessional training, indexes, structural and informational systems, design.

УДК 330.541

А. А. Бойко, Н. В. Бахмарева

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ

Рассматриваются закономерности развития подходов к построению организационных структур управления, предлагаются базовые принципы проектирования процессно-ориентированных структур управления.

Ключевые слова: функциональный подход, процессный подход, принципы проектирования.

Необходимость совершенствования организационной структуры управления обосновывается высокой динамичностью современного делового мира. Непрерывные и существенные изменения в технологиях, рынках сбыта и потребностях клиентов стали обычным явлением, и компании, стремясь выжить и сохранить конкурентоспособность, вынуждены непрерывно совершенствовать свою деятельность. Решением проблемы является смена базовых принципов проектирования организационных структур и переход к ориентации не на функции, а на процессы.

В начале XX в. в производстве произошли крупнейшие сдвиги. Прежде всего, резко возросли его масштабы и концентрация, что выразилось в появлении крупных предприятий, на которых были заняты тысячи и десятки тысяч рабочих и инженеров. Механизация производства также способствовала росту размеров предприятий, их ориентации на массовое производство и сбыт, а следовательно, и на рынки большой емкости и крупномасштабную организацию в форме мощных корпораций [1]. На этих предприятиях устанавливалось дорогостоящее оборудование, внедрялись сложнейшие технологические процессы, основанные на новейших достижениях научно-технической мысли.

С ростом масштабов производства и стремительным расширением выпускаемой продукции повышалась сложность управления предприятием и экономикой в целом. Наряду со специализацией и кооперированием труда в производстве, появилась необходимость специализации и кооперирования труда в управлении.

Эти изменения, естественно, привели к возникновению новых, многоаспектных организационных проблем: проблем роста производительности труда, рационализации трудовых операций, повышения эффективности управления организацией, увеличения эффективности использования человеческих ресурсов, оптимизации деятельности организаций. Необходимость решения этих проблем, в свою очередь, обусловила более интенсивные, фундаментальные научные исследования в области управления организацией [2].

Первый взрыв интереса к управлению был отмечен в 1911 г. Именно тогда Фредерик У. Тейлор опубликовал свою книгу «Принципы научного управления», традиционно считающуюся началом признания управления наукой как самостоятельной областью исследования [1]. Методы научной организации труда, предложенные Ф. У. Тейлором, позволили значительно повысить эффективность и, как следствие, результативность организаций.

Создатели школы научного управления, решая проблему роста производительности труда, сформулировали принципы управления трудом рабочих. Первый из них – принцип вертикального разделения труда – гласит, что за менеджером должна быть закреплена функция планирования, а за работником – функция использования поставленной задачи. Второй принцип – принцип измерения труда, суть которого заключается в том, что используя наблюдения, замеры, логику и анализ, администрация может усовершенствовать многие операции ручного труда, добиваясь их более эффективного выполнения. Школа научного управления обосновала необходимость управления трудом в целях повышения его производительности, сформулировала принципы и методы научной организации труда и поставила задачу эффективной мотивации наемного труда. Однако основное внимание школы научного управления было направлено на повышение эффективности труда на уровне ниже управленческого.

С возникновением административной школы специалисты начали постоянно вырабатывать подходы к совершенствованию управления организацией в целом и организационных структур в частности, стремясь при этом наилучшим образом разделить организацию на подразделения или группы с учетом их специализации.

Важным итогом теоретических разработок этой школы явилось формирование принципов управления, практическое использование которых обеспечивало единство подходов к формированию систем управления организациями. Эти принципы с успехом использовались в течение многих десятков лет XX в., их автором был А. Файоль.

Принципы, предложенные А. Файолем, можно разделить на три группы: структурные, взаимодействия руководителя и подчиненного и конечного результата. Структурные принципы являются ключевыми при построении организационной структуры управления. К ним относятся следующие:

1. Принцип разделения труда. Согласно А. Файолю, разделение и специализация труда – естественный способ повышения производительности и качества труда, сопряженный с сокращением объектов, с которыми работник осуществляет взаимодействие.

2. Принцип единства цели и руководства, обеспечивающий координацию различных видов работ для достижения общей единой цели, предусматривающий департаментализацию, т. е. группировку однородных задач в рамках структурных подразделений.

3. Принцип соотношения централизации и децентрализации, декларирующий существование баланса между централизацией и децентрализацией власти.

4. Принцип власти и ответственности, определяющий причинно-следственные связи между ответственностью и полномочиями.

5. Принцип цепи, задающий направления движения информационных потоков в соответствии с иерархией системы управления, обеспечивающих принятие управленческих решений и передачу управляющих воздействий на исполнительские уровни.

В то время широкое распространение получили функциональные организационные структуры, основывающиеся на функциональном подходе.

Функциональный подход, опирающийся на понятие «функция», до сих пор преобладает на многих западных и большинстве отечественных предприятий [3]. Он основан на идеях Адама Смита и принципах эффективного управления Анри Файоля, предполагая разбиение организации на простейшие задачи, исполняемые по конвейерной схеме с четко регламентированными маршрутами, как правило, в рамках структурных подразделений предприятия [1]. Такая организация управления базируется на принципе последовательного выполнения трудовых операций, т. е. трудовая задача делится на отдельные операции (задания, этапы), и каждый работник специализируется на выполнении одной операции.

При функциональном подходе к управлению за каждой структурной единицей (сотрудник, отдел, управление) закреплен ряд функций, описана область ответственности, сформулированы критерии успешной и неуспешной деятельности. Как правило, горизонтальные связи между структурными единицами слабы, а вертикальные связи по линии «начальник–подчиненный» – сильны. Подчиненный отвечает только за порученные ему функции и, возможно, за деятельность своего подразделения в целом. Функции и результаты работы параллельных структурных единиц его не очень интересуют [4]. Относительно низкая норма управляемости объясняется высоким уровнем централизации власти и ответственности руководителя. В функционально ориентированных организационных структурах обмен информацией между различными подразделениями осуществляется по вертикальным связям.

В условиях, описанных выше, функциональный подход к управлению и организации производства был вполне приемлем, поскольку он обеспечивал:

– концентрацию работника на конкретной функции, дающую возможность ее выполнения с оптимальными показателями;

– сильные вертикальные связи, улучшающие контроль над процессами предприятия;

– ненужность высокой квалификации кадров для выполнения большинства операций;

– оптимальность подхода при управлении малыми предприятиями (линейно-функциональная организационная структура);

– низкую себестоимость операций.

Во второй половине XX в. научно-технический прогресс, бурное развитие информационных технологий и колоссальная концентрация научного и производственного потенциалов привели к реструктуризации мировой экономики. Ведущие роли в ней стали играть отрасли, непосредственно удовлетворяющие потребности людей и основанные на прогрессивных технологиях. Производство товаров и услуг ориентировалось уже не на удовлетворение массовых потребностей, а на индивидуальные запросы и небольшие по емкости рынки. При этом индивидуализация выражалась не только в принципиально новых свойствах продуктов потребления, но и, как правило, затрагивала внешние формы, составляя основы и сущность объекта, наделяя его такими специфическими чертами, как цвет, комплектация, сервис, качество, стоимость и т. д. Потребитель желал получить те продукты и услуги, которые отвечали его финансовым возможностям, техническим и эстетическим требованиям.

В условиях жесткой конкуренции и бурного научно-технического прогресса произошло сокращение жизненного цикла товара, ускорение морального и технического старения производимой продукции. На предприятиях особенно остро встал вопрос постоянного повышения качества производимых товаров и услуг. Жизнеспособность бизнеса теперь стала определяться его гибкостью, динамичностью и адаптивностью к требованиям внешней среды.

Функциональный подход обеспечил увеличение производительности промышленных предприятий в начале XX в. Однако сегодня доминирование функционального управления в организациях является одной из ключевых проблем сложившихся систем управления. Функциональные структурные подразделения прямо не заинтересованы в общих результатах, поскольку система оценки их деятельности традиционно оторвана от результативности работы предприятия в целом. Разрушительная конкуренция между ними – результат обособленного положения каждого подразделения внутри предприятия. На практике это переходит в постоянные конфликты между сотрудниками бухгалтерии, финансового и планово-экономического отделов, между отделом сбыта и производством, между конструкторами и технологами и т. д.

В новых условиях резко обострились недостатки функционального подхода:

– отсутствие цельного описания технологий выполнения работы, разбиение их на отдельные, как правило, не связанные между собой фрагменты, которые выполняются различными элементами организационной структуры;

– ориентация руководителей на увеличение численности персонала и усложнение организационной структуры;

– слабое делегирование полномочий и ответственности, усложнение системы согласований (бюрократизм);

– отсутствие ориентации на внешнего клиента, а также внутренних потребителей промежуточных результатов деятельности;

– высокие накладные расходы;

– отсутствие ответственного за конечный результат и контроль над технологией в целом;

– неэффективность информационной поддержки, обусловленная наличием «лоскутной» автоматизации

деятельности отдельных структурных элементов и неудачными попытками внедрения на предприятиях информационных систем;

– узкая специализация отдельных сотрудников и подразделений, создающая проблемы на стыках.

Отмеченные недостатки заставляют пересмотреть сложившуюся практику формирования структур управления предприятиями исключительно по функциональному принципу. Представление работ при функционально-ориентированном подходе потребовалось дополнить описанием логики их выполнения, описаниями входов и выходов работ, показателями результативности и другими (по необходимости) важными характеристиками. В конечном итоге, все заговорили о необходимости изменения базовых подходов к организации работ – о переходе от функциональных принципов к процессным.

В 80-х гг. XX в. на предприятиях всего мира началось внедрение системы управления качеством продукции – TQM (Total Quality Management). В начале XXI в. количество организаций, имеющих сертификаты систем качества, базирующихся на семействе стандартов ISO 9000, во всем мире составило 510 616 (в США – 37 026, в Японии – 27 385, в Китае – 57 783, в России – 1 517). Эта система впервые была построена на принципах альтернативного подхода к управлению организацией – процессного подхода [4].

В последние десятилетия предприятия передовых экономических держав, таких как Япония, США, Германия, Великобритания, Швеция, активно переходят к процессному подходу в управлении. На них внедрена система управления качеством, организация рассматривается как сеть взаимосвязанных процессов, практически реализуются прогрессивные методологии совершенствования бизнес-процессов предприятия, такие как реинжиниринг (BPR), непрерывное улучшение (BPI) и др. [1]. За весьма непродолжительный период времени процессный подход зарекомендовал себя как наиболее эффективный в современных экономических условиях.

Суть процессного подхода к управлению организацией заключается в том, что акцент при постановке задач и оценке эффективности переносится с функциональных подразделений на бизнес-процессы, т. е. на процессы, создающие ценность для потребителя и организации. Необходимость процессного подхода к менеджменту обусловлена логикой развития мировой экономики. В соответствии со всеобщим экономическим законом «возвышающихся потребителей» происходит постоянное развитие производительных сил, разделение труда, концентрация финансового капитала, глобализация процессов производства и потребления. Рост конкуренции заставляет компании быть более гибкими, динамичными, сконцентрировать свои усилия на удовлетворении запросов потребителей, повышении конкурентоспособности, групповой работе, сокращении времени производственного цикла и процессов. Организации, применяющие такие подходы, получили название «горизонтальных», или опирающихся на процессы. Процессный подход дает возможность повысить эффективность организации, так как имеет много веских преимуществ:

– высокая мотивоемкость (именно процессно-ориентированный подход позволяет учесть такие важные аспекты бизнеса, как ориентация на конечный продукт, заинтересованность каждого конкретного исполнителя в повышении качества конечного продукта и, как следствие, заинтересованность в качественном выполнении своей работы);

– возможность осуществлять текущее управление за счет связи между отдельными процессами внутри системы процессов, а также за счет их объединения и взаимодействия;

– снижение нагрузки на руководителей, так как ответственность распределяется между владельцами процессов;

– высокая гибкость и адаптивность системы управления, обусловленные большей саморегулируемостью системы и естественной ориентацией на потребителя;

– высокая динамичность системы и ее внутренних процессов, обусловленная сильной вертикальной интеграцией ресурсных потоков и всеобщей заинтересованности в повышении скорости обмена ресурсами, в том числе и информацией;

– значительное снижение значимости и силы действия бюрократического механизма, увеличивающего временные и финансовые затраты;

– высокая прозрачность и понятность системы управления, а также упрощение процедур координации, организации и контроля;

– возможность глубокой комплексной автоматизации.

Все эти преимущества перешли в последнее время в разряд необходимых для ведения эффективной конкурентной борьбы. Процессно-ориентированный подход к управлению предприятием позволяет получить структуру, деятельность которой направлена на постоянное улучшение качества конечного продукта и удовлетворение клиента.

Переход от функционального подхода к процессному подходу в управлении организацией потребовал и пересмотра базовых принципов построения организационной процессно-ориентированной структуры управления.

По мнению большинства экспертов эти принципы должны быть увязаны с принципами менеджмента качества (МК). В таблице представлены принципы менеджмента качества и способы их реализации при построении процессно-ориентированной организационной структуры.

Принципы менеджмента качества и предложенные способы их реализации могут быть положены в основу методики построения процессно-ориентированных организационных структур.

Библиографический список

1. Кукарцев, А. В. Методика перехода к управлению организацией на основе процессного подхода : монография / А. В. Кукарцев, А. А. Бойко; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2008.

2. Минцбург, Г. Структура в кулаке / Г. Минцбург. СПб. : Питер, 2002.

3. Баринов, В. А. Организационное проектирование / В. А. Баринов. М. : Инфра-М, 2005.

4. Репин, В. В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. М. : РИА «Стандарты и качество», 2004. (Серия «Практический менеджмент»).

Реализация принципов менеджмента качества при построении процессно-ориентированной организационной структуры

Принципы МК по ИСО 9000	Существо принципа	Способ реализации при построении процессно-ориентированной организационной структуры
Ориентация на потребителя	Организация зависит от своих потребителей и поэтому должна понимать настоящие и будущие потребности потребителей, выполнять требования потребителей и стремиться превзойти ожидания потребителя	Наличие ответственного лица за конечный результат и за процесс в целом, ориентация на потребителя (внешнего и внутреннего), заинтересованность в конечном результате
Лидерство руководителя	Лидеры устанавливают единство цели и руководства в организации. Они создают и поддерживают среду, в которой работники могут быть полностью вовлечены в достижение целей организации	Исполнитель имеет двух и более руководителей (руководителя подразделения и руководителя бизнес-процесса), горизонтальная интеграция организационной структуры посредством ее построения в виде сквозных процессов, единое направление деятельности в рамка бизнес-процесса, руководители процессов полностью вовлекают работников в решение задач бизнес-процесса, используют их возможности и опыт, критерием результативности является результат бизнес-процесса
Вовлечение работников	Персонал на всех уровнях составляет основу организации, и его полное вовлечение позволяет использовать его способности на благо организации	Полная заинтересованность работников в конечном результате, система оценки их деятельности связана с конечным результатом бизнес-процесса, каждый работник добавляет ценность процессу, используются творческие возможности и способности работников
Процессно-ориентированный подход	Желаемый результат достигается более эффективно, когда соответствующими ресурсами и видами деятельности управляют как процессом	Объединение подразделений в единую сеть бизнес-процессов организации, направленную на достижение конкретных результатов деятельности
Системный подход к менеджменту	Определение, понимание и управление системой взаимосвязанных процессов улучшает результативность и эффективность организации	Вся деятельность рассмотрена как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих бизнес-процессов, направленных на результат и достижение общей цели
Постоянное улучшение	Неизменной целью организации должно стать постоянное улучшение	Вся деятельность бизнес-процесса хорошо прослеживается, виден конечный результат. Работа контролируется хозяином процесса, который вносит необходимые корректировки в работу процесса, для того чтобы улучшить его конечный результат
Принятие решений, основанное на фактах	Эффективные решения основываются на анализе данных и информации	Информация поступает свободно по организации – сверху, вниз, по горизонтали. Информация консолидированная, включает в себя всю необходимую информацию по всему бизнес-процессу, что способствует наименьшему искажению, оперативности доставки данных для их анализа и принятию эффективных управленческих решений
Взаимовыгодные отношения с поставщиками	Организация и поставщики взаимозависимы, и их взаимовыгодные отношения увеличивают их способность создавать ценность	Горизонтальная интеграция организационной структуры в виде сквозных процессов, через которые проходят материальные и другие потоки предприятия от поставщика исходных ресурсов до потребителя готовой продукции, а это в свою очередь диктует формирование гибких связей между внутрипроизводственными структурами предприятия

A. A. Boiko, N. V. Bahmareva

DESIGNING PRINCIPLES OF THE PROCESS-FOCUSED STRUCTURES OF MANAGEMENT

Conformity to natural laws of approaches development to designing organizational structures of management is considered. The basic designing principles of the process -focused structures of management are offered.

Keywords: functional approach, process approach, designing principles.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абрамов Сергей Степанович – кандидат технических наук, доцент кафедры радиопередающих устройств и электропитания Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1983 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. E-mail: mvb@neic.nsk.ru.

Акбулатов Тимур Эдхамович – студент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – экономика и управление на предприятиях гражданской авиации. E-mail: takbulatov@yandex.ru.

Алгазин Евгений Игоревич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры общей электротехники Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский государственный технический университет в 1984 г. Область научных интересов – инвариантные системы передачи информации. E-mail: Root_lukos@koe.ref.nstu.ru.

Антамошкин Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Томский государственный университет в 1973 г. Область научных интересов – техническое направление (системный анализ). E-mail: oleslav@mail.ru.

Антипин Максим Иванович – аспирант Иркутского государственного технического университета. Окончил Иркутский государственный технический университет в 2006 г. Область научных интересов – численные методы анализа, проектирование перспективных летательных аппаратов. E-mail: antwig@istu.edu.

Анякина Ольга Викторовна – кандидат педагогических наук, доцент, профессор Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский политехнический институт в 1975 г. Область научных интересов – инженерная педагогика. Тел. (391) 234-87-59.

Аплеснин Сергей Степанович – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой физики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1976 г. Область научных интересов – физика конденсированного состояния, физика магнитных явлений. E-mail: aplesnin@sibsau.ru.

Архипкин Юрий Григорьевич – начальник сектора статической и динамической прочности отдела прочности конструкции космических аппаратов ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Томский государственный университет в 1967 г. Область научных интересов – анализ динамики и прочности конструкций. Тел. (39197) 6-48-02.

Бадмаева Ксения Владимировна – научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – хранилища данных. E-mail: ksenya@icm.krasn.ru.

Бандурина Ольга Николаевна – старший преподаватель кафедры физики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет в 1983 г. Область научных интересов – физика конденсированного состояния. Тел. (391) 291-90-28.

Бахмарева Наталья Владимировна – старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – реорганизация систем управления, процессный подход к управлению, управление качеством, экономический анализ деятельности предприятия, методика преподавания экономических дисциплин. E-mail: bahmareva@sidsau.ru.

Беляков Сергей Андреевич – аспирант кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – логистика. Тел. (391) 279-78-50.

Бобарика Игорь Олегович – аспирант, ассистент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники Иркутского государственного технического университета. Окончил Иркутский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – около- и внеэкранная аэродинамика, проектирование перспективных летательных аппаратов. E-mail: megusMC@mail.ru.

Бойко Андрей Анатольевич – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского государственного политехнического института в 1990 г. Область научных интересов – управление основными производственными фондами машиностроительных предприятий. E-mail: boiko@sibsau.ru.

Бойко Оксана Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент, начальник отдела переподготовки кадров высшей квалификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1985 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, теория автоматического управления, композиционные материалы. E-mail: bouko@sibsau.ru.

Бубенева Анастасия Алексеевна – аспирантка кафедры менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет в 2004 г. Область научных интересов – менеджмент. E-mail: anast999@yandex.ru.

Будылин Михаил Александрович – аспирант факультета международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государствен-

ный университет в 2006 г. Область научных интересов – оценка эффективности инвестиционных проектов. E-mail: Mikhail.budylin@gmail.com.

Васильев Евгений Николаевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Красноярский государственный университет в 1979 г. Область научных интересов – теплофизика, математическое моделирование. E-mail: ven@icm.krasn.ru.

Гаврилов Виктор Юрьевич – руководитель сектора информационно-экономического обеспечения Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 1996 г. Область научных интересов – бизнес-процессы, управление, IBM Rational. E-mail: vgavrilov@sibsau.ru.

Головин Михаил Петрович – заведующий кафедрой проектирования и экспериментальной механики машин Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1968 г. Область научных интересов – автоматизация проектно-конструкторской деятельности и информационных систем в машиностроении. Тел. (391) 249-75-55.

Городилов Александр Андреевич – аспирант кафедры проектирования и экспериментальной механики машин Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – математическое моделирование. Тел. (391) 249-75-55.

Григорьев Юрий Михайлович – доктор физико-математических наук, действительный член Академии наук Республики Саха (Якутия), заведующий кафедрой теоретической физики Якутского государственного университета имени М. К. Амосова. Окончил Якутский государственный университет в 1981 г. Область научных интересов – механика, теоретическая физика, математическое моделирование. E-mail: grigyum@yandex.ru.

Гусев Игорь Николаевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой самолетостроения и эксплуатации авиационной техники Иркутского государственного технического университета. Окончил Московский авиационный институт в 1968 г. Область научных интересов – проектирование перспективных летательных аппаратов, технологических процессов их изготовления и эксплуатации. E-mail: gusev@istu.irk.ru.

Двирный Гурий Валерьевич – инженер-испытатель отдела механических испытаний отраслевого центра крупногабаритных механических систем ОАО «Информационно-спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – испытание космических аппаратов, их систем и агрегатов. E-mail: dvirnyi@npopm.ru.

Долгих Евгений Геннадьевич – инженер по механическим испытаниям ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2008 г. Область научных интересов – наземная экспериментальная отработка аппаратов, статические и динамические испытания конструкции космических аппаратов. E-mail: zhendol@mail.ru.

Егорочкин Иван Александрович – аспирант Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика, распознавание образов. Тел. 8-904-983-85-64.

Елгина Екатерина Александровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный торгово-экономический институт в 1994 г. Область научных интересов – бухгалтерский учет, аудит, налогообложение. E-mail: eelgina@yandex.ru.

Еремин Евгений Владимирович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института физики Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Красноярский государственный университет в 1995 г. Область научных интересов – физика магнитных явлений. E-mail: eev@iph.krasn.ru.

Ерыгина Лилия Викторовна – кандидат экономических наук, доцент, декан факультета заочного и дополнительного образования Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт цветных металлов в 1985 г. Область научных интересов – планирование и контроль, система контроллинга деятельности предприятий. E-mail: erigina@sibsau.ru.

Журавлев Юрий Александрович – доктор технических наук, заведующий кафедрой экономики и финансов Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский институт цветных металлов и золота в 1968 г. Область научных интересов – экономика и управление корпоративным и техническим развитием предприятий. E-mail: kwant1@yandex.ru.

Завьялкин Андрей Николаевич – инженер-электроник регионального отдела информационного обеспечения Управления государственной инспекции безопасности дорожного движения по Красноярскому краю. Окончил Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – моделирование систем. E-mail: symom@inbox.ru.

Золотарева Галина Ивановна – кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Уральский государственный университет в 1980 г., Сибирскую аэрокосмическую академию в 1999 г. Область научных интересов – бухгалтерский учет, аудит, страхование, контроллинг. Тел. (391) 222-84-68.

Иванчура Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры электроприводов и автоматизации промышленных установок Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Томский политехнический институт в 1967 г. Область научных интересов – разработка систем управления электроприводами. E-mail: eiapu@mail.ru.

Исаев Дмитрий Александрович – старший инженер обслуживания и регламента (самолета). Окончил Иркутское высшее военное авиационное инженерное училище в 1998 г. Область научных интересов – вторичные течения в рабочих колесах и направляющих аппаратов осевых компрессоров газотурбинного двигателя. Тел. (395) 254-70-38.

Исаев Сергей Владиславович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Красноярский государственный университет в 1993 г. Область научных интересов – информационно-телекоммуникационные технологии, распределенные информационные системы. E-mail: si@icm.krasn.ru.

Исаева Ольга Сергеевна – кандидат технических наук, научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Красноярский государственный университет в 1998 г. Область научных интересов – системный анализ, базы данных, информационные системы и технологии. E-mail: isaeva@icm.krasn.ru.

Исмайылов Борис Камарович – инженер фирмы «Союз». Окончил Самаркандское военное командное училище в 1991 г. Область научных интересов – техническое законодательство, менеджмент качества. Тел. (391) 266-98-66.

Казаков Александр Андреевич – аспирант кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет в 2007 г. Область научных интересов – региональная экономика. E-mail: kazakovaa@sibsau.ru.

Карасева Маргарита Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный педагогический институт в 1990 г., Сибирскую аэрокосмическую академию в 1999 г. Область научных интересов – мультилингвистическая технология обучения иностранным языкам, разработка частотных терминологических словарей. E-mail: saor_karaseva@sibsau.ru.

Касьянова Елена Николаевна – доцент кафедры инженерной графики Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский институт цветных металлов в 1987 г. Область научных интересов – инженерная педагогика. Тел. (391) 234-87-59.

Ковалев Игорь Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1985 г. Область научных интересов – отказоустойчивые программные архитектуры, мультиверсионное программное обеспечение, многоатрибутивные методы принятия решений, мультилингвистические технологии обучения. E-mail: kovalev.fsu@mail.ru.

Ковалевский Артем Павлович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский государственный технический университет в 1992 г. Область научных интересов – прикладная теория вероятности. E-mail: pandorra@ngs.ru.

Когут Алексей Тарасович – кандидат технических наук, доцент Омского государственного университета путей сообщения. Окончил Омский институт инженеров железнодорожного транспорта в 1972 г. Область научных интересов – управление, вычислительная техника и информатика. E-mail: nat_bb@mail.ru.

Колегов Денис Николаевич – старший преподаватель кафедры защиты информации и криптографии факультета прикладной математики и кибернетики Томского государственного университета. Окончил Томский государственный университет в 2005 г. Область научных интересов – формальные модели безопасности компьютерных систем, безопасность компьютерных сетей. E-mail: d.n.kolegov@mail.com.

Колегова Мария Михайловна – ведущий специалист Министерства образования и науки Красноярского края. Окончила Политехнический институт Сибирского федерального университета в 2008 г. Область научных интересов – информационные технологии. Тел. (391) 221-73-99.

Колесов Эдуард Владимирович – аспирант кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный торгово-экономический институт в 2006 г. Область научных интересов – региональная экономика. E-mail: eduard_k83@mail.ru.

Кононов Дмитрий Дмитриевич – программист Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – информационно-телекоммуникационные технологии. E-mail: ddk@icm.krasn.ru.

Кочеткова Елена Николаевна – исполняющая обязанности доцента кафедры экономических дисциплин Красноярского государственного аграрного университета (Хакасский филиал). Окончила Хакасский государственный университет имени Н. Ф. Катанова в 2000 г. Область научных интересов – экономика и управление народным хозяйством, региональная экономика. E-mail: ken.78@mail.ru.

Краев Вячеслав Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры авиационной космической теплотехники Московского авиационного института. Окончил Московский авиационный институт в 1993 г. Область научных интересов – турбулентная структура и теплогидравлические параметры нестационарных потоков. Тел. (495) 158-45-45.

Краев Михаил Васильевич – доктор технических наук, профессор, академик Российской Академии естественных наук и Российской академии космонавтики имени К. Э. Циолковского, член-корреспондент Академии наук высшей школы, заслуженный деятель науки и техники РФ, заведующий кафедрой двигателей летательных аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского государственного политехнического института в 1967 г. Область научных интересов – гидродинамика систем подачи энергодвигательных установок. Тел. (391) 262-95-61.

Кулясов Евгений Викторович – инженер-исследователь Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Тюменский государственный политехнический университет в 2004 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. Тел. 8-905-827-30-06.

Лапко Василий Александрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой космических средств и технологий Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1996 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика, моделирование систем, непараметрические коллективы решающих правил, распознавание образов. E-mail: lapko@icm. krasn.ru.

Лесков Виталий Олегович – аспирант Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2007 г. Область научных интересов – мультилингвистическая технология обучения. Тел. 8-913-535-30-67.

Лукиных Валерий Федорович – кандидат физико-математических наук, доцент, декан факультета международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский политехнический институт в 1972 г. Область научных интересов – логистика и экономика регионов. E-mail: somcl@mail.ru.

Лукьянова Анна Александровна – доктор экономических наук, профессор, декан финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Новосибирский сельскохозяйственный институт в 1983 г. Область научных интересов – экономика и управление народным хозяйством, региональная экономика. E-mail: dekanatfef@sibsau.ru.

Лысенко Евгений Александрович – заместитель начальника отдела механических испытаний ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Новосибирский электротехнический институт в 1976 г. Область научных интересов – наземная экспериментальная обработка аппаратов, механические и акустические испытания конструкций космических аппаратов. E-mail: vibro@iss-reshetnev.ru.

Лысенко Константин Евгеньевич – инженер по механическим испытаниям ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2008 г. Область научных интересов – статические и динамические испытания конструкции. E-mail: atomgrad37@mail.ru.

Малинкин Виталий Борисович – доктор технических наук, профессор кафедры многоканальной электрической связи и оптических систем Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1975 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. E-mail: mvb@neic.nsk.ru.

Малинкин Евгений Витальевич – инженер-исследователь Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики в 2005 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. E-mail: mvb@neic.nsk.ru.

Матвиенко Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, начальник факультета летательных аппаратов Иркутского высшего военного авиационного инженерного училища. Окончил Иркутское высшее военное авиационное инженерное училище в 1982 г. Область научных интересов – вторичные течения в рабочих колесах и направляющих аппаратов осевых компрессоров газотурбинного двигателя. Тел. (395) 270-22-41.

Махутов Николай Андреевич – доктор технических наук, профессор, научный руководитель отдела Института машиноведения имени академика А. А. Благонравова Российской академии наук.

Митасов Игорь Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматики, автоматизированного управления и проектирования Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Новосибирский государственный университет в 1972 г. Область научных интересов – математическое моделирование сложных систем. E-mail: mitasovI@rambler.ru.

Михайлов Денис Геннадьевич – аспирант кафедры сетей и систем связи Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – сети и системы телекоммуникаций. Тел. (391) 292-20-70.

Москвичев Владимир Викторович – доктор технических наук, профессор, заместитель председателя Президиума Красноярского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. Область научных интересов – механика деформируемого твердого тела и машиноведения, механики разрушения материалов. E-mail: vjscvich@krasn.ru.

Некрасов Михаил Викторович – инженер-программист ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2003 г. Область научных интересов – автоматика и вычислительная техника, системный анализ и управление, информатика, космические исследования. E-mail: diamond@iss-reshetnev.ru.

Нечаев Андрей Сергеевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры управления промышленными предприятиями Иркутского государственного технического университета. Окончил Иркутскую государственную экономическую академию в 2000 г. Область научных интересов – создание методологии управления амортизацией основных средств. E-mail: manuna2002@list.ru.

Никулин Николай Анатольевич – аспирант кафедры электроприводов и автоматизации промышленных установок Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – многофазный линейный асинхронный двигатель с поперечным потоком. E-mail: nik_nick@mail.ru.

Новиков Евгений Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирс-

кого отделения Российской академии наук. Окончил Воронежский государственный университет в 1979 г. Область научных интересов – вычислительная математика, математическое моделирование. E-mail: novikov@icm.krasn.ru.

Оборина Людмила Ивановна – инженер-менеджер фирмы «Союз». Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет в 2001 г. Область научных интересов – менеджмент качества, технологическое обеспечение качества. Тел. (391) 220-94-56.

Орлова Марфа Николаевна – младший научный сотрудник ФГНУ «Научно-исследовательский институт математики при Якутском государственном университете имени М. К. Амосова». Окончила физико-технический институт Якутского государственного университета в 2003 г. Область научных интересов – теоретическая физика, математическое моделирование. E-mail: omarfa@mail.ru.

Пакман Дмитрий Натанович – ведущий инженер ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 2000 г. Область научных интересов – системный анализ и управление, программирование. E-mail: packman@iss-reshttnev.ru.

Панфилова Наталья Юрьевна – аспирант кафедры радиотехнических и управляемых систем Омского государственного университета путей сообщения. Окончила Омский государственный университет путей сообщения в 2005 г. Область научных интересов – управление, вычислительная техника и информатика. E-mail: nat_bb@mail.ru.

Пацук Ольга Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский технологический институт в 1993 г. Область научных интересов – региональная экономика, управление территориями. E-mail: pasuk@sibsau.ru.

Петров Михаил Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1974 г. Область научных интересов – исследование свойств, обработка информации. E-mail: petrov@etk.ru.

Пискорская Светлана Юрьевна – кандидат философских наук, доцент, заведующая кафедрой рекламы и культурологи Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный педагогический университет в 1997 г. Область научных интересов – философия, культурология. E-mail: piskorsaya1@rambler.ru.

Полубелова Мария Владимировна – кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирскую аэрокосмическую академию в 1999 г. Область научных интересов – бухгалтерский управленческий учет, контроллинг. Тел. (391) 291-92-94.

Прейс Александр Александрович – аспирант кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов Института гражданской авиации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Иркутское высшее военно-авиационное инженерное училище в 1996 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация авиационной техники. E-mail: ganshonda@mail.ru.

Резникова Анастасия Иосифовна – старший преподаватель кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный торгово-экономический институт в 1992 г. Область научных интересов – экономика регионального развития. E-mail: somcl@mail.ru.

Романова Оксана Борисовна – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института физики Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Красноярский государственный университет в 2000 г. Область научных интересов – физика конденсированного состояния, физика магнитных явлений. E-mail: rob@mail.ru.

Руйга Ирина Рудольфовна – старший преподаватель кафедры международных экономических отношений и маркетинга Сибирского федерального университета. Окончила Красноярскую государственную академию цветных металлов и золота в 2000 г. Область научных интересов – инвестиции, региональная экономика, государственная политика. E-mail: irina_rouiga@bk.ru.

Рябинкина Людмила Ивановна – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института физики Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Ленинградский политехнический институт в 1962 г. Область научных интересов – физика конденсированного состояния, физика магнитных явлений. E-mail: rli@iph.krasn.ru.

Савельева Марина Викторовна – кандидат философских наук, ученый секретарь ученого совета, заведующая кафедрой технического иностранного языка Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный педагогический университет в 1990 г. Область научных интересов – российское образование, новые образовательные технологии, конкурентоспособность российского образования. E-mail: msaveyeva@sibsau.ru.

Сенашов Сергей Иванович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-экономических наук Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1975 г. Область научных интересов – механика твердого тела, математическое моделирование в экономике. E-mail: sen@sibsau.ru.

Серегин Александр Сергеевич – кандидат технических наук, профессор кафедры сопротивления материалов Московского авиационного технологического института имени К. Э. Циолковского.

Скворцова Татьяна Сергеевна – аспирантка кафедры ценных бумаг и страхового дела Сибирского федерального университета. Окончила Сибирский федеральный университет в 2007 г. Область научных интересов – ценные бумаги. E-mail: skvortcovats@yandex.ru.

Степнов Михаил Никитович – доктор технических наук, профессор кафедры сопротивления материалов

Московского авиационного технологического института имени академика К. Э. Циолковского.

Суханов Владимир Валентинович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического проектирования Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1971 г. Область научных интересов – исследование многофазных машиновентельных систем. Тел. (391) 249-56-23.

Теренина Ирина Владимировна – доктор экономических наук, профессор кафедры маркетинга и логистики Ростовского государственного строительного университета. Окончила Ростовский инженерно-строительный институт в 1983 г. Область научных интересов – маркетинг, логистика. E-mail: teririn@yandex.ru.

Трифанов Иван Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления качеством и сертификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1975 г. Область научных интересов – технология производства летательных аппаратов и технологическое обеспечение качества изделий машиностроения. Тел. (391) 291-92-14.

Трофимов Александр Александрович – доцент кафедры инженерной графики Сибирского федерального университета. Окончил Красноярскую государственную академию цветных металлов в 1996 г. Область научных интересов – инженерная педагогика. Тел. 8-903-922-48-70.

Утенков Петр Геннадьевич – аспирант кафедры технической эксплуатации Института гражданской авиации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет в 2007 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей. Тел. 8-902-922-27-61.

Федоренко Илья Владимирович – кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный торгово-экономический институт в 1994 г. Область научных интересов – бухгалтерский учет, аудит, налогообложение. E-mail: fedorenko2@mail.ru.

Фень Александр Михайлович – аспирант кафедры приборостроения и телекоммуникаций Сибирского федерального университета. Окончил Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – электроника и электротехника. E-mail: feamkb@mail.ru.

Филько Ирина Вениаминовна – исполняющая обязанности доцента кафедры организации производства, управления и предпринимательства на предприятиях аграрно-промышленного комплекса Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Красноярский государственный аграрный университет в 2000 г. Область научных интересов – экономика и управление на предприятиях. Тел. 8-923-334-47-16.

Филько Сергей Владимирович – аспирант кафедры экономической теории Красноярского государственного аграрного университета, начальник планово-экономического отдела Красноярского судостроительного центра. Окончил Красноярский государственный аграрный университет в 1998 г. Область научных интересов – экономика и управление на предприятиях. Тел. 8-923-334-47-16.

Хамитов Рустам Нуриманович – кандидат технических наук, доцент Омского государственного технического университета. Окончил Омский политехнический институт в 1984 г. Область научных интересов – виброзащитные устройства с управляемыми пневмоамортизаторами. E-mail: apple_27@mail.ru.

Черкасов Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры конструкции и теории авиационных двигателей Иркутского высшего военного авиационного инженерного училища. Окончил Иркутское высшее военное авиационное инженерное училище в 1996 г. Область научных интересов – вторичные течения в рабочих колесах и направляющих аппаратов осевых компрессоров газотурбинного двигателя. E-mail: gliden@km.ru.

Шайдуров Владимир Викторович – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, директор Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Новосибирский государственный университет в 1972 г. Область научных интересов – нанотехнологии, вычислительное моделирование. E-mail: shidurov@icm.krasn.ru.

Шарыпова Ирина Константиновна – старший преподаватель кафедры инженерной графики Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский институт цветных металлов в 1980 г. Область научных интересов – инженерная педагогика. Тел. (391) 234-87-59.

Ширяева Тамара Алексеевна – кандидат физико-математических наук, доцент Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Иркутский государственный университет в 1979 г. Область научных интересов – теория вероятностей математическая статистика. E-mail: ak_kgau@mail.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА, ИНФОРМАТИКА 3

Пакман Д. Н., Некрасов М. В., Антамошкин А. Н. Проблемы обработки телеметрической информации в контуре автоматизированной системы управления космическими аппаратами 4
Ширяева Т. А. К вопросу о времени безотказной работы сложной системы 9
Иванчура В. И., Суханов В. В., Никулин Н. А. Уравнения трехмерной модели электромагнитного поля асинхронного двигателя с поперечным потоком 11
Абрамов С. С., Кулясов Е. В., Малинкин Е. В., Малинкин В. Б., Панарин В. И. Инвариантный метод с асимметричной структурой построения эхокомпенсатора 15
Петров М. Н., Михайлов Д. Г. Анализ нагрузки на сотовой сети стандарта GSM в г. Красноярске 17
Митасов И. М., Завьялкин А. Н. Метод полного перебора в задаче многофакторного регрессионного анализа 19
Григорьев Ю. М., Орлова М. Н. Влияние ближнего разряда молнии на линию передачи 23
Когут А. Т., Панфилова Н. Ю. Формирование алгоритмов управляющих воздействий на основе численных методов 27
Алгазин Е. И., Ковалевский А. П., Малинкин В. Б. Передача сигналов инвариантным методом при наличии аддитивной стационарной гауссовской помехи с корреляционной функцией общего вида 32
Кононов Д. Д., Исаев С. В., Исаева О. С. Организация информационных Интернет-ресурсов для поддержки управления муниципальным заказом 35
Аплеснин С. С., Бандурина О. Н., Романова О. Б., Рябинкина Л. И., Еремин Е. В. Магнитоэлектрический эффект в $Mn_{1-x}Co_xS$ 41
Лапко В. А., Варочкин С. С., Егорочкин И. А. Разработка и исследование непараметрической оценки плотности вероятности, основанной на принципе декомпозиции обучающей выборки по ее объему 45
Колегов Д. Н. ДП-модель компьютерной системы с функционально и парметрически ассоциированным с субъектами сущностями 49
Ковалев И. В., Карасева М. В., Лесков В. О. Информационно-терминологический базис как совокупность лексически связанных компонентов 54
Энгель Е. А. Нечеткие гибридные системы для обработки информации 57
Ширяева Т. А., Сенашов С. И. Стохастические модели анализа финансовых систем 60
Фаворская М. Н. Распознавание динамических образов на основе предсказывающих фильтров 64

РАЗДЕЛ 2. АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА 69

Долгих Е. Г., Архипкин Ю. Г., Лысенко Е. А., Лысенко К. Е. Способ испытаний конструкции космического аппарата негерметичного исполнения на прочность методом кинематического возбуждения на основе верифицированных КЭМ-моделей 70
Бобарика И. О., Гусев И. Н. Выбор рационального взаимного расположения несущих поверхностей экраноплана схемы «Утка» 73
Антипин М. И., Гусев И. Н. Математическая модель выбора параметров экраноплана на стадии технического предложения 77
Новиков Е. А., Кнауб Л. В. Применение явного трехстадийного метода типа Рунге-Кутта для численного моделирования задач химической кинетики 82
Матвиенко А. С., Черкасов А. Н., Исаев Д. А. Гидродинамическое исследование приторцевого течения прямых решеток 86
Краев В. М., Славин В. С., Краев М. В. Ускорение газового потока в канале электрореактивного двигателя 89

Махутов Н. А., Москвичев В. В., Серегин А. С., Степнов М. Н. Оценка предельных состояний лопастей воздушных винтов самолетов ... 92
Хамитов Р. Н. Угловые колебания амортизируемого объекта с пассивной системой демпфирования ... 97
Бойко О. Г., Утенков П. Г. Анализ и оптимизация использования однотипного самолетного парка на маршрутной сети авиакомпании ... 100
Прейс А. А. Долговечность. Исследование и анализ процесса старения функциональных систем самолета ... 102
Двирный Г. В. Вопросы отработки и создания трансформируемых антенн ... 107

РАЗДЕЛ 3. ЭКОНОМИКА ... 109

Ерыгина Л. В., Гаврилов В. Ю. Планирование инновационной деятельности вуза: инструменты и методы ... 110
Елгина Е. А., Федоренко И. В. Последовательность, сопоставимость и изменения учетной политики: исключение, компромисс или синтез? ... 113
Кочеткова Е. Н., Лукьянова А. А. Организационно-экономические аспекты малого предпринимательства Республики Хакасии ... 117
Беляков С. А., Казаков А. А. Рынок биотоплива в международной и российской практике ... 121
Лукиных В. Ф., Резникова А. И. Роль потенциала наукоемкой промышленности в структуре экономики региона ... 124
Piskorskaya S. Yu., Savelyeva M. V. Progress of Higher education institution at the education service market ... 128
Бубенева А. А. Проблемы управления проектами ... 131
Акбулатов Т. Э., Журавлев Ю. А. Разработка критериев оценки эффективности программ развития северных региональных аэропортов Красноярского края ... 135
Скворцова Т. С. Влияние усреднения позиций торговой системы на результат инвестирования ... 140
Теренина И. В. О целесообразности формирования и развития виртуальных предприятий в аэрокосмической отрасли ... 144
Нечаев А. С. Инновационный подход к формированию инвестиционного кредита ... 146
Исмайылов Б. Н., Трифанов И. В., Оборина Л. И. Техническое регулирование и конкурентоспособность ... 150
Филько С. В., Филько И. В. Методика процессно-ориентированного управления производственными затратами судоремонтных предприятий ... 156
Пацук О. В. Развитие регионов: проблемы и решения ... 161
Руйга И. Р. Перспективные направления инвестиционной политики Красноярского края ... 166
Колесов Э. В. Методы управления промышленным комплексом региона ... 171
Золотарева Г. И., Полубелова М. В. Контроль себестоимости продукции в условиях инновационной деятельности ... 176
Будылин М. А. Теория реальных опционов в оценке последовательных инновационных проектов ... 181
Городилов А. А., Головин М. П., Колегова М. М. О структуре автоматизированной информационной системы «Профобразование» ... 186
Бойко А. А., Бахмарева Н. В. Принципы проектирования процессно-ориентированных структур управления ... 189

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ ... 193

CONTENTS

PART 1. MATHEMATICS, MECHANICS, INFORMATICS 3

Pakman D. N., Nekrasov M. V., Antamoshkin A. N. The problems of telemetric data processing in the loop of spacecrafts computer-aided control system 4
Shiryaeva T. A. To the problem about the non-failure operation time of the sophisticated system 9
Ivanchura V. I., Suhanov V. V., Nikulin N. A. Equations of three dimension electromagnetic field model of multiphase linear induction motor with transverse flux 11
Abramov S. S., Kulyasov E. V., Malinkin . E. V., Malinkin V. B., Panarin V. I. Invariant method with asymmetric structure of the echo-compensator building 15
Petrov M. N., Mikhailov D. G. Analysic of load on the cellular networks of standard GSM in Krasnoyarsk 17
Mitasov I. M., Zavyalkin A. N. Method of full sorting out in the problem of regressive polifactor-analisis 19
Grigoriev Yu. M., Orlova M. N. Influence of a lightning on a transmission line 23
Kogut A. T., Panfilova N. Yu. Formation of algorithms of operating influences on the basis of numerical methods 27
Algazin E. I., Kovalevsky A. P., Malinkin V. B. Transmission of signals with the help of the invariant method by the additive stationary gauss noise with the correlative function of the general kind 32
Kononov D. D., Isaev S. V., Isaeva O. S. The organization of informational internet resources for municipal procurement management support 35
Aplesnin S. S., Bandurina O. N., Romanova O. B., Raybincina L. I., Eremin E. V. Magnetoelectric effect in $MN_{1-x}Co_xS$ 41
Lapko V. A., Varochkin S. S., Egorochkin I. A. Development and research of nonparametric estimation of probability density based on the principle of training sample decomposition according to its volume 45
Kolegov D. N. DP-model of the computer system with functional and parametric associates with subject entities 49
Kovalev I. V., Karaseva M. V., Leskov V. O. Information-vocabulary basis as a system of lexically associated components 54
Engel E. A. Fuzzy hybrid system usage for data processing 57
Shiryaeva T. A. Stochastic models of the analysis of financial systems 60
Favorskaya M. N. The dynamic patterns recognition based on predicating filters 64

PART 2. AVIATION AND SPACE-ROCKET ENGINEERING 69

Dolgikh E. G., Arhipkin Y. G, Lysenko E. A., Lysenko K. E. Spacecraft structural test method based on kinematic excitation technique using verified finite element models 70
Bobarika I. O., Gusev I. N. Choice of rational mutual positioning of bearing surfaces of «duck» scheme airfoil boat 73
Antipin M. I., Gusev I. N. Mathematical model of the ecranoplan parameters choice at the stage of the technical offer 77
Novikov E. A., Knaub L. V. Application of explicit three-stage Runge-Kutta method for numerical modeling of chemical kinetics problems 82
Matvienko A. S., Cherkasov A. N., Isaev D. A. Hydrodiynamical exploration of side face current of direct lattices 86
Kraev V. M., Slavin V. S. , Kraev M. V. Acceleration of the gas stream in the channel of the electrojet engine 89
Makhutov N. A., Moskvichev V. V., Seregin A. S., Stepanov M. N. Estimation of plane's blade marginal states 92
Khamitov R. N. Angular fluctuations of the damped object with passive damping system 97

Boiko O. G., Utenkov P. G. Analysis and optimization of the plane fleet usage on route networks of the airline 100
Preis A. A. Longevity. Research and analysis of the airplane functional systems exhaust process 102
Dvirny G. V. The problems of the transform antennas manufacture and development 107

PART 3. ECONOMICS 109

Erygina L. V., Gavrilov V. Yu. Planning the innovation activity of the Higher school: tools and methods 110
Elgina E. A., Fedorenko I. V. Sequence, comparability and changes of accounting policy: exception, the compromise or synthesis? 113
Kochetkova E. N., Lukianova A. A. Organizational and economic aspects of small-scale business of Khakass Republic 117
Belyakov S. A., Kazakov A. A. The biofuel market in the international and russian practice 121
Lukinykh V. F., Reznikova A. I. The role of science intensive industries potential in the regional economical structure 124
Пискорская С. Ю., Савельева М. В. Продвижение высшего учебного заведения на рынке образовательных услуг 128
Bubeneva A. A. The problems of the Project management 131
Akbulatov T. E., Zhuravlev Yu. A. The estimation criteria of the code efficiency development of the north regional airports programs in Krasnoyarsk territory 135
Skvortsova T. S. The influence of the trade system averaged positions on the investment results 140
Terenina I. V. On the formation and development expediency of virtual enterprises in aerospace branch 144
Nechaev A. S. The innovative approach to the investment credit formation 146
Ismailov B. N., Trifanov I. V., Oborina L. I. Technical regulations and competition 150
Filko S. V., Filko I. V. Technique of the activity-based management by industrial expenses of the ship-repair enterprises 156
Patsuk O. V. Development of the regions: problems and decision 161
Rouiga I. R. The perspectives of the Krasnoyarsk region's investment policy 166
Kolesov E. V. Management methods an industrial complex of the region 171
Zolotaryova G. I., Polubelova M. V. The control of the production cost price in the innovative activity conditions 176
Budylin M. A. The theory of real options in the estimation of consecutive innovative projects 181
Gorodilov A. A., Golovin M. P., Kolegova M. M. About the structure of automatic informational system «Profobrazovanie» 186
Boiko A. A., Bahmareva N. V. Designing principles of the process-focused structures of management 189

THE INFORMATION ABOUT THE AUTHORS 193