

ВЕСТНИК

САМАРСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
имени академика С. П. КОРОЛЕВА

№ 2 (6)

2004

ВЕСТНИК
САМАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

№ 2 (6)

2004

Главный редактор
В. А. Сойфер

Заместители главного редактора
В. Л. Балакин, С. В. Лукачев, Е. В. Шахматов

Ответственный секретарь
А. Г. Прохоров

Редакционная коллегия:
Г. П. Аншаков, Н. Ф. Банникова, В. А. Барвинок, С. К. Бочкарев,
Ф. В. Гречников, А. И. Ермаков, В. Г. Засканов, Н. Л. Казанский,
Л. И. Калакутский, В. Р. Каргин, В. А. Комаров, Н. Е. Конюхов,
А. Н. Коптев, В. С. Кузьмичев, С. А. Прохоров, В. В. Салмин,
Ю. Л. Тарасов, А. Н. Тихонов, Ю. Ф. Широков, И. Л. Шитарев,
В. П. Шорин

Издание сборника осуществлено за счет гранта в области
науки и техники, предоставленного распоряжением
Губернатора Самарской области № 46 от 27 февраля 2004 года

© Самарский государственный аэрокосмический университет
443086 Самара, Московское шоссе, 34
Тел. (8462) 67 43 61, факс: (8462) 35 16 36
Электронная почта: vest@ssau.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ	
<i>Г. П. Анишаков, Ю. Г. Антонов, Я. А. Мостовой, А. В. Соллогуб</i>	7
УДОСТОВЕРЯЮЩИЕ ЦЕНТРЫ КАК ИНФРАСТРУКТУРА СОВРЕМЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЦИФРОВЫЕ БАРЬЕРЫ	
<i>Г. Э. Афанасьев</i>	13
ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИХ АВТОНОМНОСТИ И НЕЗАВИСИМОСТИ	
<i>В. Г. Засканов</i>	15
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
<i>В. Ю. Карпычев</i>	18
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
<i>Д. С. Мащенко</i>	21
ПОНЯТИЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ КАМПАНИИ»	
<i>С. В. Мироненко</i>	26
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СИСТЕМЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ	
<i>А. А. Прохожеев, И. А. Карманова</i>	36
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОТРАСЛЕЙ	
<i>В. К. Семёнычев</i>	43
СИСТЕМОЛОГИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	
<i>Э. Г. Шевелев</i>	47

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

К ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ГОСУДАРСТВЕННОМ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОМ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОМ ЦЕНТРЕ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС»	
<i>Н. В. Богданова</i>	65
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗБРОСА ПАРАМЕТРОВ ДВУХВАЛЬНЫХ ДВУХКОНТУРНЫХ И ТРЕХВАЛЬНЫХ ТУРБОВИНТОВЕНТИЛЯТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	
<i>С. К. Бочкарев, В. В. Кулагин</i>	74

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСАДОК
АККУМУЛЯТОРОВ ХОЛОДА БОРТОВЫХ КРИОГЕННЫХ СИСТЕМ
ОХЛАЖДЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Е. К. Красночуб

80

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЗА В СОСУДЕ
ПРИ ПРОБИВАНИИ ЕГО СТЕНКИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫМИ
МЕХАНИЧЕСКИМИ ЧАСТИЦАМИ**

*А. Г. Иошлев, А. С. Кучеров, В. Ю. Мельцас, Г. Ф. Портнягина,
А. Г. Прохоров, И. Е. Теличев, В. Г. Шахов*

88

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАГРЕВА СИСТЕМЫ ПОКРЫТИЕ-ОСНОВА
ДВИЖУЩИМСЯ РАСПЫЛИТЕЛЕМ ПРИ ПЛАЗМЕННОМ НАПЫЛЕНИИ**

В. М. Карасев

102

**СНИЖЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО АЭРОАКУСТИЧЕСКОГО ШУМА
В САЛОНЕ АВТОМОБИЛЯ ВАЗ-1118**

Е. В. Шахматов, С. П. Прохоров

111

КИБЕРНЕТИКА И ИНФОРМАТИКА

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ
В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ**

Т. И. Михеева

118

**СХЕМНО-ПРОГРАММНЫЙ ПОДХОД К ОБНАРУЖЕНИЮ ДЕФЕКТОВ
В ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ПОТОКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ**

С. А. Никищенко

127

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

**ФОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИ СОГЛАСОВАННОГО ПО
КОМПЛЕКТНОЙ ПОСТАВКЕ МЕХАНИЗМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В СИСТЕМЕ «ЗАКАЗЧИК – ПОСТАВЩИК».**

В. Д. Богатырев

133

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЗМА СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ
НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИНИМАЕМЫХ БАНКОМ РЕШЕНИЙ
ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ДЕПОЗИТНО-КРЕДИТНЫХ ОПЕРАЦИЙ**

Д. З. Вагапова

138

CONTENTS

INFORMATION AND ECONOMICAL SECURITY

SOME ISSUES OF TECHNOLOGICAL INFORMATION PROTECTION AND INFORMATION STABILITY OF COMPLEX SYSTEMS	
<i>G. P. Anshakov, Yu. G. Antonov, Ya. A. Mostovoy, A. V. Sollogub</i>	7
CERTIFICATION CENTRES AS THE INFRASTRUCTURE OF MODERN INFORMATION SECURITY AND DIGITAL BARRIERS	
<i>G. E. Afanasiev</i>	13
ASSESSMENT OF ECONOMIC SECURITY OF LARGE INDUSTRIAL REGIONS IN TERMS OF THEIR AUTONOMY AND INDEPENDENCE	
<i>V. G. Zaskanov</i>	15
ECONOMIC ASPECTS OF ENSURING INFORMATION SECURITY	
<i>V. Yu. Karpychev</i>	18
CONCEPTUAL ISSUES OF ENSURING INFORMATION AND ECONOMICS SECURITY	
<i>D. S. Mashchenko</i>	21
ELECTORAL CAMPAIGN SECURITY CONCEPT	
<i>S. V. Mironenko</i>	26
ECONOMIC SECURITY IN THE SYSTEM OF RUSSIA'S NATIONAL SECURITY	
<i>A. A. Prokhozhev, I. A. Karmanova</i>	36
MATHEMATICAL AND INSTRUMENTAL PROVISION OF ECONOMIC SECURITY OF BUSINESS AND INDUSTRIES	
<i>V. K. Semyonychev</i>	43
SYSTEMOLOGY OF NATIONAL SECURITY AT THE BORDERLINE OF THE CENTURIES: STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT	
<i>E. G. Shevelev</i>	47

AVIATION AND ROCKET-SPACE ENGINEERING

THE HISTORY OF CREATING SPACE FACILITIES OF EARTH DISTANT PROBING AT THE STATE RESEARCH AND PRODUCTION SPACE-ROCKET CENTRE "TSSKB-PROGRESS"	
<i>N. V. Bogdanova</i>	65
INVESTIGATING REGULARITIES OF PARAMETER DISPERSION FOR TWO-SHAFT AND THREE-SHAFT ENGINES	
<i>S. K. Bochkaryov, V. V. Kulagin</i>	74

**DETERMING THERMAL PHYSICS CHARACTERISTIC OF COLD
ACCUMULATOR NOZZLES OF SPACECRAFT AIRBORNE
CRYOGENIC COOLING SYSTEMS**

E. K. Krasnochub

80

TECHNICAL SCIENCES

**EVALUATION OF CHANGES OF GAS PARAMETERS IN A VESSEL WHEN ITS
WALL IS BROKEN THROUGH BY HIGH-VELOCITY MECHANICAK PARTICLES**

*A. G. Ioilev, A. S. Kucherov, V. Yu. Melcsas, G. F. Portnyagina,
A. G. Prokhorov, I. Ye. Telichev, V. G. Shakhov*

88

**MATHEMATICAL MODEL OF SYSTEM HEATING BY A MOVING SLAYER
IN CASE OF PLAZMA SLAYING**

V. M. Karasev

102

**REDUCTION OF INTERNAL AEROACOUSTIC NOISE IN A VAZ-1118
AUTOMOBILE SALON**

Ye. V. Shakhmatov, S. P. Prokhorov

111

CYBERNETICS AND INFORMATION SCIENCE

**ROAD TRAFFIC SIMULATION IN THE INTELLECTUAL
TRANSPORT SYSTEM**

T. I. Mikheeva

118

**THEORETICAL ISSUES OF DETECTING DEFECTS IN A PARALLEL HOW
OF THECNOLOGICAL OPERATIONS**

S. A. Nikishchenkov

127

HUMANITIES

**FORMATION OF FACTOR – COORDINATED COMPLETE SUPPLY
MECHANISM OF INTERACTION IN THE «CUSTOMER-SUPPLIER» SYSTEM**

V. D. Bogatyrev

133

**THE MODEL OF ECONOMIC INTERACTION BETWEEN A BANK AND BANK
LOAN-HOLDERS ON THE LOAN MARKET**

D. Z. Vagapova

138

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

© 2004 Г. П. Аншаков, Ю. Г. Антонов, Я. А. Мостовой, А. В. Соллогуб

Государственный научно-производственный ракетно-космический центр
«ЦСКБ-Прогресс»

Рассматриваются вопросы технологической защиты информации и программного обеспечения сложных технических систем.

Излагаются методы и механизмы сохранения работоспособности сложной системы при отказах и технология реализации ее работоспособности.

Введение. Под информационной безопасностью понимается защищенность информации и поддерживающей инфраструктуры от случайных или преднамеренных воздействий естественного или искусственного характера, которые могут нанести неприемлемый ущерб субъектам информационных отношений. Тогда защита информации – комплекс мер, направленных на обеспечение информационной безопасности.

При этом термин «информационная безопасность» подразумевает наличие моделей угроз вычислительной системе, ее программному обеспечению (ПО) и данным и соответствующих моделей защиты.

Безопасность вычислительной системы, ПО и данных не может обеспечиваться повсеместно и в любых условиях, то есть «среда безопасности» определяет ограничения на область безопасности в рамках принятых моделей угроз и защиты от них.

Защита информации не сводится исключительно к защите от несанкционированного доступа к информации. Субъекты информационных отношений могут нести ущерб и от прекращения функционирования соответствующих систем в результате отказов и ошибок, что в лучшем случае будет приводить к перерывам в работе.

Необходимо рассматривать пять составляющих среды безопасности:

1. Физическая безопасность, связанная с моделями физических воздействий на систему: пожары, отключение питания, электромагнитные воздействия и т. п.

2. Безопасность персонала, связанная с моделями воздействия на персонал и персо-

нала на систему.

3. Безопасность от информационных вторжений.

4. Правовая безопасность.

5. Безопасность функционирования системы, связанная с надежностью и живучестью оборудования системы и ПО, с моделями ошибок, «готовностью» оборудования и ПО и т. п.

Защита от физических воздействий – сооружения, охрана, электронные и механические замки, источники бесперебойного питания и т. п.

Защита от персонала – подбор качеств сотрудников, разграничение участков работы, доступа и осведомленности; технологическая защита.

Защита от информационных вторжений – технологическая защита, антивирусная защита, ограничение доступа и т. п.

Обеспечение надежности и живучести оборудования системы и ПО связаны с резервированием и избыточностью, с алгоритмическим резервированием, с тщательно проведенной отладкой ПО, с «аварийной защитой» системы и ПО, сетевыми фильтрами и т.п.

В настоящей статье рассмотрены вопросы технологической защиты информации и ПО сложных технических систем в процессе их разработки, а также задачи защиты информации при обеспечении отказо- и сбоеустойчивости систем – задачи информационной устойчивости и «аварийной защиты» сложных технических систем в процессе эксплуатации.

Данные задачи решались при разработке программного обеспечения систем управ-

ления космическими аппаратами (КА). Однако аналогичные задачи и рассмотренные методы их решения возникают при разработке сложных систем более общего вида.

1. Технологическая защита ПО. Задачи технологической защиты возникают при работе в средах разработки ПО, а затем при передаче информации по цепочке технологического цикла разработки ПО. Компоненты комплекса ПО в процессе коллективной разработки находятся в инструментальных средствах и принципиально должны быть доступны для внесения изменений разработчиками. Однако это делает возможным внесение в ПО и данные несанкционированных изменений (ошибочных или злоумышленных). Особенность ситуации технологической защиты заключается в том, что эти несанкционированные изменения могут проводиться со стороны легальных пользователей.

Поток несанкционированных изменений очень быстро приводит в неработоспособное состояние даже исходно работающий программный комплекс.

Технологическая защита должна обеспечить:

1. Сохранение целостности информации – ее защиту от нарушения и несанкционированных изменений.

2. Сохранение конфиденциальности информации – ее защиту от несанкционированного ознакомления.

3. Доступность информации – возможность для быстрого и санкционированного ее изменения в оговоренное технологическое время.

4. Предотвращение несанкционированного использования (кражи) ресурсов системы и ресурсов технологических средств разработки.

Методы и механизмы обеспечения сохранения целостности и конфиденциальности информации должны обеспечить защиту от следующих непреднамеренных и преднамеренных угроз в процессе разработки ПО:

1. Ошибок адресации при записи и передаче информации в комплексе инструментальных средств разработки.

2. Ошибок в информации при ее передаче и записи в комплексе инструментальных средств разработки.

3. «Вандализма» – разрушения системы ПО или данных вследствие информационных атак или ошибок.

4. «Утечек» информации – несанкционированного прочтения и копирования информации лицами, не имеющими на это разрешение и права, в том числе путем «подслушивания».

5. «Подмены» информации – несанкционированного изменения информации методами:

- «маскарада» – попыткой выдать себя за другого с целью обхода защиты и получения несанкционированного доступа к ПО и данным;

- «манипуляции» – несанкционированного изменения, вставки, удаления или перепорядочивания ПО и данных;

- «дезорганизации» – несанкционированного изменения адресной части информации в сообщениях;

- «передачи ложных сообщений» в сети инструментальных средств;

- «воспроизведения» несанкционированного перехвата сообщения, запоминания его и воспроизведения, как правило, несколько раз без изменений и проникновения в его смысл, что будет заставлять получателя в сети инструментальных средств многократно получать правильные данные или команды, что увеличивает трафик и может препятствовать нормальной работе сети.

Следует отметить, что «утечки» информации приводят к нарушению конфиденциальности и прибыли; «подмены» информации опасны целенаправленным искажением данных, например, в банковских счетах; «манипуляция» приводит к утрате достоверности и целостности ПО и данных; кража ресурсов приводит к несанкционированному использованию каналов связи и времени процессора.

Наиболее опасным субъектом угроз при разработке ПО является все-таки легальный пользователь, допущенный к ресурсам системы. В этом случае концентрация усилий защиты на предотвращение проникновения в систему (ограничений доступа) не приводит к ожидаемому эффекту.

Технологическая защита ПО от легального пользователя должна строиться по принципам:

1. Минимизация права доступа к информации и ПО с учетом целей этого доступа только в рамках выделенных ресурсов.

2. Контроль действий пользователя на предмет превышения им своих полномочий с обеспечением невозможности отказа пользователя от произведенных действий.

3. Отчуждение подлинника ПО на этапе интегрирования ПО – сборки его в программный комплекс.

При этом, если от угроз «утечек», «подмены» можно защититься методами ограничения доступа, технологической защитой, введением «запросов» разрешительной информации по паролям, шифрованием и т. п., то от ошибок адресации в сети инструментальных средств можно защищаться путем составления ограничительных (разрешительных) каталогов справочной информации, на соответствие с которым должна проверяться любая попытка записи информации.

Угрозы «утечки» и «подмены» информации (ПО и данных) имеют место не только при разработке сложных систем, но и при их эксплуатации.

Технологической защитой от угрозы «подмены» методом «воспроизведения» может быть организация временного стробирования передачи сообщений, счетчиков сообщений с одинаковыми атрибутами, контролем трафика и сравнением его с ожидаемым.

Одним из основных методов технологической защиты ПО и данных от несанкционированных изменений в процессе разработки ПО является принцип «отчуждения подлинника» от разработчика ПО.

В этом случае вводится служба «архива подлинников», в которой документы ПО, объявленные подлинниками, открыто доступны только для чтения. Запись в документы ПО, находящиеся в архиве подлинников ПО, возможна только с санкции руководителя проекта ПО. Эта санкция оформляется документально, например, в виде «Решения на доработку ПО», где указывается объем и сроки проведения коррекции ПО, необходимость коррекции смежных программ ПО и документации на систему, объем и сроки необходимой отладки.

По завершении проведения изменений в соответствии с «Решением на доработку»

измененное ПО внедряется в систему.

Операция «отчуждение подлинника» проводится после завершения автономной отладки фрагментов ПО и передачи ПО на комплексную отладку.

До сдачи ПО в эксплуатацию возможна иерархия архивов подлинников с различным уровнем санкции на изменение ПО.

После сдачи ПО в эксплуатацию уровень санкции на изменение ПО должен быть максимально высоким.

2. Защита информации в системе при сбоях и отказах аппаратуры. Информационная устойчивость. Эксплуатация сложных систем показывает необходимость защиты информации системы от отказов и сбоев ее структурных элементов, причем таким образом, чтобы система сохраняла свои функциональные возможности. Обычно это обеспечивается наличием избыточности в аппаратуре ЦВМ и ПО. Эта избыточность может быть использована двумя принципиально различными способами:

1. Деграцией системы и ее характеристик в пространстве работоспособных состояний при отказах и сбоях ее структурных элементов.

2. Восстановлением работоспособности отказавших структурных элементов путем использования взамен их резервных элементов.

С данными способами обычно связывается свойство отказосбоеустойчивости сложных систем.

Так как алгоритмы встроенного контроля и диагностика реализуются и информация в системах концентрируется во встроенных ЦВМ, то вопросы отказоустойчивости сложных систем целесообразно рассматривать применительно к отказам (неисправностям) встроенных ЦВМ как к критическому в смысле достижения отказоустойчивости звену.

Отказоустойчивость реализуется при наличии в системе следующих свойств (таблица 1) [3]:

1. Избыточность аппаратуры и в определенной мере ПО.

2. Наличие средств встроенного контроля и диагностики для обнаружения и диагностики отказов и сбоев.

Таблица 1

Отказоустойчивость	
<i>Свойства</i>	<i>Методы</i>
Избыточность	1. Аппаратное резервирование. 2. Структурная перестройка (реконфигурация). 3. Деграция характеристик. 4. Избыточное отказоустойчивое кодирование.
Встроенный контроль и диагностика для обнаружения момента перехода на резерв	5. Обнаружение отказов общесистемными средствами. 6. Сравнение нескольких однородных реализаций: - аппаратное на каждой машинной операции; - программное. 7. Самопроверки и взаимные проверки: - аппаратные; - тестовые. 8. Моделирование и предсказание процессов управления по текущим состояниям. 9. Разделение отказов от сбоев.
Сохранение правильной информации процессов управления для продолжения работы	10. Запоминание правильной информации в КТ. «Откат» к КТ - загрузка запомненной правильной информации в резервные устройства. 11. Загрузка информации из системы более высокого уровня иерархии. 12. Исправление информации в сбившихся устройствах. 13. «Пропуск» - загрузка текущей информации в точке устранения неисправности (сбоя).

3. Сохранение «правильной» информации процессов управления во время отказа или сбоя и в процессе его парирования для загрузки ее в подключаемые резервные элементы.

При этом практическая реализация свойств 2 и 3 всегда сопровождается возмущениями, которые прикладываются к системе в момент возобновления функционирования. После восстановления работоспособности эти возмущения, связанные со старением информации в системе из-за отсутствия управления в течение некоторого времени, не должны приводить к потере устойчивости системы.

Таким образом, наличие только резерва аппаратуры не обеспечивает отказоустойчивости системы, также как вероятность безотказной работы (ВБР) характеризует ее не в полной мере.

Наряду с ВБР мерой отказоустойчивости должна быть вероятность сохранения устойчивости работы системы, которая является функцией вероятности обнаружения и диагностики отказа за заданное время, вероятности сохранения и загрузки «правильной» информации в резервные устройства, вероятности появления определенного уровня возмущений на систему в момент восстановления управления.

Различные методы сохранения правильной информации при обеспечении отказоустойчивости из таблицы 1 обеспечивают соответственно различную вероятность сохранения устойчивости системы (различную вероятную величину кратковременных возмущений на фазовых координатах системы) в момент восстановления управления.

Обнаружение отказов или сбоев, приводящих к искажению информации, может базироваться на обнаружении их последствий системными средствами - они проявятся через какой-то интервал времени в виде отклонений за допустимую область фазовых координат системы. В результате команда на подключение резерва или реконфигурацию будет получена с большой задержкой, когда продолжать работу нельзя и надо думать об аварийной защите системы, если она еще возможна.

Поэтому обычно обнаружение отказов или сбоев, а точнее искажений информации, базируется на сравнении на аппаратном или программном уровне двух или более однородных результатов, полученных в управляющей вычислительной системе по одним и тем же исходным данным, по одному и тому же либо по различным алгоритмам, на аппаратном либо тестовом самоконтроле устройств системы или на их взаимном контроле путем

обмена контрольной информацией. Последние методы обладают существенно меньшим запаздыванием, чем первый, то есть обнаружение отказов может произойти до того, как они или их последствия стали различимы в поведении системы.

При решении вопроса защиты информации процессов управления от последствий сбоя или отказа (для продолжения работы системы после парирования отказа) возможен вариант с «откатом» - возвратом процесса к точке, где исправное состояние системы и информации было обеспечено. Для возможности «отката» нужно запоминать и хранить некоторые состояния процесса в потенциальных точках возврата - контрольных точках (КТ).

Также возможен вариант с «пропуском» - продолжением процессов управления после восстановления работоспособности по текущей информации в точке устранения неисправности или сбоя.

Кроме того, возможен вариант «исправления» путем замены неверной информации в устройствах системы на правильную из заведомо работоспособных устройств. Например, такое исправление происходит в системах с мажорированием информации, аппаратном или программном, для «выпадающего» канала аппаратуры.

Методы аппаратного мажорирования (голосования) при выполнении каждой машинной операции в ЦВМ системы, а также избыточного отказоустойчивого кодирования при хранении и передаче информации обеспечивают использование избыточности, обнаружение ошибки, восстановление правильной информации в течение одной машинной операции на аппаратном уровне и не требуют ни «отката», ни «пропуска».

При других методах обеспечения отказо- и сбоеустойчивости (таблица 1) в сложном мультипрограммном ПО на интервале времени от момента возникновения отказа (сбоя) до момента его обнаружения процедурой диагностики может быть выдан ряд команд управления, принята или выдана информация, выработаны и сохранены глобальные переменные в ПО, инициирован ряд программ ПО. Проблема заключается в том, что

все эти действия уже могут содержать ошибку, но в момент их исполнения она еще не обнаружена.

В связи с этим тактика исполнения процедуры диагностики отказа (сбоя) должна учитывать последовательность выдачи и приема команд и информации во встроеной ЦВМ, обращений ее к базе данных.

Без учета этого исполнение «отката» или «пропуска» не обеспечивает правильного функционирования системы в дальнейшем.

3. Аварийная защита. В общем случае «откат» с целью получения правильной информации для дальнейшей работы системы после сбоя или «отката» можно осуществлять в другое устойчивое состояние системы. Эта возможность приводит к методу обеспечения работоспособности систем при отказах, который назовем «аварийной защитой».

Этот метод связан с организацией дополнительного устойчивого состояния системы, при нахождении в котором отказ может быть устранен и ее работоспособность восстановлена. Дополнительные устойчивые состояния системы, возможные хотя бы для части наиболее значимых ее фазовых координат, и методы перевода в них должны быть определены при проектировании системы. Например, для КА дополнительному устойчивому состоянию соответствует движение по орбите без угловой ориентации его связанных осей.

Рассматриваемая далее «аварийная защита» базируется на «мягком останове» системы при возникновении отказов и переводе ее в дополнительное устойчивое состояние «первоначального запуска».

«Мягкий останов» должен обеспечить как можно более организованное и приближенное к штатному выключение аппаратуры системы, что препятствует развитию аварийной ситуации и обеспечивает отсутствие необратимых последствий от отказа для системы, окружающей среды и информации. Этим самым «мягкий останов» создает условия для восстановления работоспособности системы и дальнейшего ее устойчивого функционирования после проведения соответствующих ремонтных мероприятий.

Диагностика отказов в сложной технической системе может занимать определенное время. Еще большее время может занимать восстановление работоспособности и рестарт системы, например, путем внесения изменений в программное обеспечение. Использование аварийной защиты «с мягким остановом» позволяет сочетать быструю реакцию системы на отказ с подключением эксплуатирующего персонала или системы более высокого уровня иерархии к диагностике и восстановлению работоспособности системы.

Заключение. Поскольку возможность сохранения работоспособности сложной системы при отказах и технология реализации ее работоспособности связана с сохранением и восстановлением информации, то можно говорить об информационной устойчивости сложной системы, которая дополняет оценку ее динамической устойчивости.

В процессе разработки сложных систем возникает необходимость защиты ПО и данных в инструментальных средствах разработки ПО, встроенных в систему ЦВМ. Методы технологической защиты этой информации обеспечивают доступность по внесению из-

менений и защищают от несанкционированных воздействий на данные и ПО.

Список литературы

1. Козлов Д. И., Аншаков Г. П., Мостовой Я. А., Соллогуб А. В. Управление космическими аппаратами зондирования Земли: Компьютерные технологии. – М.: Машиностроение, 1998.

2. Ю. Г. Антонов, Я. А. Мостовой, Ю. В. Чайкин. Принципы определения моментов проведения информационного согласования результатов работы каналов резервированной БВС КА / Тезисы докладов третьей международной научно-технической конференции «Микроэлектроника и информатика». – Москва, Зеленоград, 1997.

3. G. P. Anshakov, Y. G. Antonov, Y. A. Mostovoy. Fault-tolerance and Disaster Protection of the Complex Technical Systems / International Symposium on Impact of Space Technology Innovation on Economic Development, Shanghai, China, April 17-20 2001 г .

4. Иуду К. А. Надежность, контроль и диагностика вычислительных машин и систем. – М.: Высшая школа, 1989.

SOME ISSUES OF TECHNOLOGICAL INFORMATION PROTECTION AND INFORMATION STABILITY OF COMPLEX SYSTEMS

© 2004 G. P. Anshakov, Yu. G. Antonov, Ya. A. Mostovoy, A. V. Sollogub

State Research and Production Space Rocket Centre “TsSKB-Progress”

Issues of technological protection of information and software of complex technical systems.

Methods and mechanisms of maintaining the efficiency of a complex system in case of failures are proposed. The technology of ensuring its efficiency is also proposed.

УДОСТОВЕРЯЮЩИЕ ЦЕНТРЫ КАК ИНФРАСТРУКТУРА СОВРЕМЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЦИФРОВЫЕ БАРЬЕРЫ

© 2004 Г. Э. Афанасьев

Информационно-аналитический департамент ЦСИ ПФО

Анализируется наиболее значимая проблема в области информатизации, связанная с новыми административными барьерами – цифровыми барьерами, которые возникли из-за технологических и организационных рассогласований. Выделяются несколько типов цифровых барьеров: непроницаемые границы между различными ведомствами, между регионами России и международные цифровые границы.

Предлагаются пути преодоления существующих барьеров.

Еще несколько лет назад главным лейтмотивом развития информационного общества было преодоление цифрового неравенства. Один из наиболее глобальных документов по информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ), Окинавская хартия, посвящена именно задаче преодоления цифрового неравенства. С 2000 года, когда представители стран большой восьмерки подписали этот документ, ситуация полностью изменилась. Сейчас наиболее значимая проблема в области информатизации связана с новыми административными барьерами – цифровыми барьерами, которые возникли из-за технологических и организационных рассогласований. Основная задача повышения экономического роста в России – задача удвоения ВВП – может быть выполнена только при условии обеспечения свободного перемещения всех видов ресурсов: денег, товаров, людей и информации.

Можно выделить несколько типов цифровых барьеров, возникших в процессе информатизации: это непроницаемые границы между различными ведомствами, между регионами России и международные цифровые границы. Эта классификация основана на итогах 23 встреч, которые провел автор за последний месяц в регионах Приволжского федерального округа. Как член рабочей группы по удостоверяющим центрам, автор готовит доклад, в котором будет отражен согласованный региональный и окружной взгляд на весь комплекс задач, связанный с преодолением цифровых барьеров и полномасштабным внедрением электронной цифровой подписи (ЭЦП).

Говоря о межведомственных цифровых барьерах, имеется в виду ситуация, при которой данные в электронной форме, выработанные в одном ведомстве, могут быть юридически оправданно переданы в электронном виде и рассмотрены в другом. Беседы с госслужащими, ответственными за информатизацию в региональных министерствах и ведомствах, показали, что сейчас ключевая задача в вопросе преодоления цифровых барьеров – обеспечение легитимной идентификации, а не шифрование данных. В госорганах очень редко возникает потребность зашифровать файл при передаче через электронную почту. Широко принятые в мире системы защиты пользователей, данных и прикладных программ стандарта PKI (Public Key Infrastructure) – инфраструктура открытых ключей – с точки зрения практического использования – это в первую очередь идентификация, а не шифрование.

Цифровые барьеры, как межведомственные, так и межрегиональные, не являются следствием или издержками «неправильной» информатизации. Напротив, их появление закономерно и есть конкретное воплощение инновационных барьеров.

Если сосредоточиться на задаче построения инфраструктуры ЭЦП, то причины рассогласования лежат в несовместимости технологических платформ. Необходимо выделить три составляющих информационной системы: прикладное программное обеспечение (ПО), криптографию, сертификаты ЭЦП. В задаче построения единой эффективной системы цифрового обмена есть несколько уровней: согласование стандартов ПО,

криптоплатформ и стандартов сертификатов на открытые ключи.

Продолжение линии «изолированной» информатизации разных территорий и ведомств, усиления цифровых барьеров ведет к информационному, а значит и ресурсному «тромбофлебиту». Задержки и заторы в движении информации влекут за собой сложности в перемещении всех остальных видов ресурсов. Несогласованность политики внедрения ЭЦП имеет также и краткосрочный отрицательный финансовый результат, состоящий в дублировании траты государственных денег на параллельное создание десятков ведомственных удостоверяющих центров и выдачу наборов ЭЦП одним и тем же юридическим лицам. Речь идет о ситуации, когда юридическое лицо для взаимодействия с разными госорганами использует разные криптосредства и учитывается в десятке внутренних удостоверяющих центров. Типовая попытка «договориться» между ведомствами выглядит так. Одно ведомство предлагает другому: установите у себя то средство, которое есть у нас, и будем обмениваться данными. Но второе ведомство уже также потратило средства на построение своей системы и не намерено начинать все с нуля. Для пользователя ситуация оборачивается тем,

что он обременен дополнительным «налогом» на приобретение специфичных средств для общения с каждым ведомством.

Все эти проблемы являются следствием принятия ведомственной модели построения удостоверяющих центров. Дело уже не в правильности действий отдельных участников, а в самом принципе. Усиление барьеров в этом случае неизбежно. Предлагается альтернативная модель – окружная. В рамках этой модели работают крупные удостоверяющие центры, поддержанные президентской линией власти в округе, которые, во-первых, не продвигают никакие отдельные криптоалгоритмы и, во-вторых, работают исключительно с сертификатами ЭЦП, не принимая на себя никаких других функций. Подход к выбору модели важен и потому, что если госведомства между собой не договорятся, то это отразится на пользователях государственных услуг и повлечет за собой падение престижа госсектора в целом. Результатом серии встреч в ПФО стала предварительная договоренность о пилотном проекте по обмену данными с использованием сертификатов окружного удостоверяющего центра. С информацией о проекте можно познакомиться по адресу www.ekey.ru.

CERTIFICATION CENTRES AS THE INFRASTRUCTURE OF MODERN INFORMATION SECURITY AND DIGITAL BARRIERS

© 2004 G. E. Afanasiev

Information Analysis Department of Information Insurance Centre, Privolzhsky Federal District

The paper analyses the most important problem in the area of information connected with new administrative barriers – digital barriers which came into existence due technological and organizational mismatches. Several types of digital barriers are isolated: impenetrable, borders between different departments, between Russia's regions and international digital borders.

Ways of overcoming existing barriers are proposed.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИХ АВТОНОМНОСТИ И НЕЗАВИСИМОСТИ

© 2004 В. Г. Засканов

Самарский государственный аэрокосмический университет

Статья посвящена оценке экономической безопасности крупных промышленных регионов. Сформулированы математические модели задач оптимизации деятельности региона и введены количественные оценки их безопасности.

Показана возможность использования предложенного подхода для решения задач управления экономической крупных промышленных регионов.

Крупные промышленные регионы, например такие, как Самарская область, представляют собой относительно автономные мегаполисы, включающие в свой состав промышленное производство, сферу услуг и секторы социального развития. В то же время подобные образования функционируют в составе некоторой метасистемы более высокого порядка, например государства с его органами управления. Кроме того, крупные промышленные регионы взаимодействуют с элементами внешней среды (смежными регионами, иностранными государствами и др.). Исследование механизмов взаимодействия региона с элементами внешней среды целесообразно начать с рассмотрения следующей схемы (рис. 1).

Промышленный регион представляет собой совокупность множества $I = \{i = \overline{1, n}\}$ взаимодействующих хозяйственно – экономических субъектов. В целях упрощения изложения предположим, что $n = 2$, как это показано на рисунке 1. Работу элементов 1 и 2 можно характеризовать двумя видами деятельности. Первый вид предполагает внутрирегиональное взаимодействие. Так потоки продукции x_{12} и x_{21} (в натуральном или стоимостном выражении) представляют внутрирегиональное взаимодействие элементов. С учетом современного состояния развития российской экономики именно характеристики этих потоков в основном определяют уровень благосостояния промышленного регио-

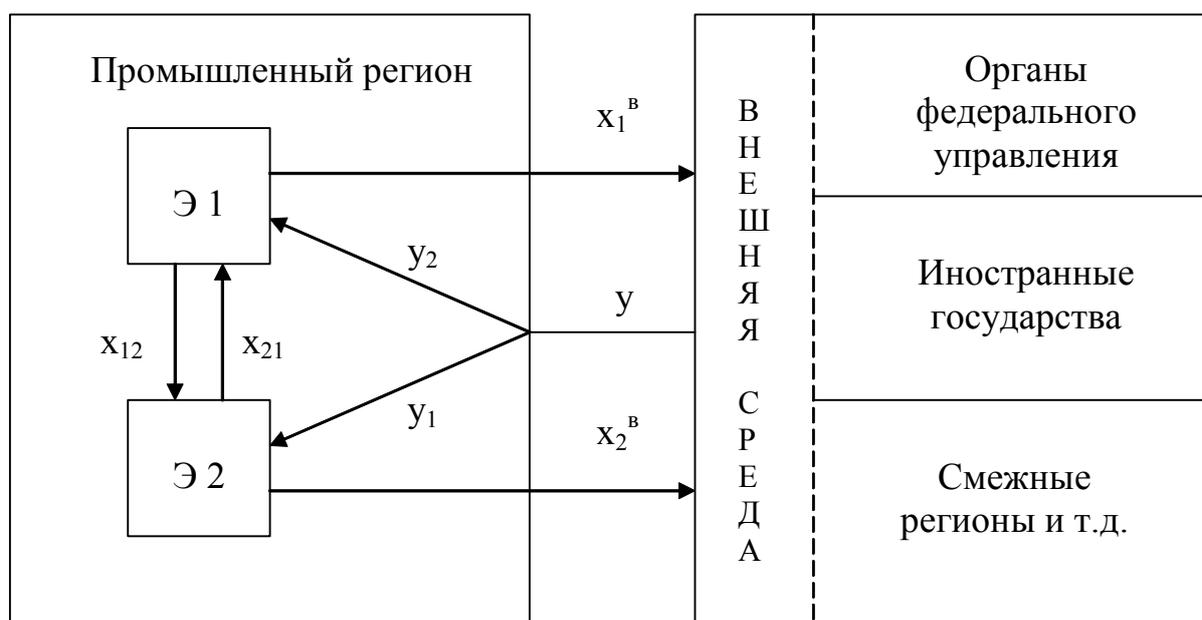


Рис. 1. Укрупненная схема взаимодействия крупного промышленного региона с элементами внешней среды

на и его элементов. В то же время нельзя игнорировать факт все возрастающего влияния взаимодействия промышленного региона с элементами внешней среды. При этом имеют место два вида взаимодействий. Первый – обмен ресурсными потоками (материальной продукцией, финансами) в виде x_1^B, x_2^B, y_1, y_2 . Данный вид взаимодействия можно классифицировать как непосредственный. Кроме этого, имеется вектор $A = \{a_1, a_2, \dots, a_s, \dots, a_m\}$, компоненты которого есть совокупность юридических, экономических и прочих нормативов, регламентирующих правила отношений как между элементами рассматриваемой системы, так и их отношения с элементами внешней среды. С учетом сказанного, рассматривая задачу оптимизации деятельности региона, можно предложить следующую ее формализованную постановку.

$$\begin{cases} \Phi(x_{12}, x_{21}, x_1^g, x_2^g, y_1, y_2, a_1, a_2, \dots, a_m) \rightarrow \max, \\ x_{12} + x_1^g \leq X_1, \\ x_{21} + x_2^g \leq X_2, \\ x_1^g \leq x_1^{CIP}, \\ x_2^g \leq x_2^{CIP}, \\ y_1 + y_2 \leq y^{предл}, \end{cases} \quad (1)$$

где Φ – критерий оптимальности; X_1, X_2 – производственные возможности 1-го и 2-го элементов; x_1^{CIP}, x_2^{CIP} – спрос внешней среды на продукцию 1-го и 2-го элементов; $y^{предл}$ – предложение товаров внешней средой.

Оптимальное решение $x_1^0, x_2^0, y_1^0, y_2^0$ во многом определяется ограничениями и значениями параметров a_s , о которых шла речь выше.

Рассмотрим проблему экономической безопасности функционирования исследуемой региональной системы. При этом необходимо определить семантическое содержание понятия «экономическая безопасность», поскольку в настоящее время отсутствует четкая, общепризнанная трактовка данной категории. Поэтому, не претендуя на окончательность ответа, примем в данной работе, что под безопасностью (степенью безопасности) будет пониматься способность системы обеспечивать определенное (заданное, допу-

стимое) качество функционирования при наличии внешних и внутренних возмущений. Для модели (1) можно в качестве инструмента формализованной оценки качества функционирования региона взять значение критерия оптимальности.

Тогда в исходном состоянии при некоторых фиксированных условиях (ограничениях, нормативах) имеет определенное решение (1) в виде x^0, y^0 . Данному решению соответствует оптимальное значение критерия $\Phi^0(x^0, y^0)$. Предлагается следующий подход для введения качественной меры оценки экономической безопасности региона.

Внешние воздействия, которые можно отнести к разряду угроз, в конечном счете находят свое формализованное воплощение в виде колебаний, то есть некоторых изменений параметров модели: $\Delta a_s, \Delta X_1, \Delta X_2, \Delta x_1^{CIP}, \Delta x_2^{CIP}, \Delta y^{предл}$. Данные возмущения (угрозы) приводят к изменению оптимальных решений Δx_i и Δy_i . В новых «возмущенных» условиях необходимо искать и новое решение, выбирая стратегии, соответствующие этим условиям. Это приведет к изменению значения критерия оптимальности на величину $\Delta\Phi(\Delta x, \Delta y)$.

Рассматривая проблему безопасности, очевидно следует выделить минимально допустимое значение критерия Φ . Уменьшение значения критерия ниже уровня Φ отнесем к состоянию угрозы экономической безопасности. Следовательно, условие экономической безопасности может описываться неравенством

$$\Phi^0(x^0, y^0) - \Delta\Phi(\Delta a) \geq \Phi. \quad (2)$$

Отметим, что при введении условия (2) предполагается положительная семантика критерия Φ (например, доход, прибыль, валовой продукт и т. д.).

Используя (1) и (2), сформулируем задачу оценки экономической безопасности. Исходим из существования вектора $z = \{z_i\}$, интегрирующего в себе нормативы и параметры ограничений. С учетом этого введем показатели чувствительности переменных плана x, y и критерия Φ к вариациям Δz :

$$\alpha_x = \frac{\partial x}{\partial z}, \quad \alpha_y = \frac{\partial y}{\partial z}, \quad \alpha_\phi = \frac{\partial \Phi}{\partial z}. \quad (3)$$

Рассмотрим в качестве примера класс линейных моделей, используемых при описании систем региональной экономики. Техника нахождения коэффициентов чувствительности (3) для данного класса описана в [1]. При использовании информации об α планы и критерии при наличии возмущений Δz изменяются следующим образом:

$$\Delta x = \alpha_x \cdot \Delta z, \quad \Delta y = \alpha_y \cdot \Delta z, \quad \Delta \Phi = \alpha_\phi \cdot \Delta z. \quad (4)$$

Условие допустимых пределов возмущений по Δz , при которых выполняются условия экономической безопасности регионов в принятом выше смысле, имеет вид:

$$\Delta z \leq \frac{\Phi^0(x^0, y^0) - \Phi}{\alpha_\phi}. \quad (5)$$

Таким образом, предложенный подход может быть использован при исследовании экономической безопасности крупных промышленных регионов и других задач управления региональной экономикой.

Список литературы

1. Гришанов Г. М., Засканов В. Г., Оглезнев Н. А. Вопросы анализа плановых решений в линейных организационно-экономических системах // Моделирование процессов перспективного планирования отраслевых комплексов. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 32-35.

ASSESSMENT OF ECONOMIC SECURITY OF LARGE INDUSTRIAL REGIONS IN TERMS OF THEIR AUTONOMY AND INDEPENDENCE

© 2004 V. G. Zaskanov

Samara State Aerospace University

The paper deals with the assessment of economic security of large industrial regions. Mathematical models of region activity optimization tasks are formulated. Quantitative estimates of their security are introduced.

The possibility of applying the proposed approach to solve the tasks of managing the economy of large industrial regions is shown.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

© 2004 В. Ю. Карпычев

ГУ НПО «Специальная техника и связь»

Рассматриваются вопросы инвестиционного анализа разрабатываемых систем информационной безопасности. Дается классификация категорий ущерба и оцениваются риски и уровни нарушения информационной безопасности.

Описывается порядок выбора допустимого уровня риска.

В условиях рыночной экономики любой хозяйствующий субъект (ХС) при ограниченности финансовых ресурсов имеет широкий спектр инвестиционных возможностей. Поэтому для оптимизации инвестиционного портфеля необходимо правильно оценивать эффективность инвестиционных проектов. Это положение полностью относится к информационным технологиям (ИТ), которые менеджеры рассматривают как средство решения задач бизнеса: снижение издержек производства, повышение производительности критичных для бизнеса операций и т. д.

Однако в этом подходе существует исключение: цели инвестиций в системы информационной безопасности (СИБ) отличаются от стандартных целей ИТ-инвестиций. В контексте СИБ нельзя говорить о непосредственном возврате инвестиций, так как они не предполагают потока будущих денежных поступлений, покрывающих инвестиции.

С экономической точки зрения инвестиции в СИБ

1. Имеют целью предотвращение (снижение) ущерба от возможного нарушения ИБ, а не получение дополнительных экономических выгод.

2. Сами являются для ХС специфическим экономическим ущербом.

3. Экономически целесообразны, если их размер не превышает размера возможного ущерба.

Эти идеи определяют основные направления инвестиционного анализа СИБ: оценку ущерба в случае реализации угроз ИБ и оценку затрат на создание СИБ.

Анализ ущерба при реализации угроз информационной безопасности. Очевидно, что любой объект ИБ обладает некоторой *ценностью*. Однако количественная оценка ценности информации имеет особенности и связана с большими трудностями. Поэтому наиболее характерна качественная оценка ценности объекта ИБ, например, малоценный, средней ценности, ценный и т. д.

При реализации *угрозы* в отношении конкретного объекта ИБ можно говорить об *ущербе* объекту, который определяется в процентах от ценности объекта.

Категории ущерба. Традиционно под ущербом понимаются материальные потери, оцениваемые в количественном или стоимостном исчислении. При этом игнорируются иные отрицательные результаты реализации угроз. Поэтому более корректно выделение не только «материального», но и «нематериального» ущерба.

Под *материальным ущербом* понимается ущерб, который характеризуется количественно измеримыми показателями и имеет непосредственную и, возможно, функциональную связь с финансовыми показателями ХС.

Нематериальным ущербом можно считать ущерб, нанесенный *гудвилу* ХС: имиджу, репутации, конкурентным преимуществам и пр. В современной экономике нематериальный ущерб оказывает значительное влияние на экономическую безопасность ХС. Так, «снижение уровня конкурентоспособности» предполагает потери в продвижении продукции, которое, в свою очередь, связано с другими показателями, например таким, как

«неудовлетворенность клиентов».

Расчет нематериального ущерба очень сложен, поскольку нематериальные потери оцениваются субъективными показателями с лингвистическими или «балльными» значениями.

Вероятность нанесения ущерба. Кроме абсолютной величины существенную роль при экономическом анализе имеет вероятность нанесения ущерба. В данном контексте под *вероятностью* понимается мера уверенности в том, что какое-либо событие произойдет в действительности. Она также оценивается лингвистически или в баллах. Для оценки вероятности ущерба можно использовать *частоту реализации угрозы* за определенный период времени.

Риск нарушения информационной безопасности. Как известно, деятельность ХС, которая сопровождается вероятным появлением ущерба, считается *рисковой*. Для качественной оценки риска обычно используются табличные методы. В простейшем случае используется субъективная оценка двух факторов: *вероятности угрозы* и *величины ущерба*. Двухфакторная оценка моделирует ситуацию отсутствия на предприятии СИБ. В этом случае реализованная угроза ведет к нанесению ущерба объекту ИБ.

При наличии СИБ модель риска должна учитывать способность системы противодействовать реализации угрозы. Для этого модель может быть дополнена фактором *уязвимости* СИБ, а риск должен учитывать вероятность преодоления СИБ при реализации угрозы. Поэтому вероятность нанесения ущерба уже не равна вероятности реализации угрозы.

Ранжирование рисков. Для формирования решений по противодействию угрозам целесообразно оценить степень опасности каждой угрозы и, используя эти данные, произвести их ранжирование. Эту задачу удобно решать на основе таблицы рисков, которая представляет собой матрицу угроз и поставленных им в соответствие рисков.

Множество количественно оцененных рисков позволяет построить стек угроз (последовательность убывающих значений рисков). Таблица и стек рисков могут быть ис-

пользованы для анализа с целью выявления угроз (уязвимостей) в стеке, которые обеспечивают наибольший вклад в значение интегрального риска.

После процедуры спецификации и оценки риска аудит ИБ может быть ограничен теми рисками, которые реальны для этого предприятия.

Выбор допустимого уровня риска. Выбор допустимого уровня риска связан с затратами на реализацию СИБ. В простейшем случае могут быть реализованы так называемый базовый уровень или повышенный уровень ИБ.

Базовый уровень ИБ обязателен для любой ИТ. Для его обеспечения используется упрощенный подход к анализу рисков, при котором рассматривается стандартный набор наиболее распространенных угроз безопасности (вирусы, сбои оборудования, несанкционированный доступ и т. д.).

Для противодействия этим угрозам принимается типовой набор решений по обеспечению ИБ вне зависимости от вероятности их осуществления и уязвимости ресурсов. Поэтому характеристики угроз на базовом уровне и вопросы эффективности обеспечения ИБ не рассматриваются. Подобный подход приемлем, если ценность объектов ИБ не является чрезмерно высокой.

Затраты на аппаратно-программные средства ИБ и организационные мероприятия, необходимые для соответствия информационной системы базовым спецификациям, являются обязательными. Дополнительные затраты, обоснованные результатами аудита ИБ, не должны превышать 5-15 % средств, необходимых для работы информационной системы.

Второй подход применяется при обеспечении *повышенного уровня* безопасности. Для этого проводится анализ рисков в полном объеме: определяется ценность ресурсов; к стандартному набору добавляется список угроз, актуальных для конкретной информационной системы; оцениваются вероятности угроз; определяются уязвимости ресурсов.

Обычно проводится анализ по критерию «стоимость/эффективность» нескольких вариантов защиты. В зависимости от степе-

ни готовности ХС к совершенствованию ИБ и характера основной деятельности обоснование выбора допустимого уровня риска может проводиться разными способами.

При этом следует иметь в виду, что ущерб от нарушения ИБ может быть значительно ниже стоимости СИБ (т. е. речь идет об избыточно надежной СИБ). И, следовательно, основной ущерб ХС связан не с потерями от нарушения ИБ, а с чрезмерно высокой стоимостью системы. Поэтому инвестиции в создание и эксплуатацию СИБ должны быть сбалансированы и соответствовать масштабу угроз.

Такой качественный анализ показывает, что в инвестиционном диапазоне существует оптимальное значение инвестиций в СИБ, минимизирующее *общий ущерб* при нарушениях ИБ. Именно в этом смысле рассматривается задача создания экономически оптимальной СИБ для ХС.

Применение даже недорогих способов и средств обеспечения ИБ резко снижает суммарный ущерб. Поэтому инвестиции в СИБ в сравнительно небольших размерах очень эффективны.

Рост затрат на СИБ сверх оптимального значения ведет к увеличению ущерба. В этом случае повышение надежности СИБ и соответствующее снижение вероятности ущерба нивелируется чрезмерно высокой стоимостью самой СИБ. Поэтому наилучшей стратегией, видимо, является использование СИБ, обеспечивающей минимум ущерба.

В случае, когда доминирующим требованием является обеспечение гарантированной ИБ на заданном уровне, реализация концепции экономически оптимальной СИБ не применима. Это относится, например, к конфиденциальным сведениям государственных организаций.

ECONOMIC ASPECTS OF ENSURING INFORMATION SECURITY

© 2004 V. Yu. Karpychev

Privolzhsky Branch of State Institution "Research and Production Association "Specialized Equipment and Communication" of the Ministry of Home Affairs of Russia

Issues of investment analysis of information system security are discussed. Classification of damage categories is given. Risks and levels of affecting information security are assessed.

The order of choosing the acceptable risk level is described.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

© 2004 Д. С. Мащенко

Центр спецсвязи ФСО России

Рассматриваются вопросы организации безопасности конфиденциальной информации, циркулирующей в электронном виде.

Анализируются проблемы, возникающие при обработке систем информационно-экономической безопасности, и предлагаются пути их решения.

Что такое информационно-экономическая безопасность? В первую очередь, это одна из составляющих экономической безопасности, под которой принято понимать то состояние экономики и институтов власти, при котором обеспечиваются гарантированная защита национальных интересов, социальная направленность политики, достаточный оборонный потенциал даже при неблагоприятных условиях развития внутренних и внешних процессов.

В то же время информационно-экономическая безопасность является составляющей информационной безопасности, которая в разных контекстах может иметь различный смысл. Мы остановимся на одном. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации термин «информационная безопасность» определяет как состояние защищенности национальных интересов в информационной сфере, определяемых совокупностью сбалансированных интересов личности, общества и государства.

Таким образом, под информационно-экономической безопасностью, наверное, надо понимать защищенность экономических интересов в информационной сфере. Интересов в экономике очень много, и все рассматривать у нас нет возможности. Мне по роду своей деятельности ближе аспект безопасности информации, циркулирующей в экономической сфере. Вещи эти несколько различны, так как понятия информационной безопасности и безопасности информации путать ни в коем случае нельзя. К сожалению, закон арифметики, по которому от перестановки слагаемых сумма не изменяется, в дан-

ной области приводит к печальным результатам.

Я буду говорить именно о безопасности информации.

С точки зрения построения информационных взаимосвязей в экономике, мы получаем полнодоступную схему, в которую включены органы государственной власти, производственные структуры и, соответственно, потребители. Очевидно, что информация в этих потоках носит различный характер как по своему содержанию, так и по способам ее обработки и хранения.

Федеральный закон «Об информации, информатизации и защите информации» № 24-ФЗ от 20.02.95 г. определил, что по категории доступа информация может быть:

- открытая;
- ограниченного доступа.

В свою очередь, информация ограниченного доступа подразделяется на информацию, отнесенную к государственной тайне, и конфиденциальную.

Именно эту информацию с точки зрения организации информационно-экономической безопасности я рассмотрю.

Приступая к организации безопасности, любому на практике придется столкнуться с достаточно большим объемом вопросов, которые необходимо решить. Любая система защиты должна непременно отвечать требованиям современного законодательства, быть надежной в эксплуатации и эффективной в отношении объекта защиты. Немаловажен и вопрос стоимости такой системы – она не должна превышать стоимости объекта защиты, иначе мы получим систему, суще-

ствующую ради самой себя.

Существующее законодательство в области защиты информации далеко от идеала. Если в области защиты государственной тайны мы имеем более или менее стройную систему законодательных и нормативных документов, то в вопросах о защите конфиденциальной информации такая система отсутствует.

В настоящей статье рассматриваются вопросы организации безопасности конфиденциальной информации. Хочу сразу обратить внимание на то, что информация, не только защищаемая, а вообще информация различается не только по своему типу, но и по видам носителей, на которых она находится. Соответственно и подходы к защите различны. Способы защиты информации на бумажном носителе в корне отличаются от защиты информации, обрабатываемой в электронном виде. Что-то можно защитить, применяя только организационные меры, а где-то нужны еще и технические мероприятия. Опять же сделаю оговорку, рассматривая информационно-экономическую безопасность, я буду делать упор именно на защиту информации, циркулирующей в электронном виде, как наименее защищенную сейчас.

Итак, что мы имеем в области законодательства? Во-первых, мы не имеем самого главного – закона «О конфиденциальной информации» как основополагающего документа. Закон «Об информации, информатизации и защите информации» понимает под конфиденциальной информацией документированную информацию, доступ к которой ограничивается в соответствии с законодательством Российской Федерации. Существует еще и Указ Президента № 188 от 6 марта 1997 г., который определил перечень сведений конфиденциального характера. К этой информации относятся:

1. Сведения о фактах, событиях и обстоятельствах частной жизни гражданина, позволяющие идентифицировать его личность (персональные данные), за исключением сведений, подлежащих распространению в средствах массовой информации в установленных федеральными законами случаях.

2. Сведения, составляющие тайну следствия и судопроизводства.

3. Служебные сведения, доступ к которым ограничен органами государственной власти в соответствии с Гражданским кодексом Российской Федерации и федеральными законами (служебная тайна).

4. Сведения, связанные с профессиональной деятельностью, доступ к которым ограничен в соответствии с Конституцией Российской Федерации и федеральными законами (врачебная, нотариальная, адвокатская тайна, тайна переписки, телефонных переговоров, почтовых отправлений, телеграфных или иных сообщений и так далее).

5. Сведения, связанные с коммерческой деятельностью, доступ к которым ограничен в соответствии с Гражданским кодексом Российской Федерации и федеральными законами (коммерческая тайна).

6. Сведения о сущности изобретения, полезной модели или промышленного образца до официальной публикации информации о них.

Не в моей компетенции обсуждать указанные законодательные акты, но мне кажется, что понятие конфиденциальной информации несколько шире. В любом случае закон «О конфиденциальной информации» необходим уже в самое ближайшее время. Если мы говорим о законах в области защиты информации, то перечислим некоторые из них:

1. Закон РФ от 21 июля 1993 года № 5485-1 «О государственной тайне».

2. Закон РФ от 20 февраля 1995 г. № 24-ФЗ «Об информации, информатизации и защите информации».

3. Закон РФ от 4 июля 1996 года № 85-ФЗ «Об участии в международном информационном обмене».

4. Закон РФ от 10 января 2002 года № 1-ФЗ «Об электронной цифровой подписи».

Существует и еще целый ряд других законов, перечислять которые нет особого смысла. Тем более, что в принципе важно не количество законов, а понимание требований, которые необходимо выполнять на практике.

Требования перед применяемой или планируемой к применению системой защиты информации таковы:

- деятельность по защите информации может осуществляться только при наличии соответствующих лицензий;

- технические средства, применяемые для защиты информации, должны быть сертифицированы;

- должны проводиться аттестационные мероприятия в отношении объектов информатизации.

Подход к защите информации техническими средствами может быть двояким: можно реализовать систему защиты информации как с помощью криптографических, так и некриптографических средств, или тех и других одновременно. Однако в любом случае необходимы лицензии. Ситуация с применением средств некриптографической защиты осталась прежней – лицензирование в этой области осталось в компетенции Гостехкомиссии России. Изменилась ситуация в области применения криптографии. До недавнего времени вопросами в этой области занималось федеральное агентство правительственной связи и информации, однако после его упразднения функции по лицензированию переданы федеральной службе безопасности. Правопреемником ФАПСИ, как известно, стала Служба специальной связи при федеральной службе охраны, в компетенции которой осталось применение электронно-цифровой подписи в интересах органов государственной власти.

Применение именно сертифицированных средств защиты информации сегодня обязательно только для органов государственной власти. Для коммерческих структур это требование не носит обязательного характера, рекомендуется только выполнять его. Однако негосударственные структуры постоянно взаимодействуют с госорганами, что обязательно приведет к необходимости использования таких же сертифицированных средств. Кроме этого, уже давно назрела необходимость использования электронно-цифровой подписи (ЭЦП). Известно, что электронный документ, защищенный ЭЦП, будет иметь юридическую силу только в случае применения сертифицированного средства. В статье 5 Закона об ЭЦП говорится, что «...при создании ключей электронных цифровых подписей для использования в информационной системе общего пользования должны применяться только сертифицированные средства электронной цифровой подписи...».

Сегодня многие коммерческие фирмы боятся сертифицированных средств защиты информации именно потому, что они сертифицированы, а значит, по их мнению, как это не парадоксально звучит – не надежны. Но я уверен, что продукция, сделанная неизвестно где и неизвестно кем, гораздо менее надежна, а чаще всего попросту опасна. Похожая ситуация сложилась сегодня с доверием или недоверием к разработкам отечественных производителей. Нередко приходится слышать, что все сделанное в России плохо, а вот зарубежные продукты выше всяких похвал. Но не надо забывать, и западные компании не скрывают этого, что на территорию России поставляются ослабленные версии систем защиты. К примеру, в стандарте GSM во всем мире используется алгоритм шифрования A5, и только в России используется ослабленная версия этого алгоритма A5/2. Какие цели здесь преследуются, я думаю, очевидно. В то же время наше государство заставляет производителей средств защиты информации идти в ногу со временем. Например, принят новый ГОСТ по электронно-цифровой подписи – Р-34.01. Причиной его появления послужил тот факт, что во Франции после долгих усилий со стороны заинтересованных лиц информация, защищенная с помощью ЭЦП по старому ГОСТу, была вскрыта. И естественно, что всех разработчиков средств ЭЦП государство обязало изменить свою продукцию в соответствии с новым стандартом.

Ну и, наконец, аттестование. Приведу только один документ Гостехкомиссии РФ, который появился совершенно недавно, а именно в прошлом году: «Основные и специальные требования по защите конфиденциальной информации» и известный как СТР-К.

Требования, которые этот руководящий документ ставит перед организованной системой защиты, достаточно жесткие.

Он устанавливает порядок организации работ, требования и рекомендации по обеспечению технической защиты конфиденциальной информации на территории Российской Федерации и является основным руководящим документом в этой области для федеральных органов государственной власти,

органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, предприятий, учреждений и организаций независимо от их организационно-правовой формы и формы собственности, должностных лиц и граждан Российской Федерации, взявших на себя обязательства либо обязанных по статусу исполнять требования правовых документов Российской Федерации по защите информации.

Сегодня эти требования относятся ко всем, за исключением защиты конфиденциальной информации, содержащейся в государственных информационных ресурсах, режим защиты которой определяет собственник этих ресурсов (например, информации, составляющей коммерческую, банковскую тайну и т. д.), для которых данный документ носит рекомендательный характер.

Комплекс работ по аттестации довольно большой и включает в себя и организационные мероприятия, и целый ряд аппаратных проверок. Своими силами решить этот вопрос может только очень крупное предприятие, обладающее сильной службой противодействия техническим разведкам, которая должна быть оснащена современными техническими средствами и обученными специалистами. В противном случае необходимо привлекать специализированные аттестационные центры.

Следующий этап организации безопасности – эксплуатация защищенной системы. Естественно, что в идеале нам бы хотелось иметь абсолютную защиту от любого типа злоумышленников, надежно работающую в любых условиях, легко модернизируемую под возникающие задачи и простую в обслуживании и управлении. В реальности все выглядит несколько не так. Для того, чтобы хоть немного достичь желаемого результата, необходимо прежде всего продумать и спланировать всю систему защиты. Дело это кропотливое и очень трудоемкое. К сожалению, этим важнейшим моментом зачастую попросту пренебрегают. В результате получаются настолько громоздкие системы, что они не только не обеспечивают безопасности, но и в большинстве случаев просто не работают. Планирование, как один из важнейших эта-

пов организации информационно-экономической безопасности, отвечающий за будущую эффективность всей системы защиты информации, можно разбить на несколько подэтапов:

1. Четкое определение функций и понимание предназначения будущей системы безопасности.

2. Оценка реально существующих угроз как внутреннего, так и внешнего характера.

3. Анализ существующих и предлагаемых продуктов защиты информации и оценка полноты выполняемых ими функций защиты.

4. Определение порядка эксплуатации будущей защищенной системы, то есть ввод ее в эксплуатацию, техническое обслуживание, порядок модернизации в дальнейшем и т.д.

Дальше, в принципе, можно приступать непосредственно к построению системы защиты.

И снова возникает немаловажная проблема: какими силами осуществлять строительство? Крупное и богатое предприятие, которое серьезно заинтересовано в своей информационной безопасности, может себе позволить обучить специалистов, закупить оборудование, получить необходимую лицензию и работать по внедрению системы безопасности. Путь очень неплохой, даже можно сказать оптимальный, но дорогой. Очень многие предприятия могут позволить себе идти по этому пути. Выход для остальных предприятий – привлечение специализированных организаций, которые профессионально занимаются именно построением систем защиты. Путь тоже недешевый, однако по сравнению с первым, стоимость все-таки ниже. С другой стороны, в первом случае мы получаем более безопасный вариант, чем во втором, так как при построении системы безопасности с помощью сторонней организации неизбежно, что какая-то часть конфиденциальной информации становится известной людям со стороны. Единственное, что можно сказать: надо более тщательно выбирать партнеров и всегда обращать внимание на наличие у них лицензий и сертификатов. Никогда не будет лишним обратиться в компетентные органы для проверки подлиннос-

ти этих документов. Все это вроде бы очевидно, однако мне приходилось сталкиваться с тем, что люди доверяются в таких серьезных вопросах даже каким-то ксерокопиям лицензий, причем выданных совершенно другой организацией и в другом городе.

Сталкиваясь с организацией информационной, информационно-экономической безопасности, нельзя забывать о так называемом «человеческом факторе». Известно, что именно благодаря ему чаще всего случается нарушение безопасности. Здесь можно говорить и о некомпетентности специалистов, обеспечивающих безопасность, и о «злоумышленниках», и о простой халатности. Уделять этому вопросу всестороннее внимание следует на всех этапах организации безопасности.

В процессе эксплуатации системы защиты придется столкнуться с проблемой ее организации. Облегчить эту задачу в известной степени помогут два документа, которые были разработаны Гостехкомиссией РФ и ФАПСИ:

1. Специальные требования и рекомендации по защите конфиденциальной информации – СТР-К.

2. Инструкция об организации и обеспечении безопасности хранения, обработки

и передачи по каналам связи с использованием средств криптографической защиты, информации с ограниченным доступом, не содержащей сведений, составляющих государственную тайну, объявленная приказом ФАПСИ № 152 от 13.06.2001 г.

Вы можете задать вопрос, почему несмотря на то, что ФАПСИ упразднено, я продолжаю ссылаться на документы этого учреждения. Все документы и требования, изданные под редакцией федерального агентства, по-прежнему имеют юридическую силу. Это касается и лицензий, которые были выданы кому-либо. Все они действительны до окончания срока их действия.

Эффективность информационно-экономической безопасности зависит от всех участников этого процесса, от простых исполнителей до руководителей самого высокого ранга, от всех без исключения звеньев экономики страны. Не зря сейчас говорится о создании «электронного государства», поднимается вопрос о создании «интеллектуальных домов, районов» и т.д. К этому надо стремиться, но вопросов и проблем в этой области еще очень и очень много. Их решение, если мы хотим жить в надежном и развитом государстве, зависит в первую очередь от нас с вами.

CONCEPTUAL ISSUES OF ENSURING INFORMATION AND ECONOMICS SECURITY

© 2004 D. S. Mashchenko

Communication Centre of Federal Security Service of Russia

The paper deals with the issues of ensuring the security of confidential information circulating in the electronic form.

Problems arising when processing systems of information and economics security are analysed, and ways of solving them are proposed.

ПОНЯТИЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ КАМПАНИИ»

© 2004 С. В. Мироненко

Московский психолого-социальный институт

Анализируется динамика экономических, политических, социальных факторов предвыборной кампании. Рассматривается проблема обеспечения безопасности выборов в рамках современного избирательного процесса.

Даются примеры воздействия на общественное мнение в ходе избирательного процесса, такие как психологическое воздействие, описываются информационные и политические манипуляции.

В современной России, в условиях не вполне сформировавшегося правового сознания, проведение избирательных кампаний сопряжено с целым рядом аспектов, требующих защиты от противоправных, а также просто недружественных действий со стороны конкурентов и других сил и персоналий, не заинтересованных в победе данного кандидата или организации.

Оценивая доклад группы наблюдателей на выборах в Государственную Думу России в 2003 году, бюро Парламентской ассамблеи Совета Европы выразило беспокойство. Ранее об этом заявляли представители ОБСЕ, Евросоюза и госдепартамента США. «Выборы не были справедливыми» - таков общий тон комментариев западных наблюдателей. Обращение к мнению западных наблюдателей подчеркивает значимость тех аспектов избирательной кампании, которые посягают на справедливость, а следовательно, и на безопасность выборов.

Предвыборная кампания отчетливо отражает сложное переплетение экономических, политических, социальных факторов, динамика которых крайне неустойчива. По данным социологических исследований, к началу 2002 года значительная часть населения находилась в стрессовом состоянии, испытывала чувство безысходности, страха и тоски. Нестабильность и обостренность общественной жизни прогрессирующим образом нарастает по мере приближения выборов и требует особого внимания от руководителей предвыборных кампаний. Неблагоприятный социальный фон резко негативно влияет на безопасность избирательного процесса

в целом и его составляющих, заставляет уделять проблемам противодействия и нейтрализации угроз особое внимание.

Вторым обстоятельством, требующим, по нашему мнению, заботы в отношении безопасности, стало общепризнанное стремление криминальных структур к продвижению своих представителей на выборные должности. В ходе подготовки к избирательной кампании в Госдуму в 2003 году отмечались случаи попытки регистрации кандидатов с криминальным прошлым, например, С. Шашурина в Татарстане. Не удивительно, что эти представители привносят в избирательный процесс методы, несовместимые с законом. Зачастую под угрозой оказываются не только права избирателей и их возможность свободного волеизъявления, но даже жизнь и здоровье кандидатов в депутаты и других участников выборного процесса.

Эти негативные тенденции хорошо осознаются и на уровне руководства государством. Не случайно, выступая перед офицерами ФСБ в июне 1999 года, Председатель правительства РФ Сергей Степашин заявил: «В преддверии парламентских выборов заметно возросли угрозы конституционной безопасности страны. Сегодня еще есть силы, которые планируют взять политический реванш через развязывание войны компроматов и манипуляции результатами голосования. В этой связи одной из основных задач для всех уровней власти должно стать создание механизмов общественного и государственного контроля за чистотой выборов...» [1].

Особо следует сказать о влиянии на безопасность «избирательных технологий».

Зачастую суть этих технологий заключается в том, что избиратели подвергаются различным способам манипулятивных воздействий, включающих массированную обработку избирателей со стороны СМИ, злоупотребления со стороны государственных и муниципальных чиновников, различные виды подкупа и финансовых нарушений и т. д. Причем объективность, правдивость и этические нормы принимаются во внимание далеко не всегда.

Все перечисленное и многое другое требует адекватного противодействия со стороны добросовестных кандидатов в рамках обеспечения безопасности избирательной кампании. А нейтрализация грязных приемов конкурентов станет, вероятно, одним из важнейших направлений деятельности предвыборных штабов. Не исключено, что в их штате появится новая должность с памятным по советским временам названием - «специалист по контрпропаганде» или что-нибудь в том же духе.

На отечественном рынке политического консалтинга уже отмечается тенденция профессионализации и коммерциализации услуг со стороны специалистов по так называемым авторитарным технологиям. Они решают проблемы, связанные с выборами, такими силовыми методами, как подавление источников финансирования конкурентов, блокирование их избирательных штабов, перевербовка актива и т. д. Услуги такого рода предлагают, как правило, бывшие аппаратчики, имеющие хорошие связи в крупных охранных агентствах и среди сотрудников спецслужб. По мнению Д. Медовникова, называющего подобного рода деятелей «силовыми имиджмейкерами», они хорошо вписываются в сложившуюся на рынке ценовую конъюнктуру. Так, предлагаемое ими «обеспечение безопасности» по одному округу на думских выборах будет стоить клиенту 300 000 долларов или немного больше [2].

Очевидно, что в рамках современного избирательного процесса обеспечение безопасности выборов превращается в самостоятельный, значительный по объему участок работы, требующий профессионального подхода и теоретического обеспечения. Одновре-

менно формируется спрос и предложение на подобные услуги.

Для того, чтобы более предметно говорить об обеспечении безопасности избирательных кампаний и о том, какие именно специалисты подойдут для этой цели, какие средства и методы при этом следует использовать, постараемся дать определение рассматриваемому понятию.

Под безопасностью избирательной кампании будем понимать полную нейтрализацию или сведение к минимуму негативных воздействий на избирательный процесс, проводимый в интересах данного кандидата или организации, а также создание условий, способствующих успешному осуществлению этой кампании.

Безопасность в широком смысле, определенная в дефиниции выше, закономерно ставит вопрос о том, какие элементы избирательного процесса являются наиболее значимыми с точки зрения безопасности и какие основные негативные воздействия или угрозы необходимо учитывать. Практика подсказывает, что наиболее важными направлениями обеспечения безопасности избирательных кампаний являются:

1. Защита жизни, здоровья и физической безопасности кандидатов, сторонников и близких им людей.
2. Соблюдение представителями силовых и административных органов существующего законодательства и недопущение с их стороны злоупотреблений властью в отношении участников выборных кампаний.
3. Безопасность в информационной сфере - необходимость распознавания и нейтрализации попыток манипуляций общественным сознанием избирателей со стороны недобросовестных конкурентов.
4. Соблюдение законодательства в отношении процедуры и порядка ведения предвыборной агитации и голосования во время избирательных кампаний, недопущение фальсификаций.
5. Строгое следование конкурентами предусмотренному Законом порядку финансирования своих выборных мероприятий.
6. Исключение вмешательства со стороны иностранцев в выборы на территории

России.

С учетом сказанного выше перечень основных направлений обеспечения безопасности избирательных кампаний, расположенных в порядке убывания угроз, может быть рассмотрен как дескриптивная функциональная модель обеспечения избирательных кампаний.

Информационная безопасность выборов

Практика проведения выборных кампаний в постсоветской России, особенно в части мероприятий по обеспечению их безопасности, дает основание говорить о том, что основной объем работы избирательных штабов, а также львиная доля ресурсов, расходуемых на выборах, приходится на информационную сферу выборов. К этой сфере относят все, что так или иначе связано с предвыборной агитацией за своего кандидата или организацию, а также противодействие пропаганде противника по выборам. Поэтому целесообразно остановиться именно на этом аспекте обеспечения безопасности. По нашему мнению, информационная сфера в ходе выборов требует наибольшей научной проработки, предъявляет высокие требования к квалификации привлекаемых специалистов и, в итоге, решающим образом влияет на исход кампании.

Результаты ряда специальных исследований, проведенных в последнее время, позволяют сделать вывод: массовое распространение и использование психологических манипуляций - характерная особенность социально-политических и информационно-коммуникативных процессов в современном российском обществе. При этом используются не просто отдельные приемы, а специальные манипулятивные технологии. Проведение выборных кампаний уже стало наиболее ярким проявлением использования этих технологий и, несомненно, требует профессионального противодействия.

Вмешательство профессиональных манипуляторов и операторов в процесс выборов законной власти имеет довольно длительную историю.

Еще в 30-х годах XX века ученые Института анализа пропаганды (США), опира-

ясь на исследования материалов нацистской пропаганды, смогли выделить наиболее эффективные приемы манипулятивного воздействия, а именно:

1. Повторять темы противника, изолировать и классифицировать их по степени значимости, затем опровергать каждую в отдельности.

2. Нападать на слабые стороны противника.

3. Никогда не атаковать в лоб пропаганду противника, если она достаточно мощная, но, чтобы бороться с каким-либо мнением, исходить из него самому, находить общую точку столкновения с ним.

4. Опровергать противника, вводя его в противоречие с самим собой и его окружением.

5. Искать и высвечивать в пропаганде противника противоречия с фактами.

6. Выставлять противника в смешном виде.

7. Создавать и поддерживать обстановку своего превосходства.

Эти приемы и их модификации широко используются в рекламно-пропагандистских акциях по сей день.

Американцам принадлежит приоритет в отношении практической разработки различного рода приемов и технологий, направленных на получение определенного воздействия на массовое сознание. По крайней мере, об этом имеется больше всего различных публикаций. Пионерами явились специалисты-психологи, которые по заданиям ЦРУ исследовали влияние тех или иных факторов на массовое сознание. К ним можно отнести Генри Мюррея, а также Калевана, которому удалось в ходе Нюрнбергского процесса получить доступ ко всем документам нацистских экспериментов по манипулированию человеческим сознанием. А Джон Гиттенгер стал разработчиком так называемой системы PASS для оценки личности, находящейся в некой социокультурной среде.

На базе работ, проводившихся Мюрреем, Гиттенгером и Калеваном, к середине 70-х годов американцами были окончательно сформулированы современные технологические подходы к манипулированию индивидуальным и общественным сознанием. Разра-

ботанные в недрах спецслужб и для их целей, эти подходы стали применяться в политике, маркетинге, рекламе.

Избирательный процесс как информационный конфликт

Приступая к рассмотрению проблем, связанных с информационной безопасностью выборных кампаний, необходимо решить несколько принципиальных методологических вопросов. Прежде всего, речь идет о том, что анализируя фактуру и делая соответствующие выводы, безопасность, в том числе информационную, будем понимать в широком смысле, как это оговорено в определении, данном выше.

Вторым принципиальным моментом будем считать то, что в процессе подготовки и проведения выборных кампаний информационное взаимодействие кандидатов и их штабов, претендующих на выборные должности, как правило, носят конфронтационный, конфликтный характер. Некоторые авторы рассматривают подобное взаимодействие в рамках понятия «информационная война».

К таким авторам относится С. П. Расторгуев, по мнению которого, информационная война - это целенаправленное информационное воздействие информационных систем друг на друга с целью получения выигрыша в материальной сфере, регулярно идущее чуть ли не во всех странах планеты и ко всему прочему включающее в себя выборы во власть [5].

Расторгуев подчеркивает, что информационные сражения достойные противники ведут именно друг с другом, а не с избирателями, которые выступают в роли судей и которым по сути дела и деваться-то некуда, как только подать свой голос за победителя. «Информационные сражения всегда ведутся теми, кто сражается, а народы вместе со своими ресурсами достаются победителю. Это закон любой войны, а не только информационной» [5].

В информационных баталиях (по Расторгуеву), если один из соперников молчит, а второй не ошибается слишком грубо, то первый, как правило, проигрывает, потому что остается неизвестным судье.

Подобная точка зрения находит подтверждение и в эмпирических исследованиях. Так, моделирование выборных кампаний с использованием нейросетей дало весьма интересные результаты. Согласно полученным выводам, для того, чтобы надежно предсказать исход выборов в США, достаточно ответить на следующие пять вопросов:

1. Была ли серьезная конкуренция при выдвижении кандидата внутри самой правящей партии (X1)?

2. Отмечались ли во время правления правящей партии серьезные социальные волнения (X2)?

3. Был ли год выборов временем спада или депрессии (X3)?

4. Произвел ли правящий президент серьезные политические изменения (X4)?

5. Была ли в год выборов активна третья партия (X5)?

Функция $f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$, в которой в качестве параметров выступают перечисленные выше переменные, позволяет вполне прилично для условий США определять победителя на выборах.

Что характерно, и внешность, и ум, и здоровье, и возраст кандидатов, и манера себя держать (имидж), и выдвигаемые политические программы не нашли отражения в пяти определяющих победителя параметрах. Но зато дважды в явном виде фигурирует вопрос о наличии конкурентов, т. е. речь идет исключительно о том, насколько серьезно в период выборов ведутся информационные сражения между противниками. Все остальное, включая и избирателей, отодвинуто на второй план [6].

Содержание понятия «информационная война», упомянутая выше, во многом совпадает с содержанием понятия «психологическая война», которое было широко распространено в период так называемой «холодной» войны и достаточно подробно описано.

Психологическая война - это совокупность различных форм, методов и средств воздействия на людей с целью изменения в желаемом направлении их психологических характеристик (взглядов, мнений, ценностных ориентаций, настроений, мотивов, установок, стереотипов поведения), а также

групповых норм, массовых настроений, общественного сознания в целом [7].

По мнению теоретиков психологической войны, в частности Д. Скотта, ее отличительной чертой является «планомерное наступательное воздействие политическими, интеллектуальными и эмоциональными средствами на сознание, психику, моральное состояние и поведение населения» [8].

В новейшей истории ярким примером психологической войны применительно к выборам может служить беспрецедентное давление, оказанное на избирательное объединение «Отечество»-«Вся Россия» со стороны близких Президенту Ельцину структур.

Ситуация складывалась таким образом, что к концу лета 1999 года возглавляемый мэром Москвы Ю. Лужковым и бывшим председателем правительства Е. Примаковым избирательный блок «Отечество»-«Вся Россия» (ОВР) явно лидировал в преддверии выборов в Государственную Думу 19 декабря 1999 года. По всей стране создавались региональные отделения блока, многие видные губернаторы заявили о поддержке ОВР.

Руководство ОВР серьезно готовилось к думским выборам. Его финансовые и информационные ресурсы были довольно внушительны. ОВР располагало финансовой поддержкой АФК «Система», Банка Москвы, группы «Мост» и т. д.

В распоряжении «Отечества» были такие средства массовой информации, как канал «ТВ Центр», радиостанция «Эхо Москвы», газеты «Московский комсомолец», «Московская правда», «Время МН» и ряд других. Серьезную поддержку оказывали СМИ, контролируемые В. Гусинским (телеканал НТВ, журналы «Профиль», «Коммерсант - Власть», газета «Сегодня» и т. д.).

Рейтинги ОВР примерно за два-три месяца до выборов составляли до 30-40 % голосов, что существенно превосходило рейтинги КПРФ. Популярности «Отечеству» прибавляло участие в нем Е. Примакова, который с сентября 1998 до мая 1999 года был председателем кабинета министров РФ, способствовал выводу страны из кризиса 1998 года и обозначил себя как борец с так называемыми олигархами.

Ближайшее окружение Президента и, прежде всего, вышеупомянутые олигархи хорошо понимали, что в случае победы Примакова и Лужкова на выборах в Думу их будущее окажется под угрозой. Поэтому они отобилизовали все доступные ресурсы для борьбы с ОВР и, прежде всего, его руководства.

Олигархи в лице Б. Березовского, Р. Абрамовича, А. Мамута и некоторых других через подконтрольные им структуры открыли финансирование кампании.

Администрация Президента обеспечила организационное и административное прикрытие. Были предприняты срочные меры по созданию партии власти в виде предвыборного объединения «Единство». Во главе «Единства» встали министр МЧС С. Шойгу, весьма популярный и не замешанный в скандалах, а также многократный чемпион по борьбе Карелин и один из первых борцов с оргпреступностью генерал милиции в отставке Гуров.

Информационное обеспечение «Единству» предоставляли телевизионные каналы ОРТ, ВГТРК, «Культура», радиостанции «Маяк», «Радио России», ведущие газеты - «Известия», «Комсомольская правда» и др.

Основными направлениями психологической войны, открытой против ОВР, стали обработка губернаторов и их отрыв от «Отечества», а также дискредитация руководителей, в первую очередь, Ю. Лужкова и Е. Примакова. Даже соперник Лужкова в выборах на пост мэра Москвы в декабре 1999 года С. Кириенко в интервью журналу «Эксперт» говорил о том, что с сентября 1999 года началось тотальное поливание Лужкова грязью по телевидению и была развязана информационная война (Эксп. № 40. 1999. - с. 56).

В свою очередь, дискредитация проводилась путем помещения в подконтрольных СМИ компрометирующих материалов и мер административного давления.

Наиболее ярким примером использования СМИ в психологической войне может служить целенаправленное обливание грязью Ю. Лужкова комментатором ОРТ С. Доренко. Это явление даже получило нарицательное имя «доренковщина».

Административные меры включали заведение уголовных дел на членов семьи Лужкова, отстранение от должности лояльных Лужкову начальника ГУВД МВД г. Москвы и прокурора г. Москвы.

Несмотря на то, что Лужков и Примаков пытались, как могли, противодействовать давлению, перевес оказался не на их стороне. Главы регионов стали покидать ОВР и переходить в стан «Единства». Вслед за «Сибирским соглашением» партию власти поддерживали уральские губернаторы, а затем и члены ассоциации «Большая Волга».

Интенсивное информационное воздействие также сказалось при голосовании, «Отечество»-«Вся Россия» получило малое количество мест в Думе.

Виды воздействия в психологической войне

Если рассмотреть виды воздействия, которые, по мнению автора определения «психологической войны», могут быть использованы, а именно:

- 1) информационно-психологическое,
- 2) психогенное,
- 3) психоаналитическое,
- 4) нейролингвистическое,
- 5) психотронное,
- 6) психотропное,

то можно сделать следующие выводы.

1. Информационно-психологическое воздействие (часто его называют информационно-пропагандистским, идеологическим) - это воздействие словом, образом, изображением, т. е. информацией.

Психологическое воздействие такого вида ставит своей основной целью формирование определенных идеологических (социальных) идей, взглядов, представлений, убеждений. Одновременно оно вызывает у людей положительные или отрицательные эмоции, чувства и даже бурные массовые реакции. Его информационный характер очевиден, оно является наиболее распространенным в проведении избирательных кампаний и в политической рекламе.

2. Психогенное воздействие является следствием физического или шокового воздействия на мозг индивида.

Частным, но весьма показательным слу-

чаем психогенного воздействия выступает влияние цвета, а также некоторых направлений современной музыки на психофизиологическое и эмоциональное состояние человека. Цветомузыкальные представления, особенно крупномасштабные, наподобие устраиваемых Ж. М. Жарром, могут успешно использоваться в выборной агитации. В 1997 году автор был очевидцем шоу, организованного на Ленинских горах в Москве в честь 850-летия города. Впечатляющие световые эффекты с использованием лазеров, сверхмощной аппаратуры для воспроизведения музыки и т. д. привлекли внимание до полутора миллионов зрителей. Только благодаря неординарным мерам, предпринятым милицией и городскими службами, удалось избежать серьезным массовых беспорядков. Подобного стихийного скопления людей Москва не знала, пожалуй, с похорон Сталина в 1953 году. Задумай Жарр использовать в своем представлении какие-либо выборные мотивы, эффект был бы впечатляющим.

3. Психоаналитическое (психокоррекционное) воздействие - это воздействие на подсознание человека терапевтическими средствами, особенно в состоянии гипноза или глубокого сна.

Советский психолог И. В. Смирнов еще по заданию Министерства обороны СССР разработал технологию компьютерной психокоррекции, позволяющую:

- осуществлять математический и статистический анализ реакций организма на внешние воздействия, возникающие при очень быстром визуальном просмотре или звуковом прочтении различных «стимулов» - слов, образов, фраз;

- абсолютно точно определять наличие в подсознании человека конкретной информации и измерять ее значимость для каждого человека, выявлять скрытую мотивацию, истинные стремления и наклонности людей;

- на основании выявленной и проанализированной информации получать полную картину невротических, беспокоящих человека или целые группы людей состояний психики;

- при необходимости проводить целенаправленную (по желанию действующую немедленно или с отсрочкой) коррекцию пси-

хических состояний, основным действующим фактором которой выступают слова-команды, картинки-образы и даже запахи-мотиваторы определенного поведения.

Очевидно, что современные психоаналитические технологии могут исключительно эффективно применяться в политической рекламе и в предвыборной агитации, особенно при изучении коллективного подсознательного у определенных групп электората. Прямого указания на то, что эти технологии применялись в интересах избирательных кампаний, найти не удалось. Однако некоторые косвенные признаки свидетельствуют о том, что по меньшей мере фрагменты этих технологий опробовались, в частности, на президентских выборах в России 1996 года.

4. Нейролингвистическое воздействие - результат нейролингвистического программирования (НЛП) - вид психологического воздействия, изменяющий мотивацию людей путем введения в их сознание специальных программ, в основном в процессе личного общения.

При этом основным объектом воздействия является нейрофизиологическая активность мозга и возникающие благодаря ей эмоционально-волевые состояния. Главным средством воздействия выступают специально подобранные вербальные и невербальные программы, усвоение содержания которых позволяет изменять в заданном направлении поведение и представления как отдельного индивида, так и целых групп людей.

Теоретики НЛП исходят из того, что коммуникация - это значительно больше, чем те слова, которые мы говорим. Смысл коммуникации состоит в той реакции, которую мы получаем. Американские ученые отрицают обвинения в том, что НЛП - одна из разновидностей корыстных манипуляций человеческим сознанием. По их словам, это лишь техника эффективной работы, ведь никого не беспокоит обучение неэффективным умениям, в то же время эффективные умения могут быть признаны порочными и им может быть приклеен ярлык манипуляции. Термин манипуляция несет негативную коннотацию, предполагается, что вы оказываете давление на человека, чтобы сделать что-то против его интересов [9].

На наш взгляд, НЛП может быть использовано как самостоятельная технология при подготовке кандидатов на выборные должности и других публичных ораторов и коммуникаторов, принимающих участие в избирательном процессе.

5. Психотронное (парапсихологическое, экстрасенсорное) воздействие оказывает влияние на подсознание человека. Сюда можно отнести эффект 25-го кадра.

6. Психотропное воздействие - медицинские препараты, химические или биологические вещества. Сильно действуют на психику некоторые пахучие вещества, что показали исследования и опыты американского ученого А. Хирша.

Сведений о широком применении психотронных и психотропных средств в российских избирательных кампаниях пока не получено. Тем не менее, с точки зрения безопасности следует иметь в виду потенциальную возможность их использования в каких-то конкретных ситуациях, а также предусмотреть возможные меры по их нейтрализации.

Приведенная классификация манипулятивных воздействий, используемых в так называемых информационно-психологических войнах, имеет основанием определенные сферы сознания и подсознания как отдельных индивидов, так и общественных групп, на которые, в основном, направлены те или иные виды воздействия. Результатами воздействия будут трансформация идеологических или эмоциональных структур сознания, стимулирование определенных типов поведения, потребностей и т. д.

Эта классификация представляется автору наиболее удачной для дальнейшего использования в целях планирования, разработки и осуществления мер по обеспечению безопасности выборов.

В последнее время появилось достаточно много публикаций, посвященных описанию информационно-психологических войн и методов их ведения, например, [10], [13]. Судя по всему, все более ожесточенные схватки на электоральном поле делают проблему манипуляций общественным сознанием все более актуальной.

Так, например, А. Плетников, рассматривая необходимость противостояния на-

правленному воздействию на сознание и под- сознание избирателей, говорит о «зомбировании», «ментальной экспансии», «изошренных особенностях хитроумной пропаганды» и т. д. По его мнению, «информационная масса», получаемая через СМИ, не является подлинным знанием об окружающих человека общественных явлениях. Это всегда заведомо извращенное, искусственно навязываемое подсознанию видение, понимание, истолкование суждений, привносимое извне, соответствующим образом сфабрикованное и специально подготовленное. В такого рода внушении и сокрыта основная суть зомбирования как процесса воздействия на сознание личности. В качестве методов манипулятивного воздействия Плетников упоминает [10]:

- эффект 25-го кадра,
- технологию «давления на слух»,
- воздействие через зрительные ассоциации,
- рекламу как фактор зомбирования,
- разрушение личности,
- воспитание безразличия,
- надуманные проблемы,
- провоцирование нарушения сознания.

Отдавая дань публицистическому накалу статьи Плетникова, следует отметить отсутствие основания для классификации способов воздействия. Автор, несомненно, привлекает внимание к проблеме, но не обозначает своего подхода к ее решению.

Факторы информационно-психологической уязвимости

Среди перечисленных выше видов воздействия, свойственных арсеналу психологической войны, в избирательных кампаниях наиболее широко применяется информационно-психологическое воздействие. Остальные могут быть использованы в той или иной степени как основные, например психогенные, или вспомогательные виды, применяемые для решения частных задач, например, психоаналитические методы для подготовки мероприятий по политической рекламе.

Выдвижение психосоциальных коммуникаций на ведущее место в системе угроз информационно-психологической безопасности личности определяется следующими факторами:

- массовым распространением и включенностью психологических манипуляций в информационно-коммуникативные процессы, эффект действия которых многократно усиливается широкомасштабным и стихийным распространением новейших информационных технологий и средств коммуникации;

- резким увеличением субъектов манипулятивного воздействия (политических, включая кандидатов и партии в ходе выборных кампаний, а также коммерческих, религиозных и др.), имеющих доступ к современным манипулятивным технологиям и СМИ;

- стихийное и неконтролируемое распространение новейших манипулятивных технологий (например, НЛП - нейролингвистическое программирование и др.);

- слабой сформированностью у российских граждан механизмов индивидуальной психологической защиты от манипулятивного воздействия по сравнению со многими другими странами, где процесс использования психологических манипуляций и, соответственно, формирования защитных механизмов осуществлялся в течение длительного времени. Население России «погрузилось» в эти условия в кратчайший период и оказалось не готовым к адекватной социальной активности в принципиально новой общественно-политической ситуации и изменившейся информационной среде;

- повышенной подверженностью значительной части населения манипулятивному воздействию в связи с длительным нахождением в критических условиях кардинального изменения российского общества, что резко снижает сопротивляемость к психологическим воздействиям [11].

На наш взгляд, информационные методы воздействия на избирателей в ходе предвыборной кампании представляют одну из самых серьезных угроз безопасности, понимаемой в широком смысле. Это вызвано тем, что грамотно используемые приемы манипулирования общественным сознанием не воспринимаются именно как приемы воздействия. Они охватывают самую широкую аудиторию. Смысл и цель их осуществления тщательно скрываются и не очевидны для неспе-

циалистов - формы и методы постоянно совершенствуются.

Для штаба избирательной кампании, проводящего рекламную деятельность в пользу определенного кандидата или организации, очень важно знать, какие направления избраны соперниками для своих политических рекламных целей. Без этого практически невозможно выстроить эффективную стратегию воздействия на избирателей, особенно не определившихся в своих предпочтениях. Происходит своего рода состязание стратегий и мастерства их претворения в жизнь.

Политические манипуляции, основные направления

Необходимость противостояния пропагандистским и рекламным мероприятиям ставит вопрос о том, каковы теоретические основы манипулятивных воздействий в политической сфере.

Политические манипуляции включают в себя как межличностные, так и массовые манипуляции. С приемами межличностной манипуляции мы сталкиваемся практически каждый день. Удачным определением такого рода воздействия можно считать данное Е. Доценко: «Манипуляция - это вид психологического воздействия, искусное исполнение которого ведет к скрытому возбуждению у другого человека намерений, не совпадающих с его актуально существующими желаниями» [12].

Как считает А. Цуладзе [13], в случае межличностных манипуляций манипулятор прибегает к определенной технике, то есть набору манипулятивных приемов, работающих на межличностном уровне. В случае же массовых манипуляций на помощь манипулятору приходят манипулятивные технологии.

Технологии манипуляций

В отличие от межличностных манипуляций, при которых манипулятивное воздействие направлено на конкретную личность или сравнительно небольшую группу лиц, а реализация влияния происходит с помощью техники или сочетания техник, массовые или политические манипуляции обезличены и предполагают воздействие на широкие массы. Воля меньшинства, а то и отдельной лич-

ности, навязывается большинству с помощью манипулятивных технологий.

Манипулирование индивидами предполагает подмену интересов реципиента интересами коммуниканта. В результате индивиды начинают осознавать внушенные им интересы как свои собственные. Таким образом, формируется общность людей, обозначаемая как «психологическая толпа». Й. Шумпетер считал, что «читатели газет, аудитория радио, члены какой-либо партии, даже если физически они не находятся вместе, могут быть очень легко объединены в психологическую толпу и приведены в безумное психическое состояние, когда любая попытка привести рациональные аргументы лишь будит звериные инстинкты» [14].

Однако не всякая аудитория автоматически превращается в «психологическую толпу». Для этого необходимы некие дополнительные условия и воздействия. Более того, есть ученые, считающие, что аудиторию СМИ нельзя априори рассматривать как некую безликую массу. «Сам термин «массовые коммуникации» сомнителен, ибо предполагает наличие «массового сознания» у некой безликой и нерасчлененной массы» [15]. Далее Лернер признает, что «хотя аудитория сохраняет индивидуальные вариации вкусов и хотя прогнозирование их изменений невозможно, она все же имеет и общие побуждения и характеристики, которые до какой-то степени дают возможность управлять ею» [15]. Современные технологии манипулирования общественным сознанием располагают достаточным инструментарием для того, чтобы управлять аудиторией и превращать ее в ту самую «психологическую толпу».

Технологии политических манипуляций, по мнению В. Амелина, «предполагают следующие моменты:

а) внедрение в сознание под видом объективной информации неявного, но желательного для определенных групп содержания,

б) воздействовать на болевые точки общественного сознания, возбуждающие страх, тревогу, ненависть и т. д.,

в) реализацию неких замыслов и скрываемых целей, достижение которых коммуникант связывает с поддержкой обществен-

ным мнением своей позиции» [16].

Коль скоро речь идет о массовых или политических манипуляциях, то правомерно ставить вопрос об особенностях мышления в сфере политики. Такие особенности выявлены, в частности, тем же Шумпетером: «Как только обычный гражданин затрагивает политические вопросы, он опускается на более низкий уровень умственной деятельности... Он вновь становится дикарем: его мышление становится ассоциативным и аффективным». Далее Шумпетер выделяет два серьезных вывода для политического мышления, следующих из вышесказанного:

1. Обычный гражданин в политических вопросах более подвержен нерациональным и иррациональным предубеждениям и импульсам.

2. Слабость логического элемента в политике, отсутствие рациональной критики открывают широкие возможности для групп, преследующих свои корыстные интересы. Другими словами, создаются условия для осуществления политических манипуляций.

В итоге, по Шумпетеру, при анализе политических процессов мы в большей степени сталкиваемся не с подлинной, а со сфабрикованной волей; воля народа есть продукт, а не движущая сила политического процесса.

Изложенное выше, на наш взгляд, можно рассматривать как шаг в направлении построения адекватной модели электорального массового сознания. В свою очередь, сознание подобной модели будет способствовать пониманию процессов формирования электорального поведения и способов влияния на это поведение.

Список литературы

1. «В преддверии выборов возросла опасность угрозы конституционной безопасности страны». Из выступления Сергея Степашина перед офицерами ФСБ. //Коммер-

сант, 30.06.1999 г.

2. Медовников Д. Низкая конъюнктура конца истории. // Эксперт № 19 от 28.04.1999 г.

3. Концепция национальной безопасности Российской Федерации. //Российская газета. 18.01.2000. – С. 4.

4. Ковлер А. И. Избирательные технологии: российский и зарубежный опыт. - М.: 1995. – 85 с.

5. Расторгуев С. П. Выборы и власть как форма информационной экспансии. – М., 1999.

6. Горбань А. Нейроинформатика и ее приложения. //Открытые системы. № 4-5. 1998. – С. 37-41.

7. Крысько В. Г. Секреты психологической войны (цели, задачи, методы, формы, опыт). - Минск: Харвест, 1999.

8. Психологическая война. Сборник статей. Составитель А. Н. Николаев. - М.: Прогресс, 1972.

9. О'Коннор Дж., Сеймор Д. Введение в нейролингвистическое программирование. Челябинск: Библиотека А. Миллера, 1998.

10. Плетников А. Предвыборные технологии «демократов». //Диалог № 10, 1999.

11. Грачев Г. В. Психология манипуляций в условиях политического кризиса. // Общественные науки и современность. № 6. - М.: Наука, 1997.

12. Доценко Е. Л. Психология манипуляции. - М., 1997.

13. Цуладзе А. Политические манипуляции или покорение толпы. - М.: Книжный дом «Университет», 1999.

14. Шумпетер Й. Капитализм, социализм, демократия. - М., 1995. – 341 с.

15. Лернер М. Развитие цивилизации в Америке. - М., 1992. Т.2. – 273 с.

16. Амелин В. Н. Социология политики. - М., 1992. – 61 с.

ELECTORAL CAMPAIGN SECURITY CONCEPT

© 2004 S. V. Mironenko

Moscow Institute of Psychology and Sociology

Dynamics of economical, political and social factors of electoral campaign are analysed. The problem of ensuring security of elections within the framework of modern electoral process is dealt with.

The paper gives examples of influencing the public opinion in the course of the electoral process, for example, psychological influence, information and political manipulations are described.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СИСТЕМЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

© 2004 А. А. Прохожев, И. А. Карманова

Российская академия государственной службы

Рассматриваются экономические аспекты как основные составляющие в системе национальной безопасности страны.

Анализируются «индикаторы» экономической безопасности. Описываются понятия и категории при оценке безопасности общества и государства.

Проблема обеспечения национальной безопасности России является крайне важной и актуальной, поскольку ситуация в этой области по ряду направлений, к сожалению, продолжает ухудшаться. Как подчеркнул первый Президент РФ, выступая в РАГС в 1996 году: «Обеспечение национальной безопасности является центральной из стратегически значимых для развития страны задач». Таковой эта задача по сути остается до сих пор.

Это связано с тем, что в ней, по существу, как бы фокусируется вся сложность процессов преобразования в России, являясь и условием, и целью реформирования страны.

Экономическая безопасность, или безопасность экономики, как научная категория является видовой составляющей национальной безопасности и одновременно принадлежит к системе категорий экономической науки.

В России эта категория вошла в научный оборот не более 7-8 лет тому назад. Это слишком небольшой срок для всестороннего осмысления ее сущности. Об этом убедительно свидетельствует большое количество ныне существующих определений экономической безопасности. Нам удалось зафиксировать до 30 таких определений, принципиально отличающихся друг от друга как семантикой подлежащего, так и по общему смыслу.

Как только ни трактуют экономическую безопасность авторы этих определений! Это и «состояние экономики и институтов власти, при котором обеспечиваются гарантированная защита национальных интересов, социальная направленность политики, достаточный оборонный потенциал» [1], и «состо-

яние, в котором народ может суверенно, без вмешательства и давления извне определять пути и формы своего экономического развития» [2], а кроме того, еще и «готовность и способность институтов власти создавать механизмы реализации и защиты национальных интересов развития отечественной экономики, поддержания социально-политической стабильности общества» [3], и «способность экономики обеспечивать эффективное удовлетворение общественных потребностей...» [4], а также «уровень развития экономики, который обеспечивает экономическую, социально-политическую и военную стабильность в условиях воздействия неблагоприятных факторов» [5], и т. д., и т. п.

Сопоставление всех этих определений служит наглядным подтверждением отсутствия в нашей научной среде единообразного понимания сущности рассматриваемой категории.

Другой подход основан на представлении о том, что экономическая безопасность есть важнейшая характеристика экономики, причем характеристика столь всеобъемлющая, что она по существу рассматривается в качестве аналога самой экономики. При этом априори подразумевается возможность количественного выражения степени обеспечения экономической безопасности с помощью довольно стандартного набора макроэкономических и социально-экономических параметров. В динамических рядах этих параметров фиксируются еще и так называемые «пороговые значения», то есть те их значения, которые разграничивают безопасное и небезопасное функционирование экономики.

Характерно, что этот подход имел в «ко-

ридорах власти» настолько мощное лобби, что Правительство РФ в декабре 1996 г. издало соответствующее постановление [6], утвердив в нем «перечень критериев экономической безопасности РФ и федеральных органов исполнительной власти, ответственных за разработку их количественных (пороговых) и качественных параметров». Сам этот перечень представляет собой совокупность неких условий и состояний функционирования экономики, а также количественных соотношений около 40 народнохозяйственных параметров, именуемых «индикаторами экономической безопасности». Для каждого из них были указаны и соответствующие «пороговые» значения.

К сожалению, жизнь показала, что все эти «индикаторы» ни в коей мере не стали сколько-нибудь надежным ориентиром в деле обеспечения экономической безопасности нашей страны. И это неудивительно.

Дело в том, что в процессе выявления индикаторов экономической безопасности произошла смысловая подмена. Основанная на представлении об экономической безопасности как о содержательном аналоге самой экономики, упомянутая совокупность параметров была способна лишь так или иначе отразить состояние самой экономики, но никак не состояние дел с обеспечением ее безопасности. Вольно или невольно в качестве индикаторов экономической безопасности были предложены параметры экономического развития.

Развитие общества - это результат сложного диалектического взаимодействия множества процессов как единства и борьбы противоположностей. Такими противоположностями в жизни человека и общества являются стремление к развитию и к безопасности. Развитие требует постоянного расширения, роста, обновления, инноваций, в том числе рискованных. Безопасность же требует стабильности существующего положения, ограничения всяких новаций, особенно рискованных.

И хотя категории «развитие» и «безопасность» принципиально различны, они вполне равноправны в своей значимости в жизнедеятельности людей.

Первичным является развитие, безопасность вторична и призвана обеспечить развитие, защитить его от различного вида угроз.

Однако вторичность безопасности ничуть не умаляет ее роли и значения в объективной действительности.

Важной особенностью в понимании взаимоотношений между развитием и безопасностью является как раз неумышленное, а чаще продуманное и целенаправленное смешение или подмена этих понятий.

Объективная основа для смешения понятий есть: в современных условиях уровень безопасности определяется уровнем развития. Однако эта зависимость далеко не линейная и жестко детерминированная. Поэтому высокий уровень развития ни в коей мере не гарантирует столь же высокого уровня безопасности. Следует четко понимать, что более развитая страна и более развитый человек имеют просто большие возможности для обеспечения своей безопасности. Реализация же этих возможностей в практической деятельности может быть далеко не адекватной.

Всякие попытки придать понятию «экономическая безопасность» какое-либо иное содержание только затрудняют формирование подлинно научного подхода к разработке критериев и индикаторов экономической безопасности. А его, как нам представляется, следует начинать с однозначного соотношения этой категории с категориями более высокого порядка, такими, как «национальная безопасность» и «безопасность».

В настоящее время законодательно под национальной безопасностью понимается защищенность жизненно важных интересов личности, общества и государства в различных сферах жизнедеятельности от внутренних и внешних угроз, обеспечивающая устойчивое поступательное развитие страны.

На основании статьи 1 закона «О безопасности», в которой дается четкое и лаконичное определение категории «безопасность», представляется возможным выстроить строгую иерархию определений всех остальных видовых и родовых производных от этой базовой категории. В такой иерархии экономическая безопасность рассматривается как защищенность жизненно важных ин-

тересов личности, общества и государства в экономической сфере от внутренних и внешних угроз.

Национальная безопасность - это чрезвычайно сложная многоуровневая функциональная система, в которой непрерывно происходят процессы взаимодействия и противоборства жизненно важных интересов личности, общества, государства с угрозами этим интересам, как внутренними, так и внешними. При этом взаимодействии и противоборстве интересы и угрозы постоянно испытывают воздействие со стороны других элементов системы национальной безопасности: факторов внутренней и внешней окружающей среды и действий управляющей системы. В качестве целевой функции этой системы выступает степень защищенности данных интересов от угроз.

В центре системы национальной безопасности, как и в ее отдельных видах, стоят жизненно важные интересы личности, общества и государства как совокупность потребностей, удовлетворение которых надежно обеспечивает существование и прогрессивное развитие личностей, общества и государства, а также угрозы безопасности, под которыми понимается совокупность условий и факторов, создающих опасность этим жизненно важным интересам.

Центральная роль интересов и их особое значение определяются тем, что именно они являются основной движущей силой развития общества и реальной причиной социальной активности людей и в этом смысле выступают важнейшими факторами любых преобразований в обществе, государстве и мире в целом.

Как учил Гегель, «отсутствие интереса есть духовная или физическая смерть» [7]. Другими словами, наличие интереса означает жизнь, поэтому при указанном подходе к безопасности, защищая интересы, мы защищаем жизнь, жизнь человека, общества, государства, нации.

Но при этом следует иметь в виду слабость, уязвимость, неразвитость этой категории в российской общественной жизни. Дело в том, что в нашей стране испокон веков не признавались никакие другие интересы, кро-

ме государственных, что особенно характерным было для советской эпохи.

Сложившаяся ситуация дает повод американцам называть россиян народом без потребностей. Справедливости ради следует признать, что действительно наша непритязательность к условиям жизни и работы отражает как раз низкий уровень развития интересов. Мы упорно не хотим признать, что именно традиционное игнорирование роли и первостепенной значимости личных интересов как основной движущей силы социального развития и привело к тому, что Россия уже не одно столетие, независимо от типа общественно-политической формации, топчется, можно сказать, на одном и том же месте в своем историческом развитии.

Еще Наполеон говорил: «Есть два рычага, которыми можно двигать людей, - страх и личный интерес» [8]. К сожалению, начиная с Ивана Грозного и до сих пор, задачи развития и безопасности страны решаются традиционным методом опоры на страх. Чтобы изменить эту печальную тенденцию, надо осознать важность интересов и целенаправленно формировать их в обществе, как это делается в других развитых странах.

В Концепции национальной безопасности Российской Федерации указаны интересы личности, общества и государства: «Интересы личности состоят в реализации конституционных прав и свобод, в обеспечении личной безопасности, в повышении качества и уровня жизни, в физическом, духовном и интеллектуальном развитии человека и гражданина» [9]. Но простой перечень интересов сам по себе не может лечь в основу политики и государственного управления и останется простой декларацией, если не наполнить каждый интерес конкретным содержанием.

Из официальной региональной и местной статистики удалось выделить социально ориентированные показатели, отражающие содержательную сторону интересов населения. Анализ этих показателей показал, что все социальные интересы по своему содержанию четко делятся на две группы. Мы их назвали интересами благосостояния населения и интересами стабильности и безопасности (таблицы 1, 2).

Таблица 1

Система показателей интересов благосостояния населения Центрального федерального округа

№	Показатели
1	Валовой региональный продукт на душу населения (тыс. руб.)
2	Среднедушевые денежные доходы (в месяц, руб.)
3	Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата (млн. руб. на 1000 населения)
4	Ожидаемая продолжительность жизни (лет)
5	Уровень рождаемости (на 1000 населения)
6	Охват детей дошкольными учреждениями (% от численности детей соответствующего возраста)
7	Число больничных коек (на 10000 населения)
8	Численность студентов вузов (на 1000 населения)
9	Площадь жилищ, приходящаяся в среднем на одного жителя (кв. м)

Таблица 2

Система показателей интересов стабильности и безопасности населения Центрального федерального округа

№	Показатели
1	Число зарегистрированных преступлений (на 100000 населения)
2	Уровень зарегистрированных безработных (на 1000 населения)
3	Уровень смертности (на 1000 населения)
4	Удельный вес младенческой смертности (на 1000 родившихся)
5	Уровень разводов (на 1000 населения)
6	Удельный вес убыточных предприятий (%)

Эти группы интересов прямо противоположны по направленности своего содержания. Показатели, выражающие содержательную сторону интересов благосостояния, для повышения уровня развития требуют своего количественного увеличения, роста до максимума. Показатели же, выражающие содержательную сторону интересов стабильности

и безопасности, для повышения уровня развития требуют своего количественного уменьшения до минимума.

Подобная минимаксная структура интересов, во-первых, наглядно подтверждает, что социальное развитие происходит в полном соответствии с основным законом диалектики - единства и борьбы противоположностей.

Именно совокупность интересов благосостояния и интересов стабильности и безопасности, находясь во внутреннем единстве и взаимопроникновении и будучи противоположными сторонами одной медали, являются источником и движущей силой развития объективного мира.

Во-вторых, указанная разнонаправленная структура интересов дает реальную возможность выделить из множества факторов те, которые представляют опасность интересам благосостояния. Иными словами, появляется возможность установить критерий выявления угроз безопасности. Что же такое угроза?

Угроза безопасности - это любой внутренний или внешний фактор, оказывающий негативное воздействие на процесс развития и требующий для повышения уровня социального развития снижения своих количественных характеристик.

Данное положение имеет громадное практическое значение при формировании политики обеспечения национальной безопасности. Оно позволяет отфильтровать реальные угрозы от множества мнимых, надуманных угроз, не имеющих под собой объективной основы. Так, по определению не могут быть угрозами факторы, отражающие интересы благосостояния, даже если значе-

ния их показателей снижаются: падение объема производства, сокращение доходов, уменьшение коэффициента рождаемости и т. п. Уменьшение значений этих показателей является только результатом действия других, подлинных угроз безопасности.

Совокупность конкретных значений показателей благосостояния населения и показателей стабильности и безопасности объективно отражает содержание процесса реализации интересов людей в ходе социального развития.

Анализ динамики изменения индексов социального развития всех регионов Центрального федерального округа (ЦФО) свидетельствует, что общая траектория развития определяется сейчас главным образом состоянием факторов безопасности, а не факторов благосостояния, что наглядно видно на примере Курской области (рис. 1). Кривая индексов благосостояния имеет плавный характер без каких-либо резких скачкообразных изменений.

С одной стороны, это можно объяснить тем, что для экономических и социальных процессов характерна сильная инерционность, замедленное реагирование на колебания факторов окружающей среды и управляющие воздействия.

С другой стороны, это обстоятельство

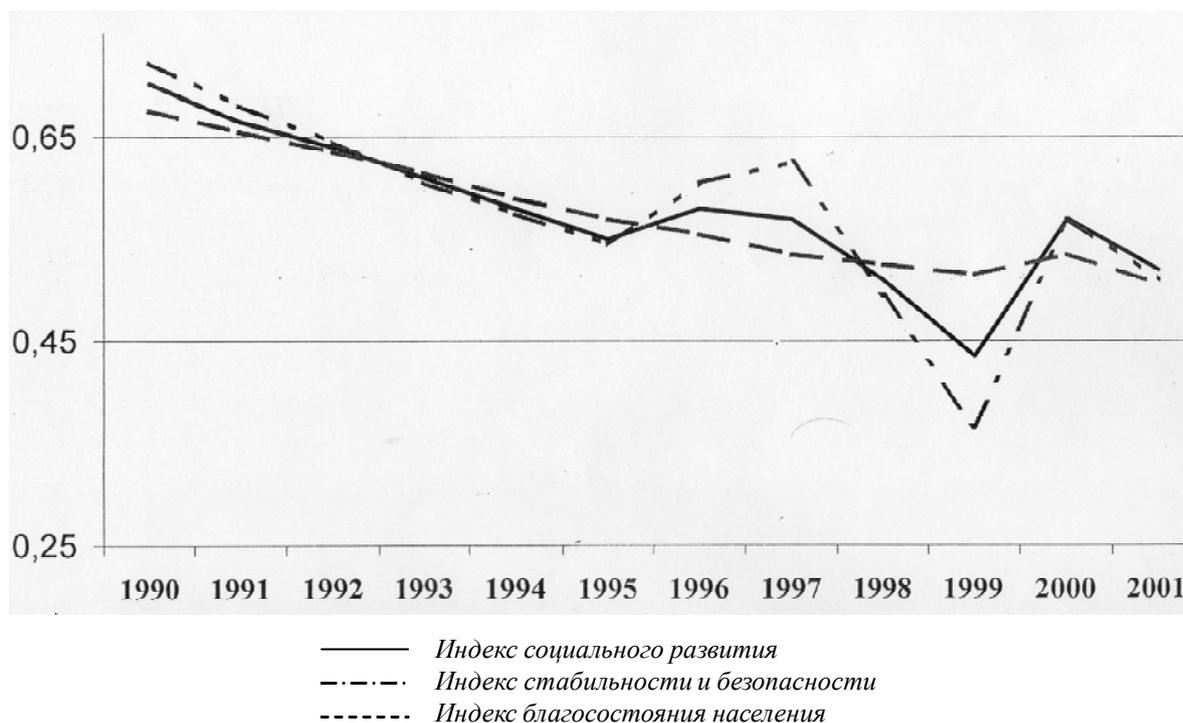


Рис. 1

лишний раз подчеркивает несовершенство существующих методов измерения уровня развития только через экономический рост. При таком подходе, как видим, на траекторию динамики изменения показателей благосостояния не оказывают как бы никакого воздействия чрезвычайные ситуации в стране и мире, включая и дефолт в августе 1998 года. Валовой региональный продукт, доходы населения, заработная плата занятых и другие показатели как росли до дефолта, так и продолжали расти после него вялыми темпами. Но во всех регионах ЦФО после дефолта резко снизился уровень безопасности, что негативно сказывается на процессе их социально-экономического развития до сего дня. В 1998-1999 гг. достигли пика показатели числа убыточных предприятий, преступности, численности незанятых трудовой деятельностью граждан. Влияние угроз безопасности даже в обычных условиях, не говоря уже о кризисных ситуациях типа шоковой терапии и дефолта, сразу и одновременно отражается на многих сторонах человеческой жизнедеятельности.

Поэтому во многих регионах, особенно в Брянской, Владимирской, Воронежской, Костромской, Курской, Тамбовской, Ярославской областях, главные пути улучшения социально-экономического положения находятся именно в сфере обеспечения безопасности, которую многие региональные руководители еще считают второстепенной и не своей, а федеральной.

Самой главной угрозой стабильности и безопасности практически всех без исключения регионов ЦФО следует признать недопустимо высокий уровень убыточных предприятий и организаций. Несмотря на то, что эта угроза почему-то не нашла отражения ни в Концепции национальной безопасности, ни в проекте Стратегии экономической безопасности Российской Федерации, ни в других официальных документах, именно она является основным тормозом социально-экономического развития страны и преградой на пути реализации различных реформ.

Ни о каком повышении качества и уровня жизни нельзя говорить, если, к примеру, в самом благополучном в этом плане регионе

ЦФО - Московской области - более четверти всех предприятий являются убыточными. А в большинстве регионов, таких, как Костромская, Курская, Тамбовская, Смоленская, Брянская, Тверская, Ивановская, Тульская, Воронежская, Рязанская области, доля убыточных предприятий составляет от 40 до 56 процентов от общего числа предприятий и организаций. Даже в Белгородской области, первой по рангу социального развития в ЦФО, убыточность предприятий является основной угрозой стабильности и безопасности (доля убыточных предприятий – 43 % в 2001 г.).

Именно поэтому борьба с убыточностью предприятий должна стать генеральной линией в деятельности региональных органов всех ветвей власти. Позитивные результаты этой борьбы сразу же скажутся на других критических факторах - будет снижаться уровень безработицы, вырастут доходы населения, начнет падать уровень преступности.

Таким образом, в существующих условиях приоритетным направлением в деятельности всех органов государственной власти как в Центре, так и на местах, должна стать борьба с угрозами безопасности различного характера в экономической и социальной сферах, обеспечение внутренней безопасности. Это реальный путь преодоления кризисных явлений и ускорения развития страны.

Список литературы

1. Экономическая безопасность. Производство, финансы, банки. - М.: ЗАО «Финстатин-форм», 1998.
2. Жандаров А. М., Петров А. А. Экономическая безопасность России: определения, гипотеза, расчеты. // Безопасность, № 3, 1994.
3. Экономическая безопасность. Производство, финансы, банки. - М.: ЗАО «Финстатин-форм», 1998.
4. Архипов А., Городецкий А., Михайлов Б. Экономическая безопасность: оценки, проблемы, способы обеспечения // Вопросы экономики, № 12, 1994.
5. Пискунов А. П. Военно-экономическая безопасность России на современном этапе // Военная мысль, № 2, 1995.
6. Правительство Российской Федерации. Постановление от 27 декабря 1996 г.

№ 1569. «О первоочередных мерах по реализации Государственной стратегии экономической безопасности Российской Федерации (основных положений), одобренной Указом Президента Российской Федерации от 29 апреля 1996 г. № 608».

7. Гегель Г.-В.-Ф. Философия права. - М., 1990. - 206 с.

8. Тарле Е. В. Наполеон. - М., 1991. – 92 с.

9. Концепция национальной безопасности Российской Федерации, 2000 г., 4 с.

ECONOMIC SECURITY IN THE SYSTEM OF RUSSIA'S NATIONAL SECURITY

© 2004 A. A. Prokhozhev, I. A. Karmanova

Russian Academy of State Service under the President of Russian Federation

The paper considers the economic aspects as the main constituents in the system of the country's national security. "Indicators" of economic security are analysed. Concepts and categories used to assess the security of society and state are described.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОТРАСЛЕЙ

© 2004 В. К. Семёнычев

Самарский государственный аэрокосмический университет

Предложено математическое и инструментальное обеспечение экономической безопасности социально-экономических систем путем структурной, параметрической идентификации и прогнозирования экономических показателей на основе моделей авторегрессии - скользящего среднего.

Известно более тридцати определений экономической безопасности экономических систем (народного хозяйства в целом, отдельных регионов страны, сфер и отраслей хозяйства, субъектов хозяйственной деятельности) [1 - 4], в каждом из которых используются некоторые показатели системы, определяющие ее способность поддерживать нормальные условия, характеризующие устойчивость при возможных внешних и внутренних угрозах, действию непредсказуемых и трудно прогнозируемых факторов, способность к постоянному обновлению и самосовершенствованию.

Известно до сорока различных показателей, которые можно объединить в три группы.

1. Показатели экономического роста (динамика и структура национального производства и дохода, показатели объемов и темпов промышленного производства, капиталовложения и др.).

2. Характеристики динамичности и адаптивности хозяйственного механизма, а также его зависимости от внешних факторов (уровня инфляции, дефицита консолидированного бюджета, действия внешнеэкономических факторов, стабильности национальной валюты, внутренней и внешней задолженности); параметры качества жизни (ВВП на душу населения, уровень дифференциации доходов, обеспеченность основных групп населения материальными благами и услугами, трудоспособность населения, состояние окружающей среды и т. д.).

3. Природно-ресурсный, производственный и научно-технический потенциалы и др.

Обычно необходимо определять (спрогнозировать заранее, принять решение с упреждением) пороговые значения этих показателей, достижение которых препятствует нормальному ходу развития различных элементов воспроизводства, приводит к формированию негативных, разрушительных тенденций.

Решение задачи обеспечения экономической безопасности на всех уровнях - стратегическом, тактическом и оперативном - путем прогнозирования предполагает моделирование социально-экономической системы и внешней среды, мониторинг показателей.

Для решения задачи повышения точности и быстродействия идентификации моделей учтем два общих свойства всех показателей экономической безопасности: вероятностный характер достижения ими и параметрами внешней среды пороговых значений (что требует обязательного применения статистических методов) и их динамический характер, связанный с развитием (деградацией) экономической системы или с изменением параметров внешней среды.

Второе обстоятельство делает целесообразным рассмотрение возможных структур показателей:

аддитивной $Y = T + Ц + C + \xi$,

мультипликативной $Y = T Ц C \xi$

или аддитивно-мультипликативной

$$Y = (T + Ц) C + \xi,$$

где T – тренд (тенденция, характеризующая совокупное и долговременное воздействие множества факторов на динамику изучаемого показателя); $Ц$ - цикл, представляющий собой периодический компонент (инвестици-

онный, строительный, экономический циклы Джанглера, Кондратьева и др.) показателя с периодом от года до 60 лет; C – периодический сезонный компонент с периодом до года; ξ – эволюционный стохастический компонент, определяемый как внешними, так и внутренними факторами, относительно которого обычно принимают допущения о нормальности закона ее распределения, постоянстве дисперсии и дельта–коррелированности значений [5].

Тренды часто моделируют алгебраическими и гиперболическими полиномами, обобщенной обратной или дробно-рациональной функциями, а периодический компонент $\Pi(t)$ предполагают гармоническим или представляют в виде разложения в ряд Фурье [5, 6]:

$$\text{Ц} \cup \text{С} = \Pi(t) = A_0/2 + \sum_{r=1}^{\infty} (A_r \text{Cos } \omega t + B_r \text{Sin } \omega t),$$

где обычно $r \leq 3$.

Наиболее общей моделью для отсчетов $Y_k = Y(T_k) = Y(\Delta k)$ траекторий неслучайных компонент экономических показателей являются обобщенные квазиполиномы [6]

$$Y_k = \sum_{i=1}^m A_i T_k^{B_i} \exp(C_i T_k) \text{Cos}(\omega_i T_k + \phi_i).$$

Практическими важными частными случаями являются

$$Y_k = \exp(-\alpha_3 T_k) (A_3 T_k + A_4),$$

$$Y_k = A_1 \exp(-\alpha_1 T_k) + A_2 \exp(-\alpha_2 T_k) + \exp(-\alpha_3 T_k) (A_3 T_k + A_4),$$

$$Y_k = C T_k + B + A \text{Cos}(\omega T_k + \phi);$$

$$Y_k = (C T_k + B) \text{Cos}(\omega T_k + \phi),$$

где Δ – период дискретизации (взятия отсчетов); $A_i, B_i, C_i, \omega_i, \alpha_i, \phi_i \in \mathbb{R}$.

Значительный интерес представляют логистические кривые для моделей трендов, характеризующие качественные изменения (со сменой знака вторых производных) в динамике экономической системы, например:

$$T(t) = AB^{Ct},$$

$$T(t) = \frac{1}{A + \sum_{i=1}^m B_i \exp(-C_i t)},$$

$$T(t) = A \exp(-\alpha/t);$$

$$T(t) = A \exp\{-B \exp(-Ct)\}.$$

Для мониторинга экономической безопасности используется и следующая модель кризисов, известная как «мультипликатор - акселератор»:

$$Y_k = A + B \exp(\alpha T_k) \text{Cos}(\omega T_k + \phi).$$

Для приведенных и ряда других моделей экономической динамики удалось получить, используя аппарат Z - преобразований [7], общее решение задачи идентификации и прогнозирования при помощи составления авторегрессии отсчетов траекторий

$$Y_k = \sum_{i=1}^p \lambda_i Y_{k-i} + \xi_k$$

с постоянными λ_i коэффициентами, диапазон значений которых, как и порядок « P » авторегрессии, определяется структурой, видом и параметрами моделей неслучайных компонент.

В ряде частных случаев имеется «нестационарная» [8] авторегрессия с множителями $\psi_1(k)$, зависящими от вида модели и от номеров начала отсчетов

$$Y_k \psi_0(k) = \sum_{i=1}^p \lambda_i \psi_1(k) Y_{k-i} + \xi_k.$$

Мониторинг экономической безопасности предлагается реализовывать в шесть этапов.

На первом этапе с использованием известных программных средств [5] определяется порядок авторегрессии и ее стационарность.

На втором этапе формируется и решается система линейных алгебраических уравнений Юла-Уокера для получения МНК - оценок λ_i из условий

$$\lambda_1^\circ = \arg \min_{\lambda_1} M \left\{ Y_k - \sum_{l=1}^p \lambda_l Y_{k-l} \right\}^2$$

или

$$\lambda_1^\circ = \arg \min_{\lambda_1} M \left\{ Y_k \psi_0(k) - \sum_{l=1}^p \lambda_l \psi_1(k) Y_{k-l} \right\}^2.$$

На третьем этапе по определенному ранее порядку авторегрессии, вычисленным значениям λ_1° и соотношениям значений λ_1° осуществляется структурная идентификация моделей параметров, т. е. определяется вид и структура модели динамики контролируемого(мых) параметра(ров). Соответствующие условия структурной идентификации сформулированы для большинства практически важных моделей, и лишь в отдельных случаях требуются априорные знания о возможном классе динамики показателя. На этом же этапе с учетом проведенного Z-преобразования и принятых обозначений рассчитываются МНК-оценки авторегрессионных параметров моделей, не зависящие от текущих отсчетов (например, ω_1° , α_1°).

В силу того, что схемы авторегрессии линейны относительно λ_1 , получаемые МНК-оценки авторегрессионных параметров моделей динамики показателей оказываются несмещенными и эффективными. В отдельных случаях может быть оправдано применение обобщенного МНК с весами при суммировании значений ординат.

Четвертый этап мониторинга позволяет, используя полученные ранее оценки λ_1° , путем решения соответствующих систем линейных уравнений Юла-Уокера определить МНК-оценки параметров моделей, зависящие от начальных отсчетов, например, A_1 , B_1 , C_1 , ϕ_1 - параметров скользящего среднего.

Этим расчетом заканчивается параметрическая идентификация моделей, что позволяет на следующем, пятом этапе, рассчитать сглаженные, защищенные от действия стохастического компонента значения траектории, а также отдельные траектории тренда, цикла и сезонного компонента. Заметим, что значения каждого из компонент определяются в предложенном подходе с высокой точностью по одной и той же и, как можно показать,

малой по объему выборке: до десяти – двенадцати отсчетов.

Подстановка в идентифицированную модель «будущих» значений аргумента «к» позволяет на шестом этапе экономического мониторинга осуществлять прогнозирование значений экономического показателя, сравнивать их с пороговым и принимать решения об экономической безопасности предприятий и отраслей. Прогнозирование обычно оправдано на среднесрочную перспективу: не более чем на одну треть от длительности времени наблюдения при идентификации.

Предложенный подход применим более чем для тридцати моделей динамики экономических показателей; требует минимальных априорных знаний о структуре моделей и осуществляет их структурную идентификацию; не требует нелинейной операции логарифмирования отсчетов; позволяет получить несмещенные и эффективные оценки на коротких выборках и анализировать нестационарную динамику.

Список литературы

1. «О Государственной стратегии экономической безопасности Российской Федерации (Основных положениях)». Указ Президента Российской Федерации от 29.04.96 г. № 608.
2. Арсентьев М. Экономическая безопасность. Обозреватель, №5, 1998 г.
3. Загашвили В. С. Экономическая безопасность России. М., Юристъ. 1997 г.
4. Основы экономической безопасности (государство, регион, предприятие, личность). /Под редакцией Олейникова Е. А. ЗАО «Бизнес-школа «Интел-Синтез», 1997 г.
5. Афанасьев В. Н., Юзбашев М. М. Анализ временных рядов и прогнозирование. М.: Финансы и статистика. 2001.
6. Гранберг А. Г. Динамические модели народного хозяйства. М.: Экономика. 1985.
7. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования. М.: Наука. 1971.
8. Нефедов А. П., Семёнычев В. К., Семёнычев Е. В. Определение параметров колеблемости и трендов на основе моделей авторегрессии. Сб. Управление организационно-экономическими системами: моделирование взаимодействий, принятие решений. Самара: СГАУ, 2002. - С. 47 - 49.

**MATHEMATICAL AND INSTRUMENTAL PROVISION OF ECONOMIC
SECURITY OF BUSINESS AND INDUSTRIES**

© 2004 V. K. Semyonychev

Samara State Aerospace University

The paper proposes mathematical and instrumental provision of economic security of social and economic systems by structural parametric identification and forecasting economic indicators on the basis of autoregression – moving average models.

СИСТЕМОЛОГИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

© 2004 Э. Г. Шевелев

Российская академия государственной службы при Президенте Российской Федерации

Рассматривается проблема совершенствования, развития и реализации национальной безопасности и приводятся новые методологические подходы к обеспечению национальной безопасности.

Дается определение понятия субъекта национальной безопасности, объединяющего в себя личность, общество и государство. Рассмотрены внешние и внутренние угрозы национальной безопасности России. Описан системологический подход к разработке и разрешению проблем обеспечения национальной безопасности и их реализации.

1. Введение

Системология национальной безопасности – учение о сложных системах различной природы (концептуальных и материальных), создаваемых с целью защиты и реализации национальных интересов в жизненно важных сферах государственной деятельности. Для Российской Федерации при разработке концептуальных систем национальной безопасности в качестве таких жизненно важных сфер государственной деятельности, как правило, рассматриваются: оборонное строительство, военное сотрудничество, защита и реализация национальных интересов России в Мировом океане и другие.

Под национальной безопасностью (НБ) при этом понимают: защищенность жизненно важных интересов граждан, общества и государства, а также национальных ценностей и образа жизни от широкого спектра внешних и внутренних угроз, различных по своей природе (политических, экономических, военных, экологических, психологических и др.), рассматривая ее, как правило, на трех взаимосвязанных уровнях: безопасность личности; безопасность общества и безопасность государства [1].

Взаимосвязь перечисленных уровней национальной безопасности динамична и определяется характером общественных отношений, политическим и экономическим устройством, степенью развития правового государства и гражданского общества. Накопленный опыт практической деятельности и результаты исследований в области национальной безопасности показывают, что наи-

более полная реализация национальной безопасности достигается только тогда, когда безопасность государства и безопасность общества являются не самоцелью, а функцией обеспечения безопасности личности.

Под безопасностью государства при этом понимается защищенность конституционного строя, суверенитета и территориальной целостности от внешних и внутренних угроз; под безопасностью общества – совокупность условий, позволяющих реализовать права и свободы всех групп населения, противостоять действиям, ведущим к расколу общества (в том числе и со стороны государства). Безопасность общества предполагает наличие развитых общественных институтов, правовых норм, форм общественного сознания, гарантирующих защиту и реализацию этих условий.

Под безопасностью объектов социальной природы (государства, общества, социальной группы, человека, международных организаций, объединений и др.) понимается защищенность их устойчивого существования и прогрессивного развития. Ее обеспечение предполагает предупреждение, предотвращение и нейтрализацию опасных состояний (кризисов), создающих угрозу для этих объектов.

Локальная безопасность – защищенность отдельных регионов страны, социальных слоев и групп, предприятий (фирм) и индивидуумов от различного рода угроз (политических, экономических, военных, экологических, информационных и др.) или, другими словами, защищенность устойчиво-

го функционирования и прогрессивного развития перечисленных объектов безопасности.

Безопасность личности – защищенность условий, обеспечивающих реализацию прав и свобод личности, возможности для ее саморазвития. Личность (ее права и свободы) относится к основным объектам и субъектам национальной безопасности. Безопасность личности зависит от форм государственного устройства и правления, состояния экономики, социальной сферы, законодательства, культуры, духовного потенциала страны.

Жизненно важные национальные интересы – часть национальных интересов, совокупность потребностей, удовлетворение которых обеспечивает существование и возможность прогрессивного развития личности, общества и государства.

Система обеспечения национальной безопасности – совокупность органов, сил и средств обеспечения национальной безопасности, осуществляющих в соответствии с Конституцией и законодательством Российской Федерации, меры политического, правового, организационного, экономического, военного и иного характера, направленные на обеспечение безопасности личности, общества и государства. Ее основными функциями являются получение и оценка информации об угрозах национальной безопасности, выработка решений по реагированию и доведение их до исполнителей, организация конкретных действий по устранению, нейтрализации или минимизации угроз.

Конституционным органом, осуществляющим подготовку решений Президента РФ по вопросам обеспечения защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз, проведения единой государственной политики в области обеспечения национальной безопасности, является Совет Безопасности Российской Федерации (СБ РФ).

СБ РФ определяет жизненно важные интересы общества и государства, выявляет внутренние и внешние угрозы объектам национальной безопасности; разрабатывает основные направления стратегии внутренней

и внешней политики РФ в области обеспечения национальной безопасности; осуществляет подготовку рекомендаций Президенту РФ для принятия решений по ключевым проблемам экономической, общественной, военной, информационной, экологической и иных видов безопасности, охраны здоровья населения, прогнозирования, предупреждения чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий; разрабатывает предложения по координации деятельности федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов РФ в процессе реализации принятых решений в области обеспечения национальной безопасности и оценивает их эффективность.

Решения СБ РФ по важнейшим вопросам обеспечения национальной безопасности оформляются указами Президента РФ, иные решения – протоколами. Основными рабочими органами СБ РФ являются межведомственные комиссии, которые создаются по функциональному или региональному признаку на постоянной или временной основе.

В целях научного обеспечения деятельности СБ РФ при нем образован научный совет. Деятельность СБ РФ обеспечивается его аппаратом, положение о котором и его структура утверждаются Президентом РФ.

Безопасность военная – защищенность личности, общества и государства от военных угроз; состояние, при котором вероятность войны сводится к минимуму из-за отсутствия побудительных мотивов к применению военной силы и условий, требующих восстановления баланса сил, а также вследствие осуществления баланса сил и осуществления мер по предотвращению или парированию военной опасности. Военная безопасность является важнейшей составляющей национальной безопасности и имеет внешний и внутренний аспекты.

Внешний аспект военной безопасности отражает способность сдерживать военную силу извне или противодействовать ей. Такая способность предполагает наличие адекватных вооруженных сил, национальной и коллективной систем обеспечения безопасности.

Внутренний аспект военной безопасности охватывает систему мер по обеспечению и поддержанию готовности личности, общества и государства к предупреждению и парированию военных угроз путем создания и стабильного функционирования военной организации, осуществления мобилизационной подготовки экономики и населения страны.

Безопасность экономическая (внешняя) – защищенность экономики страны от внешней зависимости, дискриминации, диктата, подчинения интересам других государств. Безопасность экономическая (внутренняя) – защищенность экономики страны от внутренних угроз, связанных с отношением к собственности, с производством, функционированием рынка, социальными кризисами.

Безопасность интеллектуальная - защищенность интеллектуального потенциала личности, общества и государства. Она имеет стратегический аспект, включающий создание и поддержание благоприятных условий для интеллектуального развития народа, включая прогресс науки, образования и культуры. С юридической точки зрения, интеллектуальная безопасность предполагает защиту прав физического или юридического лица на результаты творческой деятельности (открытия, изобретения, научные произведения, разработки и др.).

Мировой доход выступает как всеобъемлющий геоэкономический и геофинансовый атрибут мирового измерения хозяйственной деятельности государств, как стратегическая мотивация их включения в мировые производственные циклы, сформированные на базе выхода за национальные рамки производственных процессов.

В условиях глобализации мировой хозяйственной системы на рубеже веков все страны мира переформились в три разновидности [2]:

1. Страны – системы, «опрокинутые вовне». К таким странам относятся США, другие развитые страны, некоторые развивающиеся страны. Обладая мощными транснационализированными финансово-промышленными группами и делегируя им реализацию своих геофинансовых и геоэкономических интересов, такие страны монополизи-

вали доступ к формированию и распределению мирового дохода и геофинансовой ренты.

2. Страны-системы, «опрокинутые вовнутрь», не обладающие транснациональными структурами и втягивающие в свои национальные ареалы «чужие» звенья транснациональных воспроизводственных структур, тем самым сокращая свой национальный хозяйственный ареал.

3. Страны, не нашедшие себя в процессе интернационализации и не включенные в мировой производственный цикл. Их финансовые системы в современных условиях выходят за национальные рамки и, сливаясь воедино, формируют новейшую финансовую популяцию – геофинансовую наднациональную систему, функционирующую по своим, только ей присущим законам. Ее конфигурация выстраивается по контурам, пересекающим национальные границы и «растаскивающим» национальные финансовые системы по тем или другим трансграничным финансовым потокам. Интерпретация такой качественно новой мировой хозяйственной ситуации на геофинансовом поле позволяет выстраивать многоходовые геофинансовые операции, не выпуская из поля зрения конфигурацию интегрированных производственных ядер, размещение сырьевых и энергетических ресурсов как точек роста, высокотехнологичные узлы мировой инновационной системы (технополисы, технопарки и др.), миграционные потоки интеллектуальной рабочей силы, точки международной напряженности и конфликтов.

Оперирование в геофинансовой сфере потребовало новых высоких геоэкономических и геофинансовых наступательно активных технологий, открывающих возможность обрести доступ к формированию и перераспределению в свою пользу мирового дохода.

Все это настоятельно потребовало не только пересмотра и углубления сложившихся традиционных представлений о видах межгосударственного противоборства, но и отказа от абсолютизма схемы «опасность-безопасность» при совершенствовании и развитии политики и теории национальной безопасности, разработки с единых методологических позиций целостной совокупности

ее основных концептуальных систем, включая Концепцию, Доктрину и Стратегию обеспечения национальной безопасности.

2. Методологические основы совершенствования, развития и реализации политики национальной безопасности

Состояние современной мысли в сфере методологии обеспечения безопасности (вне зависимости от той области деятельности, в которой рассматривается эта проблематика) характеризуется в настоящее время, по мнению отечественных специалистов, глубокой отсталостью и застоем. Не вдаваясь в анализ этого странного феномена, стоит сразу отметить, что связан он с доминированием так называемого сциентистского подхода, концентрирующего внимание на технических вопросах в ущерб общему осмыслению проблематики - того, что можно было бы назвать методологией: философией безопасности [3].

В связи с этим представляется исключительно важным получить с единых методологических позиций ответы на три тесно взаимосвязанных, разнородных группы вопросов:

- Как вообще следует мыслить «опасность – безопасность» в XXI веке с учетом новейших научных достижений в данной предметной области? Каковы в связи с этим возможные новые подходы к обеспечению национальной безопасности?

- В чем специфика национальной безопасности? Безопасность кого (и/или чего) здесь подразумевается? Какова «природа» опасности и какие ее типы при этом должны учитываться: от кого (и/или от чего) надо «защищаться»? Кто может быть субъектом, обеспечивающим национальную безопасность?

Лишь ответив на эти вопросы, можно осмысленно ставить ряд других:

- В чем особенности обеспечения национальной безопасности России? Как и за счет чего эта безопасность может быть обеспечена? Какие приоритеты могут быть при этом выделены? Каковы пути и средства реализации разрабатываемых «концепций», «политик» и других концептуальных систем с учетом сложившейся сейчас ситуации?

3. Новый методологический подход к проблемам обеспечения национальной безопасности

Идеология обеспечения безопасности в наши дни нуждается в существенном обновлении путем освоения современных достижений мысли. Речь идет, в первую очередь, о необходимости кардинального изменения общего подхода к обеспечению безопасности, безотносительно к областям его приложения, будь то политика, борьба с преступностью или экология.

За словесной формулой «обеспечение безопасности» стоит озабоченность чрезвычайно широким кругом негативных явлений самого разного масштаба - от угроз жизни и деятельности отдельного человека до опасности глобальных катастроф. И смотреть на проблему обеспечения безопасности можно с разных позиций: напуганного обывателя, сотрудника правоохранительных органов, самоуверенного профессора или даже заведующего кафедрой национальной безопасности ведущего образовательного учреждения страны, ученого - специалиста по теории надежности, Президента страны и т. д.

Приведенные ниже в данном разделе положения, во-первых, высказываются с позиций методолога – автора системологии национальной безопасности, чем и обусловлена их профессиональная специфика, а во-вторых, являются частью общей концепции обеспечения безопасности (т. е. не привязанной ни к какому конкретному объекту). При этом за основу берется новый, деятельностный подход к обеспечению безопасности (ОБ) в противоположность господствующему во всем мире натуралистическому.

При этом формирование самой идеи таких подходов как важнейшей предпосылки организации мышления и, в частности, деятельностного подхода является достижением русской мысли конца XX – начала XXI века, которое - при надлежащем использовании - могло бы дать России важнейшие интеллектуальные преимущества перед другими странами.

Два подхода к обеспечению безопасности. Итак, господствующий в настоящее время

мя предметно-отраслевой подход представляет собой современную форму выражения более общего подхода и мировоззрения, который называется натуралистическим. В рамках этого подхода полагают, что схема «опасность-безопасность» есть объективная характеристика внеположенных условий, среды нашей жизни и деятельности. Вектор опасности мыслят как направленный снаружи на систему, безопасность которой хотят обеспечить.

Соответственно, деятельность по обеспечению безопасности (в том числе национальной безопасности!) направляется на преобразование внешней среды, локализацию и блокировку возможных источников опасности в ней и/или на отгораживание от этой среды потенциальных источников опасности. Даже говоря о «внутренних» опасностях, всегда разделяют угрожаемую, подверженную опасности систему и источники опасности, выделяемые и помещаемые вне угрожаемой системы.

В рамках развиваемого в последние годы деятельностного (а точнее, системнодеятельностного) подхода картина представляется прямо противоположным образом: «опасность-безопасность» выступает как характеристика нашей собственной деятельности, а системное представление о последней объединяет воедино источник опасности и угрожаемый объект.

Опасность всегда полезнее и продуктивнее (с научной точки зрения!) трактовать как внутреннюю и связывать ее не с «опасными природными процессами» или кознями «врагов», а с дефицитом собственных средств, подготовленности к решению проблем национальной безопасности и методов работы. Иначе говоря, источники любых и всяческих опасностей суть не более чем «превращенные формы», мифологемы психологического происхождения. С этих позиций возникает необходимость критического анализа полученных за последние годы результатов исследований в области обеспечения национальной безопасности.

Основные различия деятельностного и натуралистического подходов. Для начала следует развести две указанные позиции по

ключевым вопросам. Что именно подвергается опасности и, соответственно, является объектом обеспечения безопасности? В чем источники опасности для этих объектов? Каковы, в самом общем виде, пути обеспечения безопасности, необходимые знания и средства?

При фиксации «состояния опасности» угрожаемыми объектами традиционно считаются предметные образования - люди, их имущество, предметы их жизнедеятельности и труда, территории, производственные процессы и т. п., вплоть до таких «универсальных» объектов, как государство, общество, цивилизация. Источниками опасности считаются «опасные процессы», объективно присущие миру и зарождающиеся в нем – в природе и человеческом обществе, в частности, в связи с «научно-техническим прогрессом» (широко распространен тезис об объективном возрастании опасности аварий и катастроф с ростом достижений науки, техники и производства). Следствием этой идеологии «опасного окружения» является концепция защиты угрожаемых объектов: задача состоит в исследовании «опасных процессов» как части предзаданной объективной реальности, прогнозирования их поведения и принятии соответствующих защитных мер.

Альтернативная, деятельностная точка зрения исходит, во-первых, из того, что все основные ценности, которым могут угрожать неблагоприятные изменения, вписаны в системы жизни и деятельности человека; негативные явления связываются с разрывами деятельности - невозможностью или трудностью ее осуществления.

Отсюда следует, что никаких опасностей вне и независимо от нас и нашей деятельности в природе и технических системах как таковых не существует.

Опасными или безопасными являются сами наши системы деятельности, и зависит это не от свойств материала, с которым нам приходится иметь дело (природы, конструкций, действий других людей и пр.), а от наличия или отсутствия у нас форм организации, методов и средств работы с данным материалом и протекающими в нем процессами в данных условиях, качества подготовки

специалистов и ученых, призванных обеспечить эффективное функционирование системы обеспечения национальной безопасности. «Соппротивление материала» может быть опасным лишь в той мере и потому, насколько и почему мы не знаем законов его (материала) жизни, не умеем прогнозировать его поведение, не обладаем методами и средствами его оформления, желаемого употребления и контроля.

Легко видеть, что из «деятельностной» точки зрения вытекает принципиально другое понимание и объяснение природы катастрофического положения дел, сложившегося на многих производствах, в общественных структурах, в городах и регионах («зонах экологического бедствия») и других территориях, а также совершенно иная, чем в натуралистической безопасности, обращенная на ликвидацию дефицита собственных средств, на обогащение знаниями о человеческой деятельности и способностями адекватно действовать в реальных ситуациях деятельностная трактовка «опасностей». Сосредоточим внимание на узлом для данной темы понятии «опасности» (и, соответственно, противоположном понятии «безопасности»).

Отметим несколько признаков или характеристик этих понятий (отчасти повторив уже сказанное) и предложим схему, на которую будем опираться в дальнейшем. Первое и важнейшее обстоятельство, вытекающее из изложенного выше подхода, состоит в том, что «опасности» суть ложные, превращенные (или превратные) формы нашего осознания дефицита собственных средств и методов работы.

Образно говоря, «опасности» суть фантомы, кусты, в которые мы прячем головы, боясь признаться в собственной интеллектуальной слабости, в некомпетентности и беспомощности в разработках проблем национальной безопасности с использованием современного научного инструментария и вычислительной техники. Без понятия «опасности» вполне можно было бы обойтись, оставив это слово для житейского употребления. За ним кроются лишь характеристики наших систем деятельности, а не их материала - природного, «человеческого» или технического.

Высказанный тезис, однако, не следует понимать упрощенно. Понятие опасности (спонтанной угрозы) для любой организованной или природной системы (а понятие опасности осмысленно только применительно к таким системам) предполагает наличие некоторого обособленного источника возможного ущерба, т. е. такого объекта, для работы с которым у нас и не хватает средств и методов. Независимо от того, является ли этот источник «внешним» или «внутренним», он всегда и обязательно выделяется, отделяется от «поражаемых» организованных систем, являющихся предметом нашей озабоченности. Следовательно, опасность по понятию есть системный эффект. Хотя она и порождается дефицитом средств нашей деятельности, но всегда привязывается к особенностям ее внутренней структуры и/или внешним связям.

Еще одной конституирующей характеристикой «опасности» является ее потенциальность, привязанность к будущему. Опасность характеризует возможность наступления «негативных явлений»; она исчезает как таковая (т. е., как минимум, перестает квалифицироваться как «опасность») либо с исчезновением такой возможности, либо напротив, с ее реализацией.

Наконец, последняя характеристика «опасности», которую необходимо отметить, - ее привязанность к некоторому классу ситуаций (жизненных, промышленно-производственных, политических и др.) или сфер деятельности (в первую очередь сфер государственной деятельности), в которых может произойти то или иное негативное явление.

Ожидание негативного явления в будущем связано с фиксацией аналогичных явлений в прошлом, а для этого необходимо усматривать некоторую существенную аналогию прошлых и будущих ситуаций - иначе нет оснований говорить ни о каких опасностях.

Можно сказать, что само понятие «опасности» осмыслено, а соответственно, и целенаправленная деятельность по обеспечению безопасности возможна лишь постольку, поскольку выделен некоторый класс «обеспечиваемых» ситуаций: именно в этой «полосе деятельности» и разворачиваются

работы по обеспечению безопасности.

Схема ситуации обеспечения безопасности. В реальной жизни основанием для таких работ является фиксация «состояния опасности»: субъект, представляющий некоторую систему жизни и деятельности, должен выйти во внешнюю (по отношению к этой системе) позицию анализа сложившейся ситуации, т. е. в позицию рефлексивного осмысления, и зафиксировать возможность помех в своей деятельности («негативных явлений»).

Осознание той или иной опасности приводит к выделению в социуме, как минимум, трех позиций, представляющих соответствующие системы (подчеркнем, что это именно позиции, каждая из которых характеризует определенное положение некоторого субъекта-деятеля в ситуации обеспечения безопасности и его определенное отношение к рассматриваемой проблеме, в процессе разработки которой реальные субъекты могут двигаться по позициям и занимать одновременно несколько позиций):

- система, подверженная опасности. Ее представители обычно осознают опасность как внешнюю по отношению к «своей» системе. Таковы, например, позиция горожан, восстающих против промышленного строительства; позиция работников предприятия, использующего некачественное сырье; позиция вкладчиков банка, которому грозит крах, и, наконец, позиция руководителя структуры, призванной разрешать проблемы обеспечения национальной безопасности, но не желающего ничего менять в своих примитивных подходах к ней и стремящегося (по тем или иным причинам) лишь усидеть на своем по каким то причинам привлекательном для него «элитном» кресле;

- опасная или угрожающая система. Она обычно выделяется и идентифицируется из первой позиции. На уровне обыденного сознания ее представители квалифицируются при этом как «враги»: в этой функции нередко выступают проектировщики и строители промпредприятия по отношению к горожанам, поставщики некачественного сырья, работники банка, представители своих структур, критикующие позицию руководителя;

специалисты, ученые, научные работники, педагогический состав, выступающие против сложившейся порочной или не отвечающей своему назначению системы «обеспечения национальной безопасности». По сути дела, первая система при этом оказывается опасной по отношению ко второй (что, например, в полной мере испытали на себе атомщики-энергетики);

- система обеспечения безопасности. При том, что первые две позиции симметричны с точки зрения третьей, эта третья система надстраивается над двумя первыми, осуществляя (в контексте организационно-управленческой и/или политической деятельности) их необходимую перестройку и модификацию, смену не отвечающего современным требованиям руководства, разработку недостающих знаний, методов, средств и т. п.

Обеспечение национальной безопасности как управленческая деятельность. Суммируя сформированные к данному моменту общеметодологические представления об «обеспечении национальной безопасности» (ОНБ), можно определить ее как особую деятельность по обеспечению подведомственной («защищаемой») системы деятельности недостающими средствами и методами.

Таким образом, ОНБ есть особая «деятельность над деятельностью», причем решение задач ОНБ входит в компетенцию управленческой надстройки над базовой деятельностью (строительной, промышленно-эксплуатационной деятельностью, просто «жизнедеятельностью» и т. п.).

Обеспечение безопасности как одна из функций или одно из направлений управленческой деятельности разворачивается в контексте других ее функций и направлений - обеспечения устойчивого воспроизводства, функционирования, инноваций, развития.

При этом деятельность ОНБ исходит из необходимости продолжения, сохранения базового деятельностного процесса, то есть, как минимум, его воспроизводства в будущем, и стремится устранить, «изжить» из воспроизводства процесса те факторы и условия базовой деятельности, которые, с учетом опыта прошлого, чреватые негативными явлениями. Непосредственным инструмен-

том воздействия системы ОНБ на подведомственную систему являются превентивные меры - профилактические действия, корректирующие и/или дополняющие базовую деятельность.

Источником же разработки превентивных мер безопасности, а стало быть, основой построения системы ОНБ в целом, служат особые знания об опасности, концентрирующие в себе опыт предшествующей деятельности.

Понятие «знания об опасностях» играет при разработке и разрешении проблем национальной безопасности особую роль. На сущности и содержании знаний об опасностях следует остановиться подробнее, завершив тем самым обсуждение основных методологических принципов ОНБ.

Знания об опасностях. Одну из важнейших причин неудовлетворительного современного состояния существующих служб ОНБ (и даже, более того, отсутствия эффективно действующих систем ОНБ) следует видеть в том, что в сознании специалистов, ответственных за работы в этой области, знаниями об опасностях считаются знания о тех свойствах материала - технического, «человеческого» и природного (подвижках литосферных плит, просадочности грунтов, коррозии металлов, тех или иных политических или общественных тенденциях и пр.), которые способны при их неучете нанести ущерб жизни и деятельности людей.

Эти естественные свойства материала часто называют факторами или источниками опасности. В предлагаемой же трактовке это лишь особого рода превращенные формы подлинных источников опасности - недостатков методов и средств нашей собственной деятельности, профессиональной некомпетентности руководящих работников и персонала системы ОНБ в различных жизненно важных сферах государственной деятельности, безответственной работы образовательной системы профессиональной переподготовки и повышения квалификации управленческих кадров в данной области. Таким образом, собственно знания об опасностях - это знания тех недостатков самой деятельности

людей, в силу которых и происходит «неучет» специфики материала. Можно сказать, что знания об опасностях – это такие знания, нормативное использование которых в деятельности (при разработке мер по ОНБ) предотвращает возникновение негативных явлений.

Совершенно очевидно, что знаний о факторах опасности для этой цели недостаточно. Они, безусловно, необходимы позиционеру, несущему на себе осуществление самой базовой деятельности (производителю, функционеру или просто «обывателю»). Такого рода объектно-ориентированные знания производит традиционная наука, в том числе ее общественные дисциплины.

Необходимые же управленцу, берущему на себя ответственность за ОНБ, знания о подведомственной деятельности (а для их получения необходимы особые, деятельностно-ориентированные научно-исследовательские работы, опыт реальной практической деятельности в данных сферах) не производит сегодня никто, что создает «зияющую дыру» в научном обеспечении организационно-управленческой деятельности. Следовательно, заблаговременная разработка и получение таких знаний должны являться одним из важнейших направлений работы в рамках любой программы, нацеленной на ОНБ.

Завершая рассмотрение особенностей обеспечения национальной безопасности, следует особо отметить принципиальный момент: трактовка знаний об опасностях как знаний о подведомственной деятельности, о ее средствах, методах, процедурах (а не о материально-вещественных организованностях, лежащих в предмете этой деятельности) коренным образом перестраивает всю систему ОНБ (по сравнению с традиционной трактовкой этой системы и службы), задает «непривычные» для специалистов и ученых направления работ этой системы, состав необходимого научного обеспечения, предъявляет новые квалификационные требования к руководству и специалистам властных структур, осуществляющим государственное управление обеспечением национальной безопасности России.

4. О субъекте национальной безопасности и предмете обеспечения национальной безопасности

Приняв те или иные решения по вопросу о понятиях «опасности-безопасности», о подходах и рамках обеспечения безопасности, следует остановиться и на второй группе вопросов, связанных, по сути, с понятием «национальная безопасность». Ранее это понятие трактовалось чрезвычайно узко и сводилось к защите основ советского строя и важнейших институтов советского государства от внутренних политических и внешних военных угроз.

В современных документах понятие о национальной безопасности трактуется более расширительно и комплексно. Как уже указывалось во введении, в соответствии с современными подходами оно охватывает различные составляющие, такие, например, как военную, политическую, информационную, социальную, экологическую, геоэкономическую, интеллектуальную и другие. В целом же приходится констатировать, что на сегодняшний день в представлениях специалистов сформированы лишь самые общие контуры понятия «национальная безопасность».

В качестве основных объектов национальной безопасности, как правило, рассматриваются: личность – ее права и свободы; общество – его материальные и духовные ценности; государство – его конституционный строй, суверенитет и территориальная целостность.

Раскрывая предмет обеспечения национальной безопасности, как правило, определяют его как состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз. В связи с этим полезно вспомнить, что понятие Родины многомерно и задается целым набором рамок: территориальной, хозяйственной, языковой, национальной, культурной, религиозной и т. д., причем выпячивание любой одной из них чревато опасностями и бедами. Имея это в виду и стремясь не нарушать установившейся терминологии, условимся и в дальнейшем пользоваться общепринятым термином «национальная безопасность».

Личность, общество и государство как субъекты безопасности. В попытках разобраться со сложными отношениями в триаде «личность-общество-государство», по мнению отечественных специалистов и ученых, целесообразно опереться как на деятельностные представления об «опасности-безопасности», так и на современные социально-философские и социально-политические представления. Опасности при этом воспринимаются как состояние, в котором возникает дефицит средств и осознаются недостатки функционирования системы ОНБ [3]. Но носителем, исходным «собственником» средств и методов ее работы является отдельный человек (как «мыслитель» и «деятель»). Поэтому первичной следует считать индивидуальную безопасность. Затем, вторично, в результате коллективной или скооперированной работы некоторых групп людей, в результате их коммуникации могут возникать и другие носители средств и методов – некоторые человеческие общности, способные фиксировать дефицит своих «коллективных» средств и методов.

Принципиальный приоритет интересов отдельного человека над интересами частных общностей людей (классов, этносов, профессиональных сообществ и т. п.), по убеждению отечественных ученых и специалистов, уже признан современной гуманистической мыслью, извлекающей урок из жестокой истории XX века. Проблема же преодоления разобщенности, и в частности субъективации страны, по их мнению, решается путем коммуникации (общественного диалога). Цивилизованные страны постепенно накапливают опыт такого диалога, а в последние десятилетия заметно интенсифицировались и попытки создания соответствующих социальных теорий и технологий.

5. Об угрозах национальной безопасности

Ответ на вопрос, что именно надо делать для обеспечения национальной безопасности (постановка конкретных целей и задач этой деятельности), напрямую зависит от того, насколько качественно будет определен предмет национальной безопасности, выделены процессы, жизненно важные для чело-

века как гражданина (в том числе процессы, выступающие как интересы общества и государства). Тогда могут быть поняты разрывы и помехи, мешающие протеканию этих процессов, с которыми связаны угрозы национальной безопасности, выделены источники этих угроз.

Две стороны вопроса об угрозах национальной безопасности. В свете сказанного выше нельзя не видеть «угрозу» того, что наследие предшествующей исторической эпохи еще долго не позволит нам создать адекватные механизмы выработки решений о национальных интересах и угрозах этим интересам. В Законе «О безопасности» (1992 г.) сказано (ст. 15), что определение жизненно важных интересов личности, общества и государства и выявление внутренних и внешних угроз объектам безопасности есть первая из основных задач Совета Безопасности Российской Федерации.

Не окажется ли так, что выработка соответствующих решений станет - в силу привычных методов ее организации - кабинетной работой, мало затрагивающей, как минимум, «личность» и «общество»? Конечно, с одной стороны, сегодня можно достаточно четко обозначить главные направления поиска угроз национальной безопасности России, опираясь как на методологические представления о сущности обеспечения безопасности, так и на анализ современного состояния российского государства.

Но, с другой стороны, видна и проблемная сторона этой работы, ставящая на повестку дня, строго говоря, не вопрос, «что является угрозами?», а вопрос, «как определять угрозы национальной безопасности при сегодняшнем состоянии российского общества и в чем состоят приоритетные направления развития теории и практики ее надежного обеспечения?»

Главные угрозы жизненно важным интересам России. В разные исторические периоды развития человеческой цивилизации относительная значимость различных компонентов угроз национальной безопасности меняется. В частности, сейчас возможность внешней военной агрессии представляет для России куда меньшую угрозу, чем внутрен-

няя социально-политическая нестабильность, экономический кризис, экологические и техногенные катастрофы.

Следует признать, что главные угрозы жизненно важным интересам России исходят сегодня не извне, а являются следствием процессов, происходящих внутри государства и на территории бывших республик Советского Союза. Исходя из этого, приоритеты задач национальной безопасности России в современных условиях развития обстановки в мире следует расставить следующим образом. На первом месте находятся внутривнутриполитические и социальные задачи - защита прав и свобод личности, построение основ демократического общества и государства. На втором - обеспечение свободного и эффективного экономического развития, повышение благосостояния граждан.

Наконец, на третьем месте находится необходимость защиты всех этих завоеваний от угроз извне, сдерживание внешней агрессии и обеспечение жизненно важных интересов за пределами национальной территории. И следует подчеркнуть, что правомерность данного вывода уже признана политическим и военным руководством российского государства, осуществляющим адаптацию российской военной политики к новым глобальным реалиям [4].

Основные внешнеполитические вызовы и угрозы. В краткосрочной перспективе внешняя угроза для Российской Федерации невелика. Трудно представить, что в ближайшие годы какое-либо государство мира осуществит вооруженную агрессию против России. Хотя НАТО и превратилась в доминирующую военную силу в Европе, сегодня у России нет острых политических или экономических конфликтов со странами альянса, способных перерасти в крупномасштабную или локальную войну. В ближайший период российское государство сохранит статус ядерной державы. Надо полагать, что полностью не будет разрушен и режим контроля над вооружениями, который в целом обеспечивает как предсказуемость военно-политической ситуации, так и достаточное стратегическое предупреждение и, по существу, устраняет опасность внезапного нападения.

В среднесрочной перспективе (5-10 лет) угроза может возрасти прежде всего на Юге. В условиях, когда исламский экстремизм в мире нарастает, Россия оказывается перед лицом агрессивных режимов Ближнего и Среднего Востока. Если не удастся дипломатическими средствами предотвратить конфронтацию с исламским миром, возможно развитие противоречий с некоторыми мусульманскими странами, стремящимися добиться господства в широком географическом регионе - от Боснии до Таджикистана.

При худшем варианте развития событий Россия может столкнуться здесь даже с несколькими войнами масштаба афганской на своей территории или на территории СНГ. Что касается Запада и Востока, то здесь нельзя исключать ухудшение ситуации, но прямая военная угроза маловероятна.

Правда, если за это время не будет создан механизм реального партнерства между Россией и НАТО, альянс останется замкнутым военным блоком и не будет трансформирован в миротворческую организацию с участием России, а военная инфраструктура НАТО вплотную придвинется к нашим границам, то положение может существенно осложниться, не исключено возобновление противостояния между Россией и Западом. Кроме того следует отдавать себе отчет в том, что уже в среднесрочной перспективе роль ядерного оружия в обеспечении национальной безопасности будет неуклонно падать, а Соединенные Штаты в этот период выйдут на создание и оснащение своих вооруженных сил оружием «шестого поколения» (новейшим высокоточным обычным оружием с мощной информационной составляющей), с помощью которого они смогут решать любые военные задачи. Россия вряд ли сможет конкурировать в этом с США. Однако нельзя исключать развертывания США в течение 10 лет тактических систем ПРО, способных решать задачи борьбы с некоторыми стратегическими силами России, а также элементов территориальной системы ПРО.

В среднесрочной перспективе (5-10 лет) не исключено возникновение серьезных противоречий между Китаем и российскими союзниками в регионе (Казахстан, Киргизия,

Таджикистан), а также между Китаем и Монголией.

Хотя в настоящее время нет оснований прогнозировать какие-либо агрессивные намерения со стороны Китая, ряд объективных факторов не позволяет полностью сбросить со счетов возможность серьезных противоречий между Китаем и Россией, способных создать проблемы безопасности и для российской территории (Забайкалье и Приморье).

Наиболее сложно осуществить научно обоснованный долгосрочный прогноз. Если не удастся создать региональной системы безопасности в Европе и Азиатско-Тихоокеанском регионе, укрепить механизмы обеспечения глобальной безопасности под эгидой модернизированной ООН, то нельзя исключать возобновления типичного для полицентричной системы международных отношений острого соперничества между новыми центрами силы, их попыток установить господство над регионами, имеющими жизненно важное значение для России, и даже над некоторыми районами самой Российской Федерации.

В этих условиях, при отсутствии взвешенной и долгосрочной геоэкономической стратегии, основанной на новейших внешнеполитических и внешнеэкономических технологиях, России грозит вытеснение на периферию мирового экономического развития. Наибольшую потенциальную угрозу для нового российского государства (особенно после событий в Чечне) представляет формирование недружественного, а порой и агрессивного к нему отношения со стороны целого ряда государств, граничащих с Россией, возможное втягивание ее в локальные и региональные вооруженные конфликты различного масштаба. Речь, в первую очередь, идет о регионах, граничащих с бывшими Среднеазиатскими республиками и Закавказьем.

Для сохранения целостности России и обеспечения оптимальных условий политических и экономических реформ наибольшую опасность представляет риск отделения некоторых регионов (в частности, Дальнего Востока, Калининграда и Карелии) от России и создание вокруг нее подобия санитар-

ного кордона, который будет все дальше нас отодвигать от наиболее развитых и экономически перспективных партнеров в Азии: Японии, Южной Кореи, Китая, Филиппин, Малайзии, Тайваня, а в Европе - Финляндии.

Особую тревогу в этом отношении вызывает продолжающаяся депопуляция Сибири и Дальнего Востока. Этот процесс не сопровождается целенаправленной государственной политикой по привлечению сюда инвестиций и людей на новой основе. Эти регионы – стратегический резерв развития России – могут превратиться в зоны экономической, а затем геостратегической и геоэкономической уязвимости. Вместо источника роста России, Европы, азиатских государств эта территория может превратиться в источник нестабильности и объект соперничества великих держав.

С этим связана еще одна проблема: явное желание Запада ослабить Россию как конкурента на мировом рынке. Это явно видно на примере высоких технологий, уже не говоря о торговле оружием. Все обещания помощи России немедленно заменяются жесткими декларациями, как только дело доходит до перераспределения сфер влияния на мировом рынке. И хотя интеграция России в мировое экономическое пространство, контролируемое Западом, неизбежна, может оказаться так, что она произойдет далеко не на равноправной основе, а в международных экономических организациях Россию будут по-прежнему держать «в передней».

Наконец, есть риск (хотя и кажущийся сегодня маловероятным) реализации сценария, который уже пытались осуществить страны Антанты в 1917 г., - расчленения всего постсоветского пространства на сферы влияния Японии, Китая, Германии, Турции, США и других крупных государств. Если это произойдет, Россия будет сброшена в геополитическое небытие. Ее просто растащат «по кускам» другие центры силы.

О принципе определения угроз национальной безопасности. Если вспомнить, что, по нашим представлениям, подлинными источниками опасности всегда находятся внутри системы, безопасность которой нас заботит, и лишь проецируются нашим сознанием во

внешний мир, то окажется, что главной опасностью, как уже отмечалось, является отсутствие у нас понятия страны вообще и России в особенности, что делает принципиально невозможной осмысленную фиксацию других, более конкретных опасностей.

Понятно, что каждый отдельный человек способен ставить цели и задачи сохранения и развития своего собственного «образа жизни», способен мобилизовать доступные ему средства для достижения этих целей.

Но как быть с постановкой общегражданских целей и задач? Ведь речь идет об анализе опыта негативных явлений прошлого, своих и чужих действий в опасных ситуациях, критического пересмотра знаний об опасностях», а, как известно, «сколько голов, столько и умов». Нетрудно нарисовать себе малоутешительную и, главное, «опасную» ситуацию неконструктивного столкновения интересов отдельных людей по вопросам безопасности.

Новый методологический подход, позволяющий надеяться на благоприятное разрешение данной ситуации, как раз и состоит в том, что приоритетным следует считать не установление каких-то конкретных угроз национальной безопасности и планирование конкретных мер по их ликвидации, а решение вопроса о том, кто, в каких условиях и в какой «процедуре принятия решений» будет осуществлять все то, что и должен делать всякий субъект, заботящийся о собственной безопасности.

Наиболее общий ответ на этот вопрос можно сформулировать в виде принципа: цели и задачи обеспечения национальной безопасности должны быть результатом общегражданского диалога. Принципиальная стратегическая установка и ценностная ориентация этого диалога - достижение общенационального гражданского консенсуса.

Организация такого диалога есть фундаментальная проблема национальной безопасности.

Основные требования к механизму выявления угроз. Требование общегражданского диалога означает, что каждый гражданин страны должен иметь возможность участвовать в обсуждении важнейших вопросов на-

циональной безопасности, а затем иметь решающий голос при их решении; и это не должно быть пустой фразой. Конечно, невозможно и не нужно обеспечивать личное участие каждого гражданина в соответствующих заседаниях Правительства или силовых министерств и ведомств.

Речь идет о налаживании и эффективной работе многочисленных каналов делегирования полномочий и контроля: представительной власти, общественных экспертиз, способных обеспечивать учет частных мнений.

Само собой разумеется, первостепенную роль здесь играет гласность подготовки и принятия важнейших решений, активная и конструктивная работа средств массовой информации.

Установка на гражданский консенсус также не должна быть всего лишь благим пожеланием. Недопустимо обеспечивать безопасность даже подавляющего большинства граждан в ущерб другим. Во всяком случае, применительно к иным видам безопасности (промышленной, экологической и др.) этот принцип в развитых странах осуществляется практически, ибо он подкреплен эффективной работой ясных и однозначных законов, общедоступностью суда. Скажем, предприниматель, планирующий опасную для кого-то деятельность, сам заинтересован в том, чтобы предварительно согласовать ее в какой-либо форме с каждым из затрагиваемых субъектов, иначе последний может отстоять свои права и получить компенсацию через суд. Конечно, в случае обеспечения национальной безопасности налаживание таких механизмов - дело чрезвычайно сложное (и даже, подчеркиваем, проблемное), но на уровне принципов ничего исключительного здесь нет.

6. О системе обеспечения национальной безопасности и разработках в области управления национальной безопасностью и их реализации

Избирая предметом методологического анализа систему обеспечения национальной безопасности, определим, прежде всего, ее субъект и формы.

Основным субъектом обеспечения национальной безопасности, в соответствии с

Законом «О безопасности» (1992, ст. 2), является государство, осуществляющее свои функции в этой области через органы законодательной, исполнительной и судебной властей. Граждане, общественные и иные организации и объединения являются как объектами безопасности, так и субъектами обеспечения безопасности (обладают правами и обязанностями по участию в обеспечении безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации). Роль государства в обеспечении национальной безопасности неоспорима. Систему обеспечения национальной безопасности в целом следует трактовать как искусственно (сознательно, осознанно) выделяемую гражданами из своего сообщества структуру для осуществления особой деятельности по ОНБ.

Система ОНБ, по сути, представляет собой межведомственную систему государственного управления. Традиционные представления о системе ОНБ связываются, в первую очередь, с работой нескольких министерств и федеральных служб (таких, как Минобороны, ФСБ, МВД, МИД и др.), ориентированных на традиционный круг вопросов национальной и локальной безопасности. Однако в последнее время все более осмысленными, целесообразными и обоснованными представляются предложения отечественных специалистов и ученых трактовать обеспечение безопасности как один из важнейших аспектов государственного и муниципального управления. Кто же является субъектом обеспечения безопасности (в отличие от «субъектов безопасности», рассматривавшихся ранее)? Иначе говоря, кто олицетворяет в социальной действительности ту управленческую позицию, которая берет на себя ответственность и полномочия за обеспечение национальной безопасности? В каких формах следует осуществлять «управление национальной безопасностью», какие документы вырабатывать и как обеспечивать реализацию выработанных положений?

В соответствии с Законом «О безопасности» 1992 г. (ст. 2), «основным субъектом обеспечения безопасности является государство, осуществляющее функции в этой области через органы законодательной, исполни-

тельной и судебной властей. Граждане, общественные и иные организации и объединения являются субъектами безопасности (или также и субъектами обеспечения безопасности?!), обладают правами и обязанностями по участию в обеспечении безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации...». Конечно, роль государства (понимаемого в данном случае, очевидно, как особый институт, как «государственный аппарат», а не как «страна») в обеспечении национальной безопасности неоспорима.

Но все сказанное выше вскрывает проблемный слой также и в этом вопросе. Как следует мыслить реализацию «прав и обязанностей» в этой области для граждан и их объединений в демократическом государстве, в частности, в новой, реформируемой России? Какую роль призвана играть в этом система обеспечения национальной безопасности?

Прежде всего, систему обеспечения национальной безопасности следует трактовать как структуру, искусственно (т. е. сознательно, осознанно) выделяемую гражданами из своего сообщества для осуществления особой деятельности по ОНБ. Это не означает, конечно, что в случае ОНБ «спасение утопающих - дело рук самих утопающих».

По сути решаемых задач функции системы ОНБ должны входить в число функций, выполняемых государственным аппаратом (собственно, государство как социальный институт и выделяется для выполнения таких общенациональных функций). Но это означает только тот жесткий факт, то рамки деятельности системы ОНБ определяются делегированием полномочий по защите общенациональных интересов «снизу вверх» со стороны отдельных граждан, организаций и объединений.

Система ОНБ как межведомственная система государственного управления. Как соотносятся функции ОНБ с другими функциями госуправления, как они вычлняются среди других функций?

Традиционные представления о системе ОНБ связываются, в первую очередь, с работой нескольких министерств и федераль-

ных служб, полностью или в значительной мере ориентированных на традиционный круг вопросов национальной безопасности (Минобороны, ФСБ, МВД, МИД и др.).

Но в последние годы, отмеченные в нашей стране многочисленными кризисными явлениями, у политиков уже выработался стереотип относить к «вопросам национальной безопасности» едва ли не любую крупную проблему (криминальную, финансовую, энергетическую и пр.), возникающую из-за явных провалов государственного управления. Может быть, целесообразно выделять в качестве системы ОНБ ту часть системы госуправления, которая имеет дело с «запущенными», кризисными ситуациями (т. е. трактовать ее как своего рода «пожарную команду»)? В конце концов, дело не в красноречии политиков, а в сущности интересующей нас особой деятельности.

Представляется, однако, что более осмысленным будет другой тезис. Обеспечение безопасности следует трактовать не как часть или звено, а как один из аспектов государственного управления, присутствующий во всех его частях и звеньях. Действительно, в любом звене управления так или иначе возникает момент, когда нужно извлечь опыт из фактов прерывания обеспечиваемых процессов в прошлом, приобрести соответствующее новое управленческое знание, чтобы реализовать его затем в управленческих воздействиях. Одним словом, возникает «момент обеспечения безопасности».

Но в таком понимании система ОНБ не может быть «вотчиной» нескольких государственных ведомств. Аспект ОНБ может присутствовать в любом звене государственного управления, в том числе в любом ведомстве и любой отрасли, поскольку это звено сталкивается с проблемами национального масштаба. Более того, ОНБ должно иметь и любое звено системы гражданского самоуправления в любом ее варианте в рамках формирования демократического, открытого общества. Но ведомственно-отраслевой принцип организации государственного управления глубоко укоренен в нашей практике и весьма далек от состояния реформирования. В частности, и Совет Безопасности РФ, по суще-

ству, состоит из представителей некоторых ведомств, отвечающих за свои участки работы.

Трактовка же ОНБ как аспекта государственного управления указывает на необходимость перехода от отраслевой организации и институционализации к принципиально иной – фокусной, которая обеспечивала бы, в частности, и удержание «фокуса ОНБ» всей системой государственного управления. Проблема состоит в том, что такая фокусная организация должна наращиваться рядом и «поверх» существующей отраслевой.

И готовых рецептов для получения такого «симбиоза» нет. Видимо, из привычных нам типов учреждений для выращивания «фокуса ОНБ» лучше всего подходит аналитический центр. Создание подобного центра (полноценного, четко ориентированного на целенаправленную мыслительную работу по направлению обеспечения национальной безопасности) может считаться актуальной научной задачей.

Но и в самой системе государственного управления должны возникнуть особые структуры, а главное, укорениться особые способы решения вопросов национальной безопасности, которые обеспечивали бы удержание этого фокуса или аспекта управления, исходя из принципа: система обеспечения национальной безопасности действует в рамках делегирования ей гражданами функций защиты их национальных интересов, опираясь на выработанные общегражданские «знания об опасностях». Исходя из этого, институт обеспечения национальной безопасности есть такая часть института государственного управления, которая «прорекает» ведомственную и отраслевую структуру последнего.

О деятельности в контексте политики национальной безопасности. Как говорилось выше, задачей политики безопасности в начале XXI века является защита интересов граждан, общества, укрепление российской государственности, удержание в текущий период нынешних геополитических рубежей и восстановление роли и влияния России на мировой арене в обозначенный выше промежуток времени. Такая политика должна основываться на стратегии, в которой были бы

систематизированы средства и ресурсы обеспечения национальной безопасности в рамках проведения тщательно продуманных, последовательных коренных преобразований в обществе и государстве на благо и в интересах каждого гражданина России.

В свою очередь, стратегия национальной безопасности должна базироваться на стратегии устойчивого демократического развития России, ее проекции на сферу национальной безопасности. В стратегии должны определяться ориентиры и пути осуществления воли народов России, в первую очередь русского народа как государствообразующего, к обеспечению устойчивого, демократического, мирного и благополучного развития страны.

Но разработка стратегии устойчивого и демократического развития и обеспечения национальной безопасности России связана с ее самоопределением в новом мире, национальной идентификацией. Это, по большому счету, исторические процессы, в которые мы, ныне живущее поколение граждан России, можем и должны внести свою лепту. Формирование такой стратегии – огромная, ответственная работа, которую надлежит начать безотлагательно, мобилизуя усилия всех мыслящих граждан России, всех озабоченных ее судьбой. Замыслы и различные формы их реализации: концепции, стратегии, программы, политика. Что объединяет и что различает такие организованности мысли, как концепция, стратегия, программа, политика?

Объединяет их то, что все они (как и сценарии, проекты, планы) могут рассматриваться как различные формы проработки замыслов преобразований в ходе их реализации. Различение же перечисленных организованностей (и осуществление соответствующих им жанров или типов интеллектуальной работы) становится императивом современной политической, управленческой и предпринимательской культуры, пока не слишком распространенной, особенно в России. Концептуализацию, как нам представляется, логически следовало бы считать первой фазой проработки замыслов преобразований.

Концепция выступает при этом как замысел преобразований (и/или средств и организационных форм их реализации), проработанный и оформленный с применением одновременно модифицируемой системы подходов, категорий, понятий, системы ценностных ориентаций и принципов, которые сами могут являться составными частями концепции - своеобразной системы подходов, категорий, понятий и т. д., фокусируемой в одновременно модифицируемом замысле преобразований.

При этом механизм реализации концепции, являясь как дальнейшей мыслительной проработкой преобразований, так и их фактическим осуществлением, должен быть разработан и встроен в саму концепцию в качестве ее органической составной части. В той мере, в которой замыслы преобразований затрагивают интересы представителей разных позиций, их появление и проработка обычно приводят к появлению других замыслов, часто противоположных исходным. Вся дальнейшая работа разворачивается тогда в политическом контексте.

Политическая деятельность оказывается всеобъемлющей системой для формирования и реализации замыслов, включая и обсуждаемые формы их опосредования. При этом рамки конкурирующих замыслов в случае мирного разрешения конфликта интересов постепенно сужаются: в исходные рамки права вписываются рамки приемлемой для общества концепции; в рамках последней формулируются те или иные стратегии (в нашем случае, например, в спектрах от либеральной до социал-демократической, от консервативной до новаторской, от централистской до федералистской и т. д.), из которых выбирается или «прорастает» вновь некая приемлемая для общества своего рода «единая (техническая) политика».

Что касается программ, то они часто служат формой организации работ по реализации концепции. В отличие от концепций и стратегий, разрабатываемых до реализации смысла преобразований и достижения результатов, они непрерывно модифицируются, «отпочковывая» от себя оргпроекты и планы, поступающие непосредственно в испол-

нительскую систему и обеспечивающие ее четкое функционирование.

Возможные связи различных форм управленческой деятельности. В культурной системе реализации замыслов перечисленные формы их опосредования связаны достаточно сложным и неоднозначным образом, представление которого требует специальной проработки.

В качестве первого, эскизного, варианта соорганизации этих форм работы можно говорить, например, о нижеследующих фазах и/или составных частях программно-организованной (в широком смысле) работы. Неважно, вообще говоря, как будут называться соответствующие управленческие документы, - важно существо продельваемой работы. Выделим среди множества методологических принципов, связанных с культурой программирования, один, сейчас особенно для нас важный: любой «коллектив исполнителей» предстоящей деятельности должен сам разрабатывать ее программу для себя; программы, созданные посторонними разработчиками и переданные в «исполнительские системы», не реализуются. В многочисленных «программах» советского периода этот принцип не соблюдался, поэтому и до сих пор его считают не очевидным.

Но результаты такого «программирования» налицо. Следовательно, нужна допрограммная форма организации деятельности по ОНБ России, которая обеспечила бы формирование контингента заинтересованных людей (это относится и к руководителям государства, и к специалистам, и к самим гражданам!), способных запрограммировать и реализовать намечаемую деятельность. Для этого необходимо в отличие от «потребительского», «ожидательного», «созерцательного» и любого другого пассивного отношения к выполняемой работе выработать у этого контингента общие базовые представления о предмете предстоящей деятельности и ее сущности.

Именно таковы, как следует из сказанного выше, функции концепции ОНБ России. При этом чрезвычайно важна ее связь с еще одной фундаментальной разработкой: нужны новые представления о том самом «нацио-

нальном образе жизни», который и является основным объектом «обеспечения» и «защиты», а главное - в наших условиях - развития. Будучи сама по себе важнейшей идейно-политической работой, разработка концепции развития России в качестве одного из своих «продуктов» создает необходимую новую легитимацию самой идеи национальной безопасности. После этого собственно программирование ОНБ России можно мыслить как разделенное на две составляющие - стратегическую и тактическую. Стратегической мы называем здесь такую программу, которая ориентирована, условно говоря, на десятилетия, т. е. на срок, который захватывается из сегодняшнего дня рациональным прожективным взглядом (в частности, прогнозированием).

Тактическая же программа ОНБ должна выливаться в «локальные проекты» ОНБ на ближайшие несколько лет: например, сроком действия такой программы может быть один срок президентства.

Из изложенных выше представлений о системе ОНБ следует, что нужны прочные основы деятельностного статуса всех участников этого процесса и их отношений друг с другом. Соответствующую разработку обычно называют (опять же с известной долей условности) формированием политико-правовой среды ОНБ. Здесь можно также выделить, как минимум, две составляющие: нормы конституционного уровня, рассчитанные на всю обозримую перспективу, и более гибкое политико-правовое регулирование.

7. Системологический подход к разработке и разрешению проблем обеспечения национальной безопасности и особенности его реализации

Применительно к системам, создаваемым на государственном уровне для обеспечения безопасности России в различных жизненно важных сферах деятельности (оборонного строительства, морской, информационной и др.), в рамках системологии национальной безопасности ставятся цели:

1) вооружить государственных служащих (прежде всего руководящих работников и специалистов, как военных, так и граждан-

ских) осознанием и глубоким пониманием необходимости последовательного проведения единого системологического подхода ко всему многообразию задач и проблем, возникающих на различных этапах формирования, использования, совершенствования и развития систем обеспечения национальной безопасности России, сосредоточив основные усилия на проблемно-ориентированной профессиональной переподготовке и повышении квалификации управленческих кадров в жизненно важных сферах государственной деятельности;

2) добиться опережающего развития теории и упреждающего создания экономических средств предотвращения возможных опасностей в жизненно важных сферах государственной деятельности, недопущения перерастания их в непосредственные угрозы интересам личности, общества и государства;

3) обеспечить компетентные государственные органы эффективным инструментарием адекватного восприятия возникающих угроз и взвешенного по масштабам и возможным последствиям комплексного применения для их устранения всех имеющихся средств (с приоритетом несиловых) для локализации и разрешения возникающих конфликтов и опасностей, устранения причин их возникновения [5].

8. Заключение

При реализации стратегии геоэкономического возрождения России кардинальным образом меняются роль и место военного фактора во внешней политике. С позиций системологического подхода к проблематике обеспечения национальной безопасности характерные представления о ведении войн с применением только силовых методов уходят в условиях глобализации мирохозяйственной системы в прошлое. На смену им идут более грозные и опасные типы межгосударственного геоэкономического противоборства, чреватые не только традиционным поражающим воздействием обычного оружия на население, но и убийственным геоэкономическим воздействием в целом на отдельные народы, народности и цивилизации.

Список литературы

1. Геополитика. Популярная энциклопедия. - М.: ТЕРРА – КНИЖНЫЙ КЛУБ, 2002.
2. Кочетов Э. Г. Глобалистика. Теория, методология, практика. Учебник для вузов. - М.: Норма, 2002.
3. Кортунов С. Становление политики безопасности. - М.: Наука, 2003.
4. Актуальные задачи развития Вооруженных Сил Российской Федерации. МО РФ. - М., 2003. - С. 8-13.
5. Шевелев Э. Г. Системология национальной безопасности России: современное состояние и перспективы развития // Военная мысль. – 1996, № 6.

SYSTEMOLOGY OF NATIONAL SECURITY AT THE BORDERLINE OF THE CENTURIES: STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

© 2004 E. G. Shevelev

Russian Academy of State Service under the President of Russian Federation

The problem of improving, developing and realization of national security is dealt with. New methodological approaches to providing national security are shown.

The definition of national security subject concept is given, which integrates the individual, the society and the state. External internal threats to the national security of Russia are discussed. A systemological approach to developing and solving problems of ensuring national security and their realization is described.

УДК 629.78(09)

К ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ГОСУДАРСТВЕННОМ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОМ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОМ ЦЕНТРЕ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС»

© 2004 Н. В. Богданова

Самарский государственный аэрокосмический университет

В статье представлен обзор космических средств дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), созданных в Государственном научно-производственном ракетно-космическом центре «ЦСКБ-Прогресс» в 70-90-е гг. Приведены технические характеристики космических аппаратов ДЗЗ и основные направления их модернизации. Рассмотрены способы получения космической информации и результаты использования ее в народном хозяйстве. Обозначены перспективы развития космических средств ДЗЗ в ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс».

Со времени изобретения братьев Монгольфье и появления первых летательных аппаратов появилась новая отрасль человеческой деятельности - наблюдение поверхности Земли с целью составления карт, изучения атмосферных явлений и других исследований окружающего мира. Рождение авиации привело к активному развитию методов аэрофотосъемки и созданию специальных видов фотоаппаратуры. Первые фотоснимки с высоты более 100 км были получены при испытаниях баллистических ракет в 40-е годы XX столетия.

Появление космической техники предоставило человечеству совершенно новые возможности изучения планеты, тем более такая необходимость возросла во второй половине XX века в связи с нарастанием глобальных проблем развития цивилизации.

Космическая информация носит универсальный характер. Она является многоцелевой, межотраслевой, подлежит многогранному использованию. Решения проблем изучения природных ресурсов Земли, оценки их запасов, экологического мониторинга, мониторинга техногенных катастроф и т. п. традиционными методами становятся неэффективными, так как проблемы всё в большей степени носят глобальный характер и требуют такого же масштабного подхода. В этой связи космические средства дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) обладают существенными преимуществами:

- глобальность зондирования - возможность наблюдения больших площадей за не-

большой интервал времени, что позволяет выявить неизвестные ранее закономерности и процессы, изучаемые в геологии, метеорологии, океанографии, картографии;

- возможность зондирования заданных районов и объектов на земной поверхности с требуемой регулярностью, что позволяет определять динамику изучаемых процессов и явлений;

- возможность изучения и контроля регионов, малодоступных для исследования другими способами;

- возможность зондирования районов и объектов в различных частях спектра, что повышает информативность результатов;

- оперативность, быстрота получения информации потребителем;

- возможность получения информации с высокой степенью разрешения по отдельным объектам и районам при сохранении глобального и оперативного характера зондирования.

Изображения земной поверхности успешно применяются для решения более 300 задач в различных областях:

в геологии - выделение и детализация строения крупных блоков земной коры, крупных тектонических структур, выделение разломов различных типов, выделение выходов вулканических пород, геологическое картографирование высокогорных и труднодоступных территорий и др.;

в нефтяной промышленности - разработка теоретических вопросов развития земной коры, уточнение границ нефтегазоносных

бассейнов, выделение участков, связанных с нефтегазопроявлениями и др.;

в инженерных изысканиях - выбор трасс крупных линейных сооружений, инженерная оценка местности для хозяйственных целей;

в сельском хозяйстве - оценка состояния землепользования, выделение распаханых территорий, изучение природных кормовых угодий, выявление нарушенных земель, выявление мелиорированных земель и др.

Этот перечень можно было бы продолжить и дальше. Для Государственного научно-производственного ракетно-космического центра (ГНПРКЦ) «ЦСКБ-Прогресс», занимающегося разработкой и изготовлением космических средств ДЗЗ, очень важным является наличие достоверных и полных данных о характеристиках космической информации ДЗЗ, необходимой для решения постоянно расширяющегося круга социально-экономических и научных задач.

Как известно, первые отечественные спутники фотонаблюдения серии «Зенит» разработаны ОКБ-1 в соответствии с Постановлением ЦК КПСС и Совмина СССР от 25 мая 1959 г., а первый успешный пуск космического аппарата (КА) «Зенит-2» (Космос-4) РН 8А92 состоялся 26 апреля 1962 г. с полигона Байконур. С 1964 г. тематика по спутникам фоторазведки серии «Зенит» была передана в Филиал №3 ОКБ-1 в г. Куйбышев. Именно на базе спутников этой серии в Центральном специализированном конструкторском бюро (ЦСКБ) в дальнейшем было создано семейство КА для дистанционного зондирования Земли.

Первыми аппаратами этой серии стали КА «Зенит-2Н/Х» и «Фрам» - собственно первый специализированный спутник фотонаблюдения для исследования природных ресурсов Земли.

КА «Зенит-2Н/Х» был создан в начале 70-х гг. путем доработки серийного КА «Зенит-2М» для проведения цветной и спектральной съемки. Для этого была разработана методика юстировки фотоаппаратов, подобраны светофильтры, проведены сенситометрические расчеты, выбраны режимы фотосъемки из космоса и режимы фототехнической обработки полученных материалов

на Земле. Опыт проведения аналогичных работ в то время отсутствовал, многое приходилось делать впервые. Тем не менее, поставленные задачи были успешно решены и нашли применение в создании КА «Фрам» (рис. 1).

КА «Фрам» использовался для проведения многозонального (в 3-х зонах спектра), спектрально-зонального и цветного фотографирования поверхности Земли с разрешением 20-50 м. Его фотокомплекс состоял из пяти кадровых фотоаппаратов, обеспечивающих съемку земной поверхности в пяти зонах спектра электромагнитного излучения в диапазоне длин волн от 510 до 850 нм. Получение пяти спектральных диапазонов обеспечивалось применением соответствующих фотоэмульсий, светофильтров и юстировки аппаратуры с целью обеспечения максимального разрешения в заданных зонах спектра. Космическая информация с КА «Фрам» использовалась в геологии, сельском хозяйстве, мелиорации, нефтегазопромысловом, лесном и рыбном хозяйствах, а также Академией наук СССР. КА «Фрам» эксплуатировался в период с 1975 по 1985 гг., всего было запущено 26 КА. Экспериментальные работы, проведенные на КА «Фрам», позволили создать методическое обеспечение исследования природных ресурсов Земли и окружающей среды.

Работы, проведенные на КА «Фрам», показали правильность выбранного направления и широкие перспективы.

Все объекты, находящиеся на поверхности Земли, различным образом отражают, поглощают или излучают электромагнитные волны определенного спектрального состава и интенсивности. Электромагнитная энергия, поступающая из космоса и достигающая поверхности Земли, взаимодействует с наземными объектами, образуя своеобразные энергетические цепочки. Они определяют вид зондирования Земли: активный или пассивный.

Активное зондирование предусматривает формирование на КА определенного энергетического сигнала с заданными параметрами и регистрацию его воздействия на наземные объекты. В качестве примера может служить радиолокационная съемка.

Пассивное зондирование - это регист-

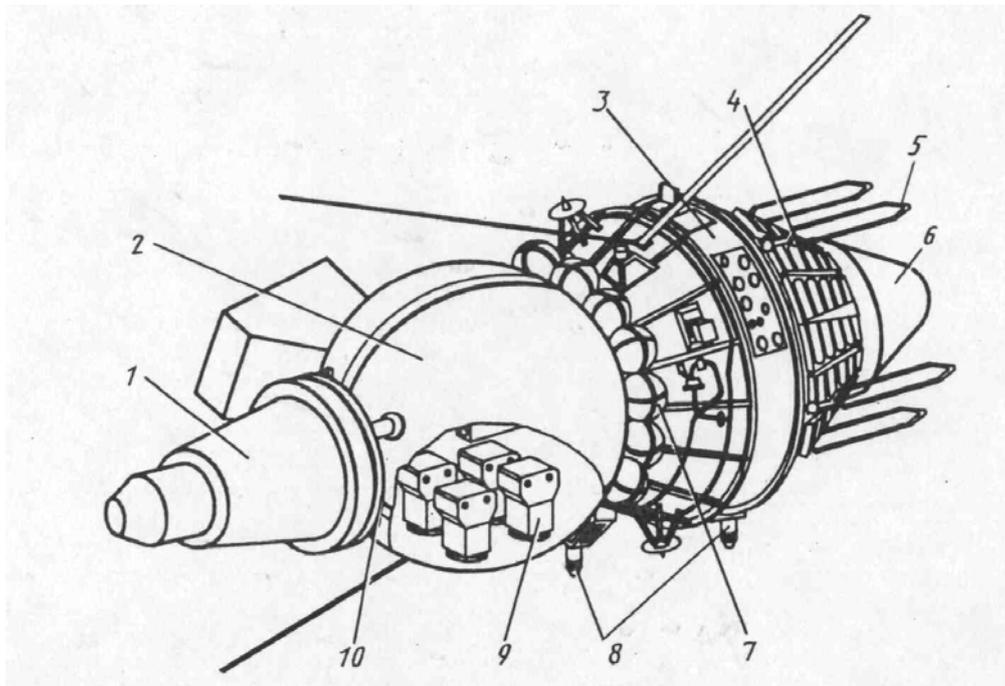


Рис. 1 Общий вид КА «Фрам» и «Ресурс-Ф1»

1 – комплексная двигательная установка; 2 – спускаемый аппарат; 3 – приборный отсек; 4 – жалюзи системы терморегулирования; 5 – антенны командно-программно-траекторной радиолинии; 6 – пороховая тормозная двигательная установка; 7 – шар-баллоны с азотом системы исполнительных органов; 8 – чувствительные элементы системы управления движением; 9 – фотокомплекс для многозональной съемки земной поверхности; 10 – унифицированная система отделения

Основные технические характеристики КА «Фрам»

Разрешение на местности с высоты 200 км, усл. ед.:	
на черно-белой пленке	20...30
на спектрзональной пленке	30...50
Ширина полосы фотографирования с высоты 200 км, км	180
Площадь фотографирования с высоты 200 км, км ²	17 млн
Рабочие орбиты:	
минимальная высота, км	210...229
максимальная высота, км	255..275
Диапазон широт наблюдения	82 ю.ш...82 с.ш.
Запас характеристической скорости, м/с	42
Время существования, сут	до 13
Масса КА, кг	не более 6100
Тип ракеты-носителя	«Союз»

рация естественного энергетического потока, сформированного отраженным и собственным излучениями исследуемых объектов. Примером является фотографирование с помощью оптических систем.

В СССР выбранное направление развития методов дистанционного зондирования Земли из космоса привело к образованию двух систем космического наблюдения:

- оперативной системы оптико-электронного наблюдения, ориентированной на удовлетворение требований потребителей в

высокой оперативности и значительной полосе обзора, но не предполагающих высоко-го пространственного разрешения;

- неоперативной системы оптико-фотографического наблюдения, обеспечивающего получение информации с высоким разрешением.

С целью создания космических средств оптико-фотографического наблюдения, обеспечивающих получение информации с высокими геометрическими и фотометрическими характеристиками, в 1977 г. в ЦСКБ началась

разработка космической подсистемы «Ресурс-Ф». (В то время в СССР разрабатывалась комплексная система ДЗЗ «Ресурс», в которую помимо КА серии «Ресурс-Ф» входили КА серии «Ресурс-О», г. Москва и серии «Океан-О», г. Днепропетровск. После распада Советского Союза создание системы было прекращено).

В 1979 г. был произведен первый запуск космического аппарата «Ресурс-Ф1» (рис. 1), позволивший произвести разномасштабное и спектрзональное фотографирование поверхности Земли.

КА «Ресурс-Ф1» оснащался спускаемым аппаратом (СА) и фотокомплексом многоазимутного применения «Природа-4», включающим в себя два длиннофокусных широкоформатных аппарата КФА-1000, три широкоформатных топографических аппарата КАТЭ-200 и звездную камеру для определения элементов внешнего ориентирования.

При этом обеспечивался диапазон широт фотографирования от 83° ю.ш. до 83° с.ш., то есть обеспечивалось наблюдение почти всей поверхности земного шара. Разрешение на местности составляло 6-8 м на черно-белой пленке и 10-12 м на спектрзональной пленке аппаратов КФА-1000; на черно-белой пленке аппаратов КАТЭ-200 разрешение было несколько хуже - 20-30 м. Фотоъемка аппаратами КФА-1000 осуществлялась в спектральном диапазоне от 570 до 800 нм, а фотоаппаратами КАТЭ-200 съемка одного и того же участка земной поверхности осуществлялась в трех диапазонах: 510-600 нм, 600-700 нм, 700-850 нм. Площадь фотографирования с высоты 250 км составляла аппаратами КФА-1000 - 16 млн. кв. км., аппаратами КАТЭ-200 - 27 млн. кв. км. Срок активного существования КА - 23 суток, из них 6 суток в «дежурном» режиме, когда отключалась система ориентации и КА совершал свободный неориентированный полет. Наличие «дежурного» режима позволяло обеспечить двукратное покрытие части межвиткового интервала для повторного фотографирования в случае неблагоприятных метеоусловий в этих районах при первом прохождении над ними. КА «Ресурс-Ф1» эксплуатировался с 1979 по 1999 гг., было запущено 49 аппаратов.

Для расширения круга решаемых задач, улучшения характеристик и увеличения объема получаемой информации был разработан и в 1987 г. запущен космический аппарат «Ресурс-Ф2» (рис. 2), позволивший проводить плановое многозональное фотографирование поверхности Земли в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра электромагнитного излучения.

На КА «Ресурс-Ф2» устанавливалась фотоаппаратура МК-4, специально разработанная для проведения многозональной съемки, включающая в себя многозональный аппарат СА-М и звездный аппарат СА-ЭР.

Аппарат СА-М позволял фотографировать один и тот же участок поверхности Земли синхронно тремя каналами на черно-белую пленку в узких спектральных зонах и одним каналом на спектрзональную или цветную пленку. Звездный аппарат СА-ЭР осуществлял фотографирование звездного неба с регистрацией не менее 3-х звезд 5-й звездной величины с целью определения элементов внешнего ориентирования.

КА «Ресурс-Ф2» обеспечивал наблюдение в том же диапазоне широт, что и «Ресурс-Ф1». Фотографирование осуществлялось в четырех из шести возможных спектральных диапазонах, выбираемых до полета: 435-680 нм, 460-505 нм, 515-565 нм, 580-800 нм, 635-690 нм, 810-860 нм. Более чем в два раза улучшилось разрешение на местности при многозональной съемке. Площадь фотографирования с высоты 250 км составила 20,7 млн. кв. км. Срок активного существования КА составил 30 суток. КА «Ресурс-Ф2» эксплуатировался с 1987 по 1995 гг., было осуществлено 10 запусков.

Параметры рабочих орбит КА «Ресурс-Ф1» и «Ресурс-Ф2» выбирались из условия сплошного покрытия поверхности Земли полосами фотографирования (захват необходимым поперечным перекрытием на заданной широте).

С целью поддержания высоких технических характеристик подсистемы фотонаблюдения «Ресурс-Ф» и обеспечения конкурентоспособности получаемой информации на внешнем рынке предусматривалась модернизация космических аппаратов «Ресурс-Ф1» и «Ресурс-Ф2».

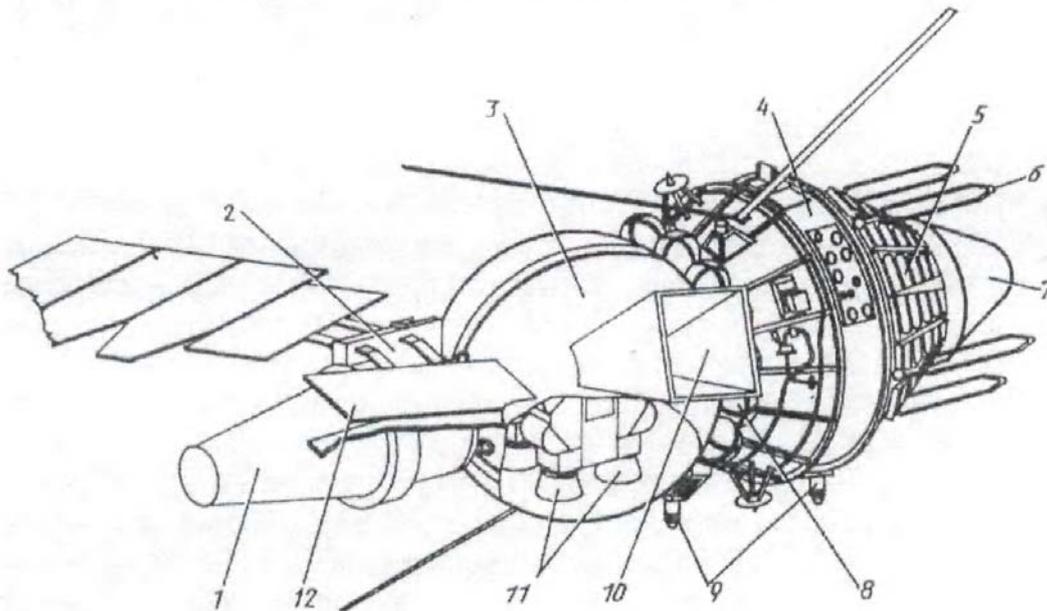


Рис. 2. Общий вид КА «Ресурс-Ф2»

1 – комплексная двигательная установка; 2 – навесной отсек; 3 – спускаемый аппарат; 4 – приборный отсек; 5 – жалюзи системы терморегулирования; 6 – антенны командно-программно-траекторной радиолинии; 7 – пороховая тормозная двигательная установка; 8 – шар-баллоны с азотом системы исполнительных органов; 9 – чувствительные элементы системы управления движением; 10 – бленда звездного фотоаппарата

Основные технические характеристики КА «Ресурс-Ф2»

Разрешение на местности с высоты 250 км, м:	
на черно-белой пленке	9... 12
на спектрональной пленке	15...18
Фотометрическая точность снимков, %:	
абсолютная	15
относительная между каналами	5
Ширина полосы фотографирования с высоты 250 км, км	150
Площадь фотографирования с высоты 250 км, км ²	20,7 млн
Число спектральных диапазонов	4 из 6
Высота околокруговой орбиты	210...450 км

Доработка КА «Ресурс-Ф1» предусматривала замену комплекса фотоаппаратуры «Природа-4» на комплекс «Природа -6» в составе трех аппаратов КФА-1000 и одного аппарата КАТЭ-200 с целью увеличения объема получаемой детальной информации, снижения высот рабочих орбит, увеличения срока существования на орбите.

Доработка КА «Ресурс-Ф2» в основном была направлена на модернизацию фотоаппаратуры МК-4 (введение вакуумного выравнивания фотопленки, улучшение оптической схемы основных объективов и узла впечатывания фотометрического клина, использование высокоразрешающих пленок и т. д.).

Однако финансовое положение в стране позволило провести модернизацию только КА «Ресурс-Ф1», и в 1997 г. был произведен успешный запуск космического аппарата «Ресурс-Ф1М» № 1.

До настоящего времени космический аппарат «Ресурс-Ф2» не имеет аналогов в мире и способен обеспечивать получение на регулярной основе космической фотоинформации высокого качества. Следует отметить, что по параметру разрешения фотоаппаратуры МК-4 превосходит зарубежные оперативные средства получения космической информации «Лэндсат» (США) и «Спот» (Франция), что обеспечивает ее конкурентоспособность

на внешнем рынке. По заявкам зарубежных заказчиков космическими аппаратами «Ресурс-Ф1» и «Ресурс-Ф2» осуществлялась съемка зарубежных территорий: Великобритании, Ирака, Ирана, Туниса, Египта, Кувейта, Кореи, Мексики, Австралии, США, Японии и других. Космическая фотоинформация, получаемая с КА «Ресурс-Ф 1» и «Ресурс-Ф2», широко использовалась в общей и тематической картографии, геологии, сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, водном хозяйстве, для контроля последствий аварий и стихийных бедствий, экологического контроля, строительства, транспорта и др.

Подтверждением эффективности использования космической информации могут служить следующие цифры и факты (по данным конца восьмидесятых – начала девяностых годов Госцентра «Природа»).

Геология. За счет применения снимков из космоса более оперативно и эффективно ведутся региональные геологосъемочные работы, при этом затраты снижаются на 15- 20%.

В результате геолого-минералогического картирования с использованием космической информации была дана прогнозная оценка Западной Карелии на тантал и ниобий; в районе Лено-Вилуйской возвышенности выявлены новые кимберлитовые тела, а в Центральном Верхоянье - рудоносные структуры, перспективные на золото. На территории республики Коми обнаружено проявление россыпного золота. В Енисей-Хатангском районе выявлены проявления угля, германия, золота и алмазов; в районе Анабарского щита открыта крупная кимберлитовая трубка; в Южно-Эмбинском районе определены участки, перспективные на нефть.

Использование космической фотосъемки в комплексе с аэрофотоснимками позволило выявить только за 1986-1990 гг. 2734 нефтегазоперспективных объекта.

Лесное хозяйство. Выполнены инвентаризация и картографирование резервных лесов Красноярского края, республики Коми, Якутии; проведены учет и оценка текущих изменений в лесном фонде Хабаровского края, геоботаническое обследование оленьих пастбищ и т. д.

Сельское хозяйство. Космическая фотоинформация используется при составлении

областных карт земельных угодий, почвенных и геоботанических карт.

Водное хозяйство. Составлена схема рек Нечерноземья. Спланирован комплекс сооружений для понижения уровня Сарезского озера в Таджикистане; составлены мелиоративные кадастры Средней Азии, Волгоградской, Астраханской областей России, Днепропетровской области Украины.

Строительство. Проведена оценка сейсмической опасности участков строительства Алабугинской, Памирской, Шуробской, Ангуэмской, Аргунской ГЭС. Спектрональные снимки успешно использовались при оценке геологических условий на трассах газопроводов Ухта-Торжок и Уренгой-Пунга. Проведена оценка наледной опасности для автомобильной дороги Токсимо-Бодайбо-Ленск, железной дороги Беркакит-Якутск. Составлены инженерно-геологические карты на Южную Якутию и на район Кавказской перевальной железной дороги. Дистанционное зондирование снижает трудоемкость инженерных изысканий в среднем на 25%.

Рыбное хозяйство. Регистрация наличия подводной растительности, фитоценопланктона, прогнозирование и оконтуривание районов, перспективных на ловлю рыбы.

Экология. Создание серии экологических карт территории областей. Оценка устойчивости природных комплексов полуостровов Ямал и Тазовский к техногенным воздействиям.

Фотоинформация с КА типа «Ресурс-Ф» позволила получить объективные данные о гидродинамических процессах в Невской губе до и после строительства защитной дамбы, о ресурсе для борьбы с наводнениями. Фоторегистрация из космоса показала, что причиной осложнения экологической обстановки на этой акватории является не столько новое инженерное сооружение, сколько сбросы отходов из городских канализаций промышленных предприятий города и области.

Опыт показывает, что наибольший технико-экономический эффект от использования космической фотоинформации может быть получен при комплексном изучении и картографировании природных ресурсов с постановкой работ по принципу от общего к частному. Космическая фотоинформация,

являясь многоцелевой и имеющей межотраслевой характер, становится единой технической основой, на которой возможно проведение комплексных, взаимоувязанных, отнесенных к определенной эпохе исследований недр, вод, окружающей среды. Результаты исследований представляются в виде серий взаимосогласованных тематических карт, отражающих пространственное размещение, качественные и количественные характеристики природных ресурсов соответствующей территории и окружающей среды.

Подсистема «Ресурс-Ф» обеспечивала до 90% общего объема космической информации по дистанционному зондированию Земли в интересах исследования природных ресурсов и экологии.

Однако с 1994 г. запуски КА типа «Ресурс-Ф» были резко сокращены. В отдельные годы не было проведено ни одного пуска. Соответственно, не выполнены заявки на съемку территорий России, ближнего и дальнего зарубежья, сорвано выполнение контрактов с зарубежными потребителями космической информации. И, как негативный результат отсутствия отечественных материалов космической съемки, - покупка и использование российскими организациями космической информации с зарубежных космических аппаратов «Лэндсат» и «Спот», что наносит ущерб России как космической державе.

На смену подсистеме «Ресурс-Ф» должны были прийти автоматический КА фотографического наблюдения нового поколения - «НИКА-Кубань» и КА оперативного оптико-электронного наблюдения «Ресурс-ДК».

Космический комплекс «НИКА-Кубань» был предназначен для многозонального и спектрального фотографирования земной поверхности в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра с разрешением 2-3 м на черно-белой пленке и 4-6 м на спектральнозональной и инфракрасной пленках со сроком активного существования 90-180 суток и площадью фотографирования с высоты 250 км - 47-94 млн. кв. км. В состав бортового комплекса целевой аппаратуры должны были входить четырехканальная многозональная фотоаппаратура нового поколения «Гемма» и одноканальная аппаратура «Камея». Получаемая информация с аппа-

ратуры «Камея» по мере накопления должна была доставляться на Землю в двух спускаемых капсулах, доставку информации с аппаратуры «Гемма» планировалось производить в спускаемом аппарате. Аппаратура спутниковой навигации позволила бы определять параметры движения центра масс КА по сигналам навигационных спутников, система дозиметрического контроля должна была регистрировать фактическую дозу облучения фотопленки. Проект «НИКА-Кубань» вобрал в себя все последние достижения в области создания космических средств оптико-фотографического наблюдения Земли. К сожалению, в связи с резким сокращением финансирования в области космической техники работы по КА «НИКА-Кубань» были остановлены.

Кроме КА серии «Ресурс» в ЦСКБ разработаны геодезические КА для картографирования и привязки наземных объектов к местности. Одним из таких КА является «Комета», который эксплуатируется с 1981 г. Получаемая информация обеспечивает построение планов высокоточных цифровых карт и топографических карт местности и фотопланов; создание цифровых карт местности и определения координат наземных объектов. Специальная аппаратура КА «Комета» включает топографический аппарат, лазерный высотомер, радиотехнический доплеровский аппарат для измерения радиальной составляющей угловой скорости КА относительно наземного пункта с целью точного определения его орбиты и координат; панорамный аппарат для получения обзорных снимков в масштабе 1:50 000. На КА «Комета» впервые был применен принципиально новый способ получения топографической информации. Он заключается в одновременном наблюдении одного и того же участка земной поверхности фотоаппаратами различного типа: топографическим, обладающим высокими измерительными свойствами, и панорамным, имеющим существенно большую разрешающую способность. Это позволяет значительно уменьшить ошибки отождествления точек топографического снимка и существенно увеличить полноту выявляемых топографических объектов местности. Впервые была достигнута высокая точность

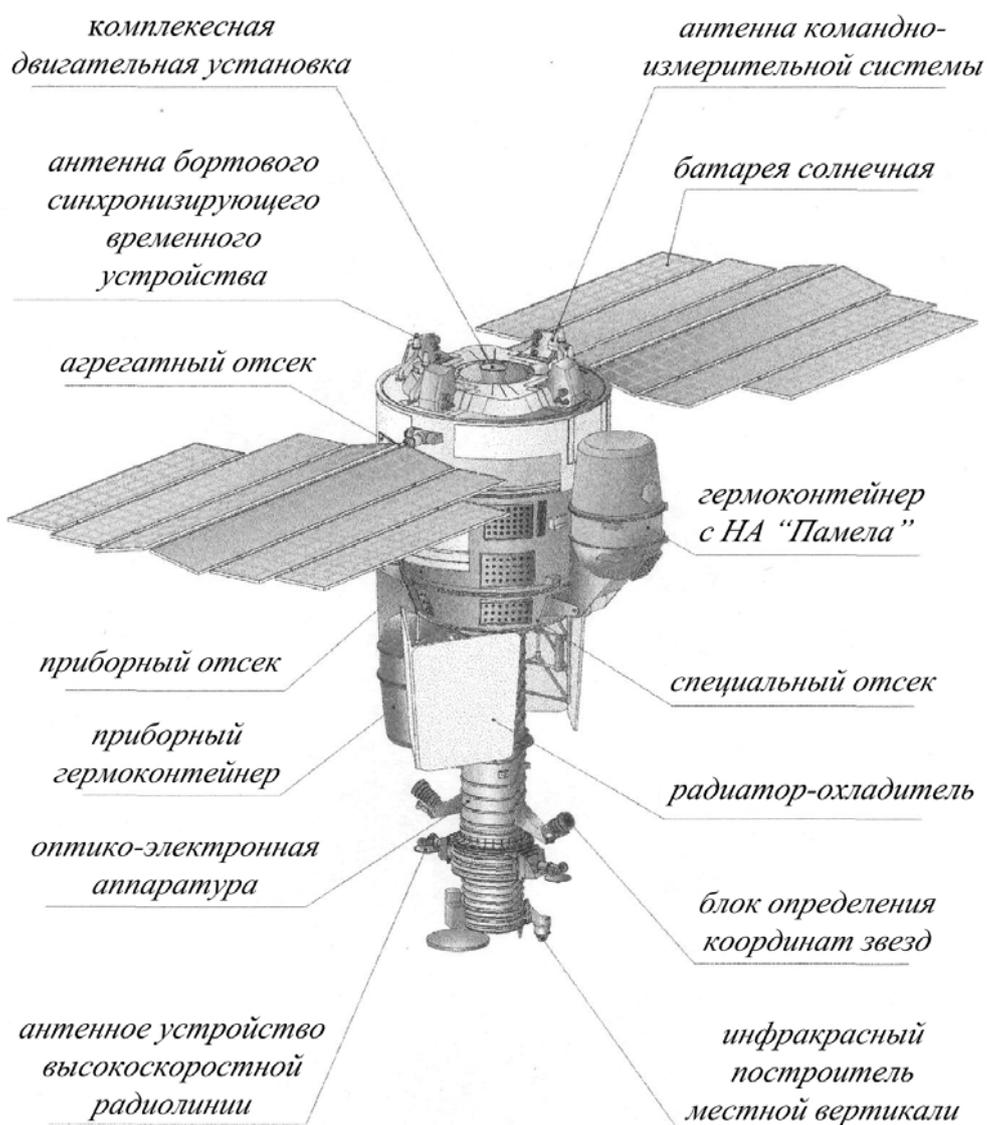


Рис. 3. Общий вид КА «Ресурс-ДК1»

определения координат местности, что является основным из критериев при разработке цифровых карт.

В последнее время ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» занимается разработкой ряда сравнительно недорогих унифицированных космических комплексов серии «Ресурс-ДК», обеспечивающих получение оперативной высокодетальной информации, используемой для решения широкого круга социально-экономических задач, исследования природных ресурсов Земли, рационального природопользования, экологического мониторинга, контроля чрезвычайных ситуаций и др.

Многоцелевой оперативный всепогодный космический комплекс «Ресурс-ДК»

предназначен для круглосуточного обзорного многоспектрального наблюдения суши, мирового океана и атмосферы с передачей информации на Землю по радиоканалу.

Для решения указанных задач на КА «Ресурс-ДК» предусматривается установка комплекса целевой оптико-электронной и радиофизической аппаратуры. В качестве единой платформы предлагается использовать обеспечивающий модуль, созданный на конструктивно-аппаратурной базе КА серии «Ресурс-ДК».

Запуск КА «Ресурс-ДК» должен осуществляться ракетой-носителем «Союз» с космодромов Байконур или Плесецк. Параметры квазигеосинхронной околокруговой рабо-

чей орбиты должны выбираться, исходя из обеспечения максимальной периодичности покрытия земной поверхности полосами обзора целевой аппаратуры. Срок активного существования КА - 3 года.

Создание КА «Ресурс-ДК» позволяет решить целый ряд конкретных задач, в частности, наблюдения заданных районов мирового океана, в том числе контроля за ледовой обстановкой на трассе Северного морского пути с прокладкой оптимальных маршрутов судов в Арктике, с выявлением полей распределения айсбергов; изучения загрязнений морских и океанских акваторий; определения поверхностных течений и температуры морской воды; исследования геологического строения морского шельфа и др.

Не менее важной является проблема изучения, картографирования и мониторинга окружающей среды в пределах сухопутных территорий. Предполагается также использование комплекса «Ресурс-ДК» для решения задач гидрометеорологического обеспечения, контроля стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций, наблюдения за облачным покровом, верхней границей облаков, зонами выпадения осадков, снежным покровом, определения профилей температуры и влажности атмосферы и др.

В настоящее время в ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» ведутся работы по подготовке к запуску КА «Ресурс-ДК1» (рис. 3), который должен состояться в 2005 г. КА «Ресурс-ДК1» предназначен для многозонального оптико-электронного наблюдения земной поверхности. Он позволит получать снимки с высоким разрешением шириной захвата земной поверхности 28 км и протяженностью от 15 до 700 км; обеспечить ежедневно съемку до 0,45 млн. км²; получать снимки любого реги-

она Земли в течение 8 часов с момента съемки, а по некоторым регионам - в реальном масштабе времени. Регистрация изображения осуществляется длиннофокусным высокоразрешающим телеобъективом на 1-3 оптико-электронных преобразователях. Аналоговый сигнал с каждого преобразователя кодируется в цифровой, сжимается, записывается в запоминающее устройство и передается с помощью бортовой аппаратуры высокоскоростной радиопередачи на наземные пункты приема. Предусмотрена разработка системы автоматизированной обработки архивных материалов, позволяющей выполнять заявки потребителей в срок до одних суток.

На космическом аппарате «Ресурс-ДК1» № 1 дополнительно устанавливается научная аппаратура «Памела» и «Арина».

В ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» ведутся также работы по разработке маломассогабаритных космических аппаратов наблюдения Земли.

Список литературы

1. Конструирование автоматических космических аппаратов/ Д. И. Козлов, Г. П. Аншаков, В. Ф. Агарков и др.; Под ред. Д. И. Козлова. – М.: Машиностроение, 1996. – 448 с.
2. Управление космическими аппаратами зондирования Земли: Компьютерные технологии/ Д. И. Козлов, Г. П. Аншаков, Я. А. Мостовой, А. В. Соллогуб. – М.: Машиностроение, 1998. – 368 с.
3. Сборник научно-технических статей по ракетно-космической тематике ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс»/ Под ред. Д. И. Козлова. – Самара, 1999 – 352 с.
4. Сборник научно-технических статей по ракетно-космической тематике ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс»/ Под ред. Д. И. Козлова. – Самара, 2001 – 286 с.

THE HISTORY OF CREATING SPACE FACILITIES OF EARTH DISTANT PROBING AT THE STATE RESEARCH AND PRODUCTION SPACE-ROCKET CENTRE “TSSKB-PROGRESS”

© 2004 N. V. Bogdanova

Samara State Aerospace University

The paper presents a survey of space facilities of Earth distant probing produced at the State research-and-production space-rocket centre “TsSKB-Progress” in the 1970s – 1990s. technical characteristics of EDP space vehicles and the main directions of their modernisation are given. Ways of obtaining space information and the results of applying it in national economy are discussed. Prospects of development of EDP space facilities at “TsSKB-Progress” are specified.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗБРОСА ПАРАМЕТРОВ ДВУХВАЛЬНЫХ ДВУХКОНТУРНЫХ И ТРЕХВАЛЬНЫХ ТУРБОВИНТОВЕНТИЛЯТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

© 2004 С. К. Бочкарев, В. В. Кулагин

Самарский государственный аэрокосмический университет

Приведены дорожки разброса параметров, полученные по результатам испытаний ста серийных двухвальных турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД). Изложены результаты исследования закономерностей разброса параметров двухвальных ТРДД и перспективных трехвальных турбовинтовентиляторных двигателей (ТВВД) со сверхбольшой степенью двухконтурности.

Вопросы исследования разброса параметров неизбежно возникают при разработке методов диагностики состояния газотурбинных двигателей, при опытной доводке двигателя, при сдаточных испытаниях на серийных заводах, в ходе эксплуатации.

Статистическая обработка результатов испытаний большого числа газотурбинных двигателей различных типов и схем показывает, что разброс параметров двигателей одной серии достигает значительной величины (здесь и далее речь идет о параметрах, приведенных к стандартным атмосферным условиям (САУ)). Например, по результатам ис-

пытаний ста серийных двухвальных ТРДД [1] (температура газа перед турбиной на взлетном режиме $T_{Г0}^* = 1330 \text{ K}$, суммарная степень повышения давления $\pi_{\kappa\Sigma} = 18$, степень двухконтурности $m = 1$) разброс параметров при постоянной частоте вращения ротора высокого давления $n_{ВД} = const$ достигает $\pm 3\%$ по тяге P , $\pm 2,8\%$ - по температуре газа за турбиной T_T^* , $\pm 2,5\%$ - по удельному расходу топлива $C_{уд}$, $\pm 3,5\%$ - по частоте вращения ротора НД $n_{НД}$ (рис. 1).

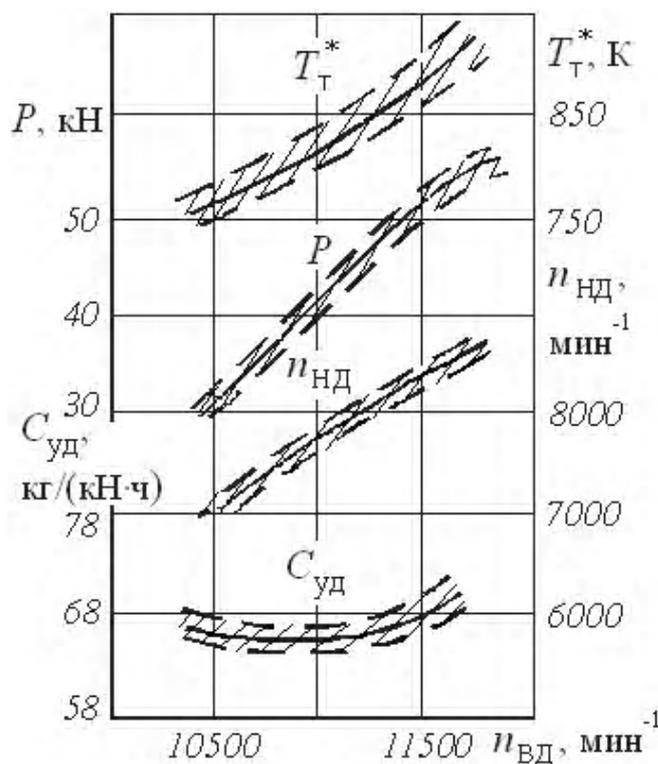


Рис. 1. Дорожки разброса по результатам испытаний ста серийных двигателей

Анализ результатов этих испытаний показал, что рассеивание параметров в пределах дорожки разброса обычно подчиняется закону нормального распределения [1]. Причем отклонения от номинальных значений различных параметров одного и того же двигателя взаимосвязаны: между ними существует связь, обусловленная совместной работой узлов. Однако причину определенного изменения параметров двигателя в пределах дорожки разброса путем термогазодинамического анализа результатов испытаний серийных двигателей найти затруднительно, так как влияние производственных отклонений на параметры двигателя лежат в пределах точности измерений, а проточная часть этих двигателей обычно недостаточно преработана. Поэтому закономерности разброса параметров анализировались путем математического моделирования разброса, соответствующего условиям серийного производства и эксплуатации двигателей, в том числе с наличием дефекта в одном из узлов двигателя.

Суть математического моделирования заключается в том, что отклонения КПД узлов и коэффициентов потерь от их номинальных значений задаются датчиком случайных чисел; диапазоны изменения КПД принимаются разными для различных узлов, а их величина оценивается экспертно; соответствующие параметры двигателя определяются с помощью его линейной математической модели.

В качестве объекта исследования приняты двухконтурный ТРДД с параметрами рабочего процесса, близкими к параметрам двигателя ПС-90, и перспективный трехвальный ТВВД с высокими параметрами рабочего процесса ($T_{Г0}^* = 1520 \text{ K}$, $\pi_{кΣ0}^* = 28,85$, $m = 16,6$).

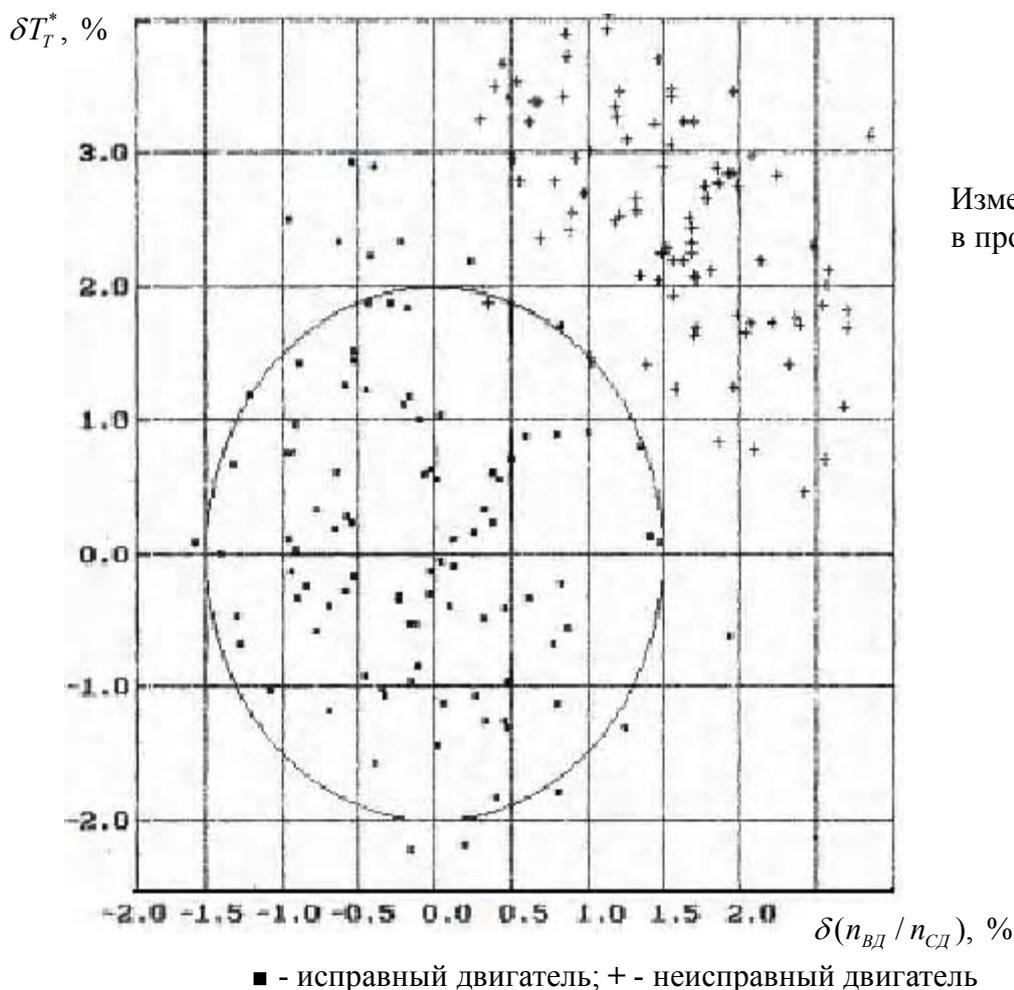
Предварительный анализ результатов моделирования разброса параметров двухвальных ТРДД и трехвальных ТВВД показал, что изменение параметров двигателя в пределах дорожки разброса целесообразно рассматривать в зависимости от скольжения частот вращения роторов, так как оно заметно изменяется при изменении КПД любого узла

и, кроме того, может быть замерено с высокой точностью.

Установлено, и это главное, что отклонению от номинального значения КПД узлов газогенератора и турбовентилятора двухвального ТРДД соответствуют две группы корреляционных зависимостей параметров двигателя от скольжения частот вращения роторов. Кроме того, установлено, что эти зависимости целесообразно рассматривать при условии постоянной тяги, так как в этом случае они отличаются не только количественно, но и качественно: снижение КПД узлов газогенератора ведет к уменьшению скольжения частот вращения роторов, а снижение КПД узлов турбовентилятора ведет к увеличению скольжения, хотя в обоих случаях удельный расход топлива, температура газа за турбиной и ряд других параметров двигателя повышаются. Таким образом, отклонения от номинальных значений КПД узлов газогенератора и турбовентилятора формируют четыре группы двигателей, существенно отличающихся по тепловому состоянию, экономической эффективности и газодинамической надежности.

Предварительный анализ показал также, что закономерности разброса параметров двухвального ТРДД являются частным случаем закономерностей, присущих трехвальному двигателю. Поэтому далее приводятся результаты моделирования для трехвального двигателя.

На рис. 2 показан разброс температуры газа за турбиной, полученный по результатам модельных испытаний ста ТВВД при условии $P = const$ и построенный по скольжению частот вращения роторов $n_{ВД} / n_{СД}$ (отношение частот вращения роторов высокого и среднего давлений (ВД и СД)). В результате математической обработки более пятисот графиков такого типа выявлены зависимости изменения часового и удельного расходов топлива, температуры и давления рабочего тела в различных сечениях двигателя, суммарного расхода воздуха и степени двухконтурности от скольжения частот вращения роторов. Такие зависимости для удельного расхода топлива показаны на рис. 3, а; 3, б; и



Изменения КПД узлов в процентах:

- $\eta_{BB1} = +1,62$
- $\eta_{BB2} = +0,87$
- $\eta_{КСД} = -3,78$
- $\eta_{кВД} = +0,67$
- $\eta_{мВД} = +0,73$
- $\eta_{мСД} = -0,51$
- $\eta_{мВВ} = +0,79$

Рис. 2. График разброса температуры газа за турбиной T_T^* по скольжению $n_{ВД} / n_{СД}$ при $P = const$

3, в. Зависимости других параметров от скольжения частот вращения роторов имеют аналогичный характер.

При анализе корреляционных зависимостей следует иметь в виду, что снижение КПД любого узла двигателя при условии сохранения постоянной тяги ведет к увеличению расхода топлива через двигатель, соответственно увеличиваются удельный расход топлива и температура газа в различных сечениях турбины. Проанализируем влияние КПД узлов на скольжение частот вращения роторов.

Снижение КПД компрессора (турбины) ВД ведет к уменьшению частоты вращения ротора $n_{ВД}$, уменьшению пропускной способности сечения за компрессором СД, т. е. к дросселированию компрессора СД и повышению работы, потребной для его вращения. Это приводит, в свою очередь, к уменьшению частоты вращения ротора СД, хотя и менее

значительному. Поэтому уменьшаются все три скольжения частот вращения роторов $n_{ВД} / n_{СД}$, $n_{СД} / n_{ВВ}$, $n_{ВД} / n_{ВВ}$. Анализ показывает, что на корреляционных зависимостях температуры и давления рабочего тела во всех сечениях двигателя, часового и удельного расходов топлива, а также степени двухконтурности от всех трех скольжений частот вращения роторов эти двигатели «лежат» в левом верхнем углу на сплошной линии или вблизи от нее (рис. 3, а; 3, б и 3, в). Кроме пониженной эффективности они характеризуются повышенной теплонапряженностью узлов горячей части и уменьшенными запасами газодинамической устойчивости компрессоров ВД и СД, а также вентилятора. При сдаче таких двигателей в эксплуатацию во многих случаях требуется переборка узлов газогенератора (компрессора ВД или его турбины). Поэтому при разработке технических условий на сдачу двигателей в эксплуатацию

целесообразно предусматривать минимальные минусовые допуски на отклонение скольжений частот вращения роторов от их номинальных значений.

При снижении КПД вентилятора или его турбины уменьшается частота вращения ротора турбовентилятора, а частоты $n_{ВД}$ и $n_{СД}$ увеличиваются из-за повышения температуры газа перед турбиной. Поэтому по крайней мере два скольжения $n_{ВД} / n_{ВВ}$ и $n_{СД} / n_{ВВ}$ увеличиваются, а величина $n_{ВД} / n_{СД}$ изменяется незначительно, поскольку эффективность узлов высокого и среднего давления не изменяются, а температура газа одинаково изменяется как перед турбиной ВД, так и перед турбиной СД. На корреляционных зависимостях T_i^* , p_i^* , G_T , $C_{y\partial}$, m и других параметров от скольжений $n_{ВД} / n_{ВВ}$ и $n_{СД} / n_{ВВ}$ двигатели со сниженными КПД узлов турбовентилятора «лежат» в правом верхнем углу на штрихпунктирной линии или близко к ней (рис. 3, а и 3, в). Положение линий совмести-

ной работы узлов на характеристиках компрессоров ВД и СД этих двигателей не изменяется. Поэтому, если температура газа в прочной части турбины и удельный расход топлива не выходят за пределы допустимых значений, то эти двигатели можно сдать в эксплуатацию без переборки, отладив их за счет изменения в пределах допуска частот вращения роторов. Для этого необходимо расширить плюсовой допуск на частоты вращения роторов высокого и среднего давления.

При снижении КПД компрессора (или турбины) СД уменьшается частота вращения ротора СД. Уменьшается и величина $n_{ВВ}$, как вследствие дросселирования вентилятора, так и, главным образом, вследствие увеличения степени двухконтурности, но она (величина $n_{ВВ}$) уменьшается менее значительно, чем $n_{СД}$. Частота вращения $n_{ВД}$ увеличивается из-за увеличения температуры $T_{Г}^*$. В результате скольжение роторов $n_{СД} / n_{ВВ}$ уменьшается, а $n_{ВД} / n_{СД}$ и $n_{ВД} / n_{ВВ}$ увеличивают-

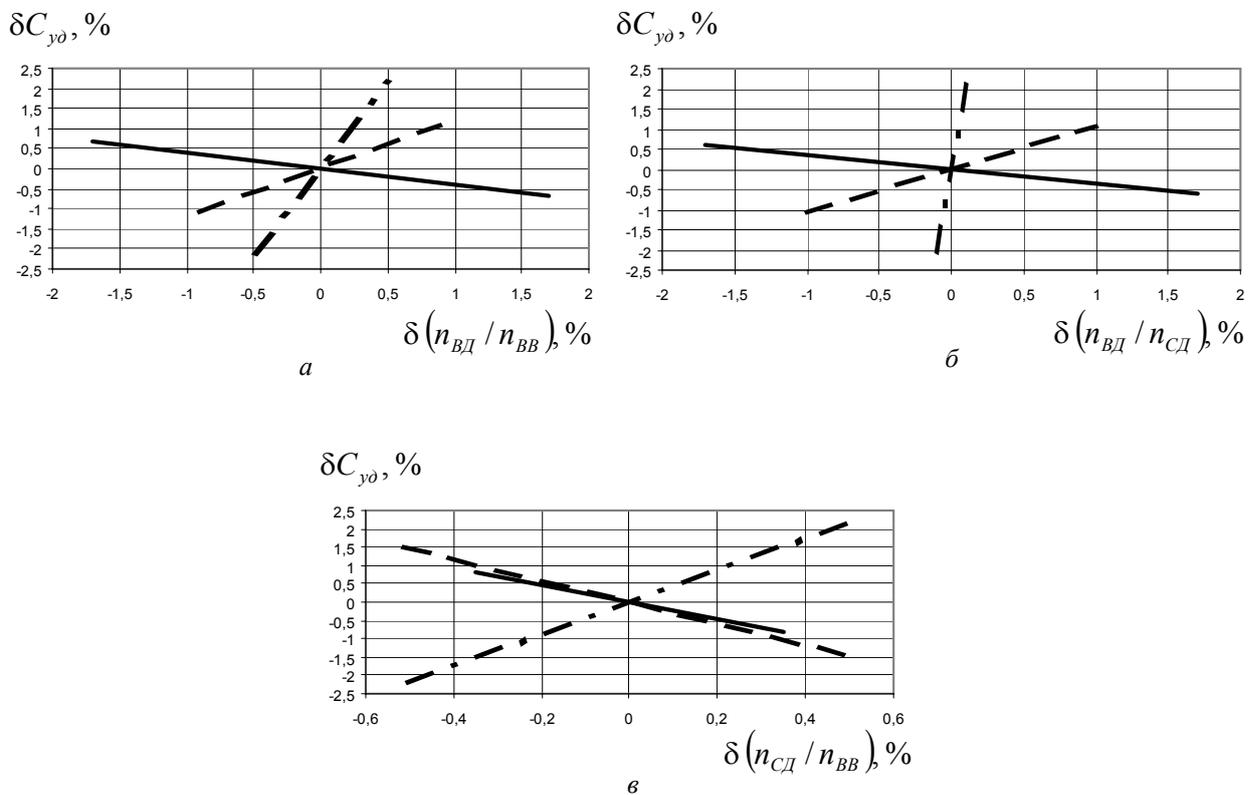


Рис. 3 Корреляционные зависимости отклонения от номинального значения $C_{y\partial}$ по скольжениям частот вращения роторов при $P = const$, соответствующие отклонению от номинальных значений КПД узлов газогенератора (—), турбокомпрессора СД (- - -) и турбовентилятора (-·-·-)

ся. Как следствие, двигатели с пониженными КПД узлов СД на корреляционных зависимостях параметров T_i^* , p_i^* , G_T , C_{y0} , m от n_{CD} / n_{BB} «лежат» на штриховой линии в верхнем левом квадранте, а от $n_{ВД} / n_{CD}$ и $n_{ВД} / n_{BB}$ – в правом верхнем квадранте.

Отметим, что величина скольжения весьма существенно зависит от геометрии проточной части двигателя и, в первую очередь, от площадей минимальных сечений сопловых аппаратов турбин. В вышеизложенном анализе имеются в виду величины скольжения частот вращения роторов, соответствующие одной (номинальной) геометрии проточной части двигателя.

Таким образом, отрицательные отклонения КПД узлов ВД, НД и СД от их номинальных значений формируют три группы двигателей с положительными отклонениями от номинальных значений большинства наиболее значимых замеренных (приведенных к САУ) параметров при $P_{np} = const$. Положительные отклонения КПД узлов ВД, НД и СД от их номинальных значений соответственно формируют три группы двигателей с отрицательными отклонениями от номинальных значений большинства наиболее значимых замеренных (приведенных к САУ) параметров при $P_{np} = const$. Эти отклонения, построенные по скольжению частот вращения роторов, образуют 9 групп корреляционных зависимостей (рис. 3).

Рассмотренные закономерности изменения параметров в зависимости от скольжения частот вращения роторов целесообразно использовать при предварительном анализе результатов испытаний и формировании исходных данных для идентификации математической модели испытуемого двигателя. Если отклонения параметров исследуемого двигателя (рис. 3, а; 3, б и 3, в) «лежат» в левом верхнем (правом нижнем) квадранте, то можно сделать вывод, что это явилось следствием отрицательного (положительного) отклонения КПД турбины или компрессора ВД от их номинальных значений. Если отклонения параметров исследуемого двигателя по скольжениям $n_{ВД} / n_{BB}$ и n_{CD} / n_{BB} «ле-

жат» в правом верхнем (левом нижнем) квадранте (рис. 3, а и 3, в), а величина $n_{ВД} / n_{CD}$ изменяется незначительно (рис. 3, б), то наиболее вероятно, что причиной такого изменения параметров является снижение (повышение) КПД узлов турбины НД или винтовентилятора. Если отклонения параметров двигателя по скольжению n_{CD} / n_{BB} «лежат» в левом верхнем (правом нижнем) квадранте, а по скольжениям $n_{ВД} / n_{CD}$ и $n_{ВД} / n_{BB}$ – в правом верхнем (левом нижнем) квадранте, то можно предположить снижение (повышение) КПД узлов турбины или компрессора СД.

Краткие выводы:

1. Изменение замеренных и приведенных к САУ параметров серийных двигателей в пределах дорожки разброса, обусловленное отклонениями от номинальных значений КПД узлов, имеет закономерный характер по скольжению частот вращения роторов.

2. Отрицательными и положительными отклонениями КПД узлов ВД, СД и НД от их номинальных значений формируются 6 групп двигателей: три группы с пониженной эффективностью работы узлов и соответственно с увеличенным расходом топлива, повышенной теплонапряженностью узлов горячей части и сниженными запасами устойчивой работы и три группы двигателей с противоположным изменением параметров.

3. Анализ результатов математического моделирования разброса параметров трехвального ТВВД позволил установить 9 групп зависимостей в пределах дорожки разброса: для каждой группы отклонений КПД узлов (ВД, СД и НД) три группы зависимостей соответственно от трех скольжений частот вращения роторов $n_{ВД} / n_{CD}$, n_{CD} / n_{BB} и $n_{ВД} / n_{BB}$.

4. Полученные закономерности необходимо использовать при термогазодинамическом анализе результатов испытаний. Кроме того, использование установленных закономерностей позволит обоснованно подойти к назначению допустимых отклонений основных данных от их номинальных значений и к разработке технологии отладки двигателя в процессе его сдачи в эксплуатацию.

Список литературы

1. Кулагин В. В., Корж Н. Д., Рознин В. Д. Соотношение оборотов роторов низкого и высокого давлений – фактор, характеризующий основные данные и теплонпряженность двухвального ДТРД. Пермь: ППИ, 1968.

**INVESTIGATING REGULARITIES OF PARAMETER DISPERSION
FOR TWO-SHAFT AND THREE-SHAFT ENGINES**

© 2004 S. K. Bochkaryov, V. V. Kulagin

Samara State Aerospace University

The lines of parameter dispersion obtained by testing one hundred commercial two-shaft bypass engines are presented. The results of investigating regularities of parameter dispersion for two-shaft bypass engines and prospective three-shaft superhigh bypass ratio turbo propfan engines are given.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСАДОК АККУМУЛЯТОРОВ ХОЛОДА БОРТОВЫХ КРИОГЕННЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

© 2004 Е. К. Красночуб

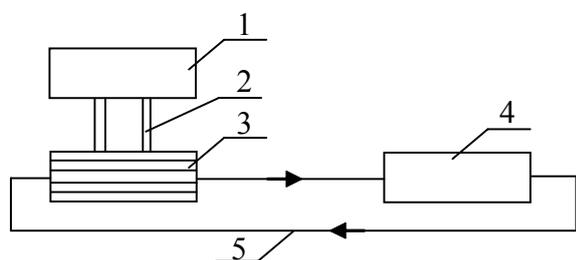
ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара

Разработаны математические модели теплообмена насадки аккумулятора холода и фотоприемного устройства аппаратуры наблюдения космического аппарата. Приведены основные расчетные формулы. Рассмотрены вопросы, связанные с определением теплофизических характеристик аккумуляторов холода бортовых криогенных систем охлаждения космических аппаратов.

Аккумуляторы холода (АХ) входят в состав бортовой криогенной системы охлаждения (БКСО) аппаратуры наблюдения космического аппарата (КА) и предназначены для обеспечения температурного режима фоточувствительных элементов фотоприемного устройства (ФПУ-ИК). Потребность в аккумуляторах холода обусловлена цикличностью работы систем охлаждения или не-

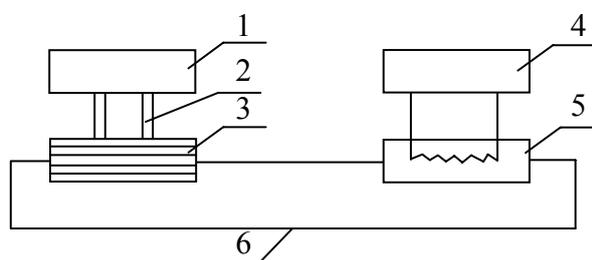
обходимостью получения на их криогенных уровнях дополнительной холодопроизводительности. Системы охлаждения на основе сублимационных аккумуляторов холода [1] обеспечивают на криогенных уровнях полезную холодопроизводительность полностью.

Принципиальные схемы охлаждения и термостатирования ФПУ-ИК на криогенных уровнях БКСО представлены на рис. 1.



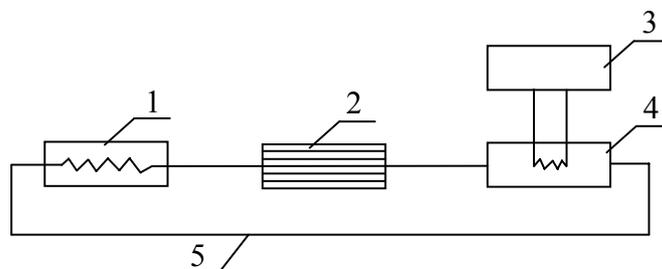
1 - Охлаждение и термостатирование ФПУ-ИК с помощью холодопроводов с использованием теплообменников МКС:

1 – ФПУ-ИК; 2 – холодопроводы; 3 – АХ; 4 – дроссельная МКС, детандерная МКС; 5 – теплообменники ДМКС, детандерная МКС



2 - Охлаждение и термостатирование ФПУ-ИК с помощью холодопроводов с использованием циркуляционного контура:

1 – ФПУ-ИК; 2 – холодопроводы; 3 – АХ; 4 – ГКМ, ТКМ, МК-ступень, РХ; 5 – ТН; 6 – циркуляционный контур



3 - Охлаждение и термостатирование ФПУ-ИК газом циркуляционного контура с использованием АХ:
1 – ФПУ-ИК; 2 – АХ; 3 – ГКМ, ТКМ, МК-ступень, РХ;
4 – ТН; 5 – циркуляционный контур

Рис. 1. Принципиальные схемы охлаждения и термостатирования ФПУ-ИК на криогенных уровнях БКСО

На рис. 1 приняты следующие сокращения: ГKM – газовая криогенная машина; ТКМ – теплоиспользующая ГKM; МК-ступень – магнитокалорическая ступень охлаждения; РХ – радиационный холодильник; МКС – микрокриогенная система; ДМКС – дроссельная МКС; ТН – турбоагнетатель.

На схемах 1, 2 рис. 1 охлаждение и термостатирование ФПУ-ИК производится с помощью холодопроводов, по которым избыточное тепло от коммутаторов ФПУ-ИК отводится к аккумулятору холода в рабочем режиме ФПУ-ИК. В схеме 3 избыточное тепло от ФПУ-ИК отводится турбоагнетателем по циркуляционному контуру к микрокриогенной системе.

Аккумуляторы холода представляют собой емкости, в которых размещены различные рабочие тела - насадки. На рис. 2 представлена схема охлаждения ФПУ-ИК с аккумулятором холода, насадка которого может состоять, например, из шариков, пористого металла, путанки из проволоки, металлической сетки и т. д. На рис. 3 показана схема криостата для систем охлаждения 1, 2, в котором размещены ФПУ-ИК, криомодуль, обеспечивающий фоновую защиту ФПУ-ИК, с

ИК-фильтром и элементы БКСО с аккумуляторами холода нижнего и верхнего температурных уровней охлаждения ($T_0 = 25; 80\text{ K}$ и $T_0 = 80; 150\text{ K}$) на основе металлических рабочих тел.

Нагрев насадки происходит тепловым потоком, поступающим от коммутаторов ФПУ-ИК на маршруте съемки объектов наблюдения аппаратурой КА.

На рис. 4 представлена расчетная схема теплообмена насадки и ФПУ-ИК. Насадка принималась в виде неограниченной пластины с граничными условиями II рода на ее поверхностях: на одной поверхности действует постоянный тепловой поток $q = \text{const}$, вторая поверхность теплоизолирована ($q = 0$). Будем считать насадку однородным телом, имеющим, однако, теплофизические характеристики материала в соответствии с пористостью. Необходимо определить поле температур в насадке на момент окончания маршрута съемки.

Рассмотрим расчетные случаи работы аккумулятора холода.

Расчетный случай 1. Микрокриогенные системы: дроссельная микрокриогенная система или газовая криогенная машина и тур-

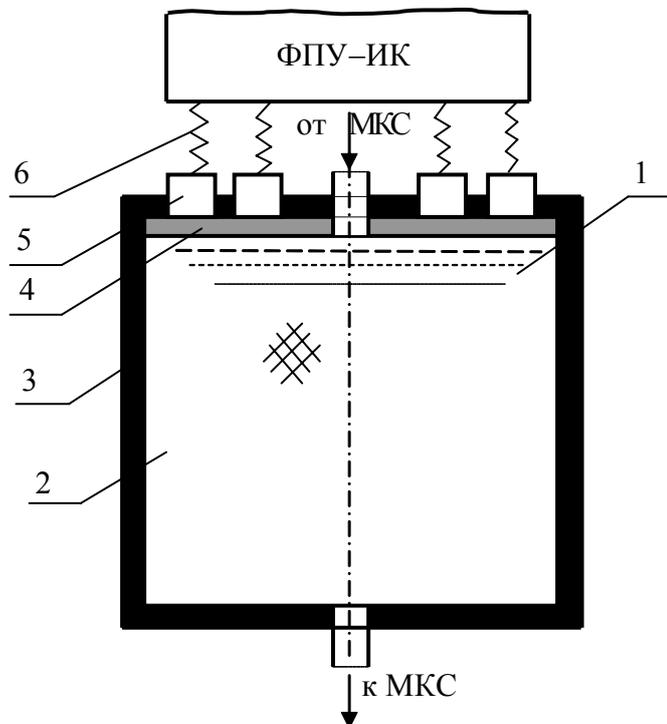


Рис. 2. Схема охлаждения ФПУ-ИК с аккумулятором холода

1 - выравнивающее газораспределительное устройство; 2 - рабочее тело АХ (насадка); 3 - теплоизоляция; 4 - теплопроводная пластина; 5 - контактные площадки АХ; 6 - гибкие холодопроводы ФПУ-ИК

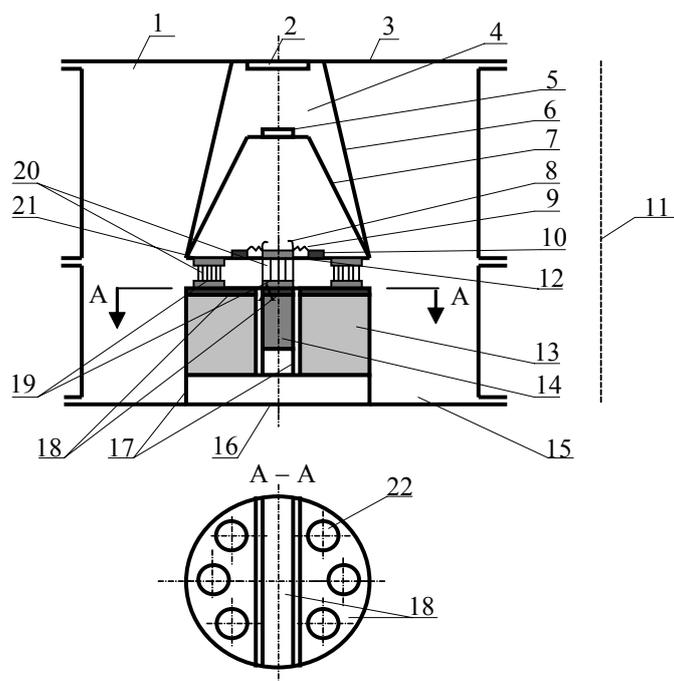


Рис. 3. Схема криостата с аккумулятором холода нижнего и верхнего температурных уровней охлаждения БКСО на основе металлических рабочих тел ($T_0 = 20; 80 \text{ K}$, $T_0 = 80; 150 \text{ K}$)

1 - криостат; 2 - иллюминатор; 3 - крышка крепления криомодуля к спецаппаратуре КА; 4 - криомодуль; 5 - ИК-фильтр; 6 - корпус криомодуля; 7 - фоновозащитный экран; 8 - бленда ФПУ-ИК; 9 - шлейфы ФПУ-ИК; 10 - коммутаторы ФПУ-ИК; 11 - рама криостата; 12 - ФПУ-ИК; 13 - аккумулятор холода верхнего температурного уровня охлаждения БКСО; 14 - аккумулятор холода нижнего температурного уровня охлаждения БКСО; 15 - зона размещения агрегатов БКСО; 16 - крышка крепления аккумуляторов холода; 17 - термомосты; 18 - теплопроводные пластины аккумуляторов холода; 19 - контактные площадки аккумуляторов холода; 20 - холодопроводы; 21 - контактные площадки криомодуля; 22 - места расположения контактных площадок аккумулятора холода верхнего уровня охлаждения БКСО

бонагнетатель – не включены. Начальная температура насадки $T_0 = const$.

Расчетный случай 2. Отличается от расчетного случая 1 тем, что начальная температура насадки $T(x, 0) = f(x)$.

Расчетный случай 3. Работают газовая криогенная машина и турбонагнетатель или одна дроссельная микрокриогенная система. Начальная температура насадки $T_0 = const$.

Нагрев насадки от ФПУ-ИК происходит при ее продувке холодным газом от микрокриогенной системы.

В соответствии с системой координат на рис. 4 дифференциальное уравнение теплообмена в насадке будет иметь вид

$$\frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (\tau > 0, x \leq h). \quad (1)$$

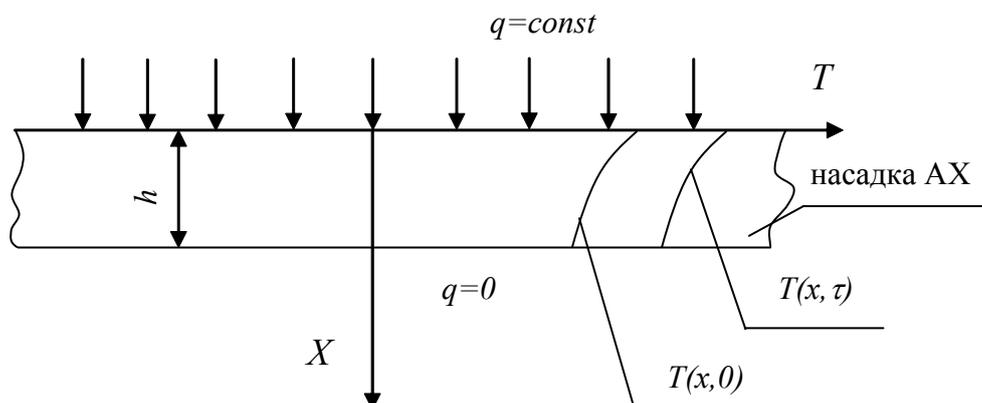


Рис. 4. Расчетная схема теплообмена ФПУ-ИК и насадки АХ

Здесь $T(x, \tau)$ – температура насадки; h – высота пластины (длина насадки); a – коэффициент температуропроводности материала насадки, $a = \frac{\lambda}{c\rho}$, где λ , c , ρ – соответственно, коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость, плотность материала насадки; τ – время нагрева насадки.

Условия теплообмена

$$T(x, 0) = f(x); \tag{2}$$

$$-\lambda \cdot \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial x} = q(\tau); \tag{3}$$

$$\frac{\partial T(h, \tau)}{\partial x} = 0. \tag{4}$$

В соответствии с [2] решение задачи будет иметь вид

$$\begin{aligned} T(x, \tau) = & \frac{1}{h} \left(\int_0^h f(x) dx + \frac{a}{\lambda} \int_0^\tau q(\vartheta) d\vartheta \right) + \\ & + \frac{2}{h} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \cos \frac{n\pi(h-x)}{h} \cdot \exp\left(-\frac{an^2 \cdot \pi^2 \cdot \tau}{h^2}\right) \times \\ & \times \int_0^h f(x) \cdot \cos \frac{n\pi(h-x)}{h} dx + \\ & + \frac{2a}{h \cdot \lambda} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cdot \cos \frac{n\pi(h-x)}{h} \times \\ & \times \int_0^\tau q(\tau) \exp\left[-\frac{an^2 \cdot \pi^2}{h^2} (\tau - \vartheta)\right] d\vartheta. \end{aligned} \tag{5}$$

При постоянном тепловом потоке на границе $x = 0$, $q(\tau) = q = const$, решение (5) принимает вид

$$\begin{aligned} T(x, \tau) = & \frac{1}{h} \left[\int_0^h f(x) dx + \frac{a\tau}{\lambda} q \right] - \\ & - \frac{q}{\lambda} \cdot \frac{h^2 - 3(h-x)^2}{6h} + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + \frac{2}{h} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \cos \frac{n\pi(h-x)}{h} \cdot \exp\left(-\frac{an^2 \cdot \pi^2 \cdot \tau}{h^2}\right) \times \\ & \times \int_0^h f(x) \cdot \frac{\cos n\pi(h-x)}{h} dx - \\ & - \frac{2hq}{\lambda} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cdot \cos \frac{n\pi(h-x)}{h} \cdot \frac{1}{n^2 \pi^2} \times \\ & \times \exp\left(-\frac{an^2 \cdot \pi^2 \cdot \tau}{h^2}\right). \end{aligned} \tag{6}$$

Решение (6) при $f(x) = T_0 = const$, т. е. при равномерной по “ x ” начальной температуре насадки, будет иметь вид

$$\begin{aligned} T(x, \tau) = & T_0 + \frac{q}{\lambda} \left[\frac{a\tau}{h} - \frac{h^2 - 3(h-x)^2}{6h} - \right. \\ & \left. - 2h \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cos \frac{n\pi(h-x)}{h} \cdot \frac{1}{n^2 \pi^2} \exp\left(-\frac{an^2 \cdot \pi^2 \cdot \tau}{h^2}\right) \right]. \end{aligned} \tag{7}$$

Таким образом, поле температур в насадке определяется выражением (7) для расчетного случая 1 и выражением (6) для расчетного случая 2.

Температурные условия на границе $x=0$ определяют выбор материала насадки при заданных высоте насадки h и времени маршрута съемки объектов наблюдения. На границе $x=0$ температура насадки не должна превосходить некоторый максимум:

$$T(0, \tau) - T_0 \leq T_{max}. \tag{8}$$

Обозначая

$$Fo \equiv a\tau / h^2 \text{ (критерий Фурье)}, \tag{9}$$

из (7) будем иметь

$$\begin{aligned} \Delta T = & \frac{qh}{\lambda} \left[Fo + \frac{1}{3} - \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \times \right. \\ & \left. \times \cos \pi n \frac{2}{\pi^2 \cdot n^2} \exp(-\pi^2 n^2 Fo) \right]. \end{aligned} \tag{10}$$

На квазистационарном режиме

$$\Delta T = T(o, \tau) - T_0 = \frac{qh}{\lambda} \left[Fo + \frac{1}{3} \right]. \quad (11)$$

Ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cos \pi n \cdot \frac{2}{\pi^2 \cdot n^2} \cdot \exp(-\pi^2 \cdot n^2 \cdot Fo) > 0. \quad (12)$$

Следовательно, расчеты температуры на поверхности насадки, проведенные по формуле (11), для квазистационарного режима приводят при выбранных высоте насадки h , времени съемки объектов наблюдения τ (времени нагрева насадки) и заданных теплофизических характеристиках материала насадки к завышенным значениям ΔT . В [3] время наступления квазистационарного режима рекомендуется брать из условия

$$Fo \geq 0,5, \quad (13)$$

т. е.

$$\tau \geq h^2 / (2a). \quad (14)$$

При $Fo = 0,5$ значения ΔT , вычисленные по формулам (10) и (11), отличаются на $\sim 0,2\%$.

Значение высоты насадки h определяется из соотношения (11) после подстановки

$$Fo = \frac{a\tau}{h^2} = \frac{\lambda\tau}{c\rho h^2}; \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} qc\rho h^2 + 3\lambda q\tau - 3\lambda c\rho h\Delta T &= 0; \\ h^2 - \frac{3\lambda\Delta T}{q} \cdot h + \frac{3\lambda\tau}{c\rho} &= 0; \\ h &= \frac{3}{2} \cdot \frac{\lambda\Delta T}{q} - \sqrt{\left(\frac{3}{2} \cdot \frac{\lambda\Delta T}{q}\right)^2 - \frac{3\lambda\tau}{c\rho}}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Максимальное значение высоты насадки h_{max} будет при $\Delta T = \Delta T_{max}$, $\tau = \tau_{max}$:

$$\left(\frac{3}{2} \cdot \frac{\lambda\Delta T_{max}}{q}\right)^2 - \frac{3\lambda\tau_{max}}{c\rho} = 0; \quad (17)$$

$$h_{max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{\lambda\Delta T_{max}}{q}; \quad (18)$$

$$\tau_{max} = \frac{3}{4} \lambda c \rho \left(\frac{\Delta T_{max}}{q}\right)^2. \quad (19)$$

Учитывая, что плотность теплового потока

$$q = Q/F, \quad (20)$$

где Q – тепловыделение коммутаторов, F – площадь нагрева, из (18) - (20) можно получить

$$\Delta T_{max} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{Q}{F\sqrt{\lambda c \rho}} \cdot \sqrt{\tau_{max}}; \quad (21)$$

$$h_{max} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{a} \cdot \sqrt{\tau_{max}}. \quad (22)$$

Масса насадки АХ:

$$M_{max} = \rho \cdot F \cdot h_{max} = \sqrt{3} \left(F \cdot \frac{\sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho}}{c}\right) \cdot \sqrt{\tau_{max}}. \quad (23)$$

Из (21) – (23) следует, что массогабаритные и температурные характеристики насадки АХ определяются теплофизическими параметрами:

μ – теплофизическим коэффициентом массы, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \text{с}^{\frac{1}{2}}}$,

$$\mu = \frac{\sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho}}{c} = \sqrt{\frac{\lambda \rho}{c}}; \quad (24)$$

ε – коэффициентом тепловой активности, или коэффициентом аккумуляции тепла [2],

$$\frac{\text{Вт} \cdot \text{с}^{\frac{1}{2}}}{\text{м}^2 \text{К}},$$

$$\varepsilon = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho}; \quad (25)$$

a – коэффициентом температуропроводности материала, $\text{м}^2/\text{с}$.

При заданных значениях массогабаритных и температурных характеристик насадки и времени ее нагрева, а именно ΔT_{max} , h_{max} , M_{max} , τ_{max} , из системы трех уравнений (21) – (23) с тремя пока неизвестными теплофизическими параметрами материала насадки λ , c , ρ можно получить

$$\lambda = \frac{2Q \cdot h_{max}}{3F \cdot \Delta T_{max}}; \quad (26)$$

$$c = \frac{2Q \cdot \tau_{max}}{M_{max} \cdot \Delta T_{max}}; \quad (27)$$

$$\rho = \frac{M_{max}}{h_{max} \cdot F}. \quad (28)$$

Тогда теплофизические коэффициенты ε , a , μ будут иметь вид

$$\varepsilon = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{Q \sqrt{\tau_{max}}}{F \cdot \Delta T_{max}}; \quad (29)$$

$$a = \frac{1}{3} \cdot \frac{h_{max}^2}{\tau_{max}}; \quad (30)$$

$$\mu = \frac{M_{max}}{\sqrt{3} \cdot F \cdot \sqrt{\tau_{max}}}. \quad (31)$$

Естественно, что при выбранных значениях τ_{max} , ΔT_{max} , h_{max} , M_{max} может не оказаться материала с желаемыми значениями теплофизических параметров λ , c , ρ . Однако,

если при выбранном значении τ_{max} предположить, что величины ΔT_{max} , h_{max} , M_{max} , а вместе с ними величины a , μ должны иметь минимальные значения, то величины λ , c , ρ можно найти из условий

$$\lambda \leq \frac{2Q \cdot h_{max}}{3F \cdot \Delta T_{max}}; \quad (32)$$

$$c \geq \frac{2Q \cdot \tau_{max}}{M_{max} \cdot \Delta T_{max}}; \quad (33)$$

$$\rho \geq \frac{M_{max}}{h_{max} \cdot F}. \quad (34)$$

С учетом (14) и (22) время наступления квазистационарного режима распределения температуры в насадке будет равно

$$\tau_{кв.с.} \geq \frac{(\sqrt{3a\tau_{max}})^2}{2a} \geq 1,5\tau_{max}.$$

Следовательно, квазистационарный режим для максимальной высоты насадки за время нагрева насадки на маршруте съемки не наступает. Однако предложенная методика может быть использована для получения значений параметров насадки АХ в первом приближении.

В таблице 1 приведены параметры насадок при заданных значениях начальных температур и превышениях температуры на поверхности насадок.

Проведенные расчеты по данным таблицы 1 показали, что наиболее приемлемыми материалами для начальной температуры

Таблица 1

Начальная температура насадки, К	Превышение температуры на поверхности насадки, не более, К	Высота насадки, не более, м	Масса насадки, не более, кг
20	1	0,2-0,3	5-10
80	3	0,2-0,3	5-10
150	3	0,2-0,3	5-10

насадки $T_0 = 20 K$ является свинец, для $T_0 = 80, 150 K$ – натрий и магний. С уменьшением коэффициента μ уменьшается и масса насадки.

Расчетный случай 3 рассматривает нагрев насадки постоянным тепловым потоком q при продувке насадки холодным газом от микрокриогенной системы.

Предложим решение расчетного случая 3, основанное на использовании решений расчетных случаев 1, 2 и дополненное решением соответствующей задачи с внутренними источниками «холода» в насадке. Будем считать, что в насадке равномерно распределены внутренние источники «холода» суммарной интенсивностью, равной количеству тепла, вынесенного из насадки в единицу времени.

Решение задачи с внутренними источниками тепла, согласно принципу суперпозиции, может быть получено путем суммирования решений двух задач: одной – без внутренних источников, но с данными начальными и граничными условиями (t_1 , расчетный случай 1, 2), и второй – с внутренними источниками, но с нулевыми начальными и граничными условиями (t_q) [3]:

$$t = t_1 - t_q, \quad (35)$$

где t – температура насадки.

При граничных условиях II рода решение $t_q = t_{ad}$, где t_{ad} – адиабатическая температура в насадке к моменту времени τ , т. е. температура, которую насадка с внутренними источниками «холода» приобрела бы при полном отсутствии теплообмена на поверхности. Эта температура равна

$$t_{ad} = \frac{1}{c \cdot \rho} \int_0^\tau q_V \cdot d\tau, \quad (36)$$

где q_V – мощность тепловых источников, отнесенная к единице объема насадки.

Решение (35) приобретает вид

$$t = t_1 - \frac{1}{c \cdot \rho} \int_0^\tau q_V \cdot d\tau. \quad (37)$$

В соответствии с (11) и (37) для задачи с источниками тепла будем иметь

$$\begin{aligned} \Delta T &= \frac{q\tau}{c \cdot \rho \cdot h} - \frac{q_0 \cdot \tau}{c \cdot \rho \cdot h} + \frac{1}{3} \cdot \frac{qh}{\lambda} = \\ &= \frac{\tau}{c \cdot \rho \cdot h} (q - q_0) + \frac{1}{3} \cdot \frac{qh}{\lambda}; \end{aligned} \quad (38)$$

$$h = \frac{3}{2} \cdot \frac{\lambda \cdot \Delta T}{q} - \sqrt{\left(\frac{3}{2} \cdot \frac{\lambda \cdot \Delta T}{q}\right)^2 - 3a\tau \cdot \left(1 - \frac{q_0}{q}\right)}, \quad (39)$$

где $q_0 = q_V \cdot h$ – мощность тепловых источников, отнесенная к единице площади.

Тогда

$$\tau_{max} = \frac{3}{4} \lambda \cdot c \cdot \rho \left(\frac{\Delta T_{max}}{q}\right)^2 \cdot \frac{q}{1 + q_0}, \quad (40)$$

а h_{max} определяется по (18). Уравнения (19) и (40) отличаются множителем $q/(1+q_0)$.

После преобразований получаем

$$\lambda \leq \frac{2Q \cdot h_{max}}{3F \cdot \Delta T_{max}}; \quad (41)$$

$$\rho \geq \frac{M_{max}}{h_{max} \cdot F}; \quad (42)$$

$$c \geq \frac{2Q \cdot \tau_{max}}{M_{max} \cdot \Delta T_{max}} \cdot \frac{q - q_0}{q}. \quad (43)$$

Выражения (32), (34) и, соответственно, (41), (42) одинаковы, а (33) и (43) отлича-

ются множителем $\frac{q - q_0}{q}$.

Таким образом, предложенная методика позволяет для бортовых криогенных систем охлаждения сделать выбор материалов насадок аккумуляторов холода, исходя из имеющихся габаритно-массовых ограничений, условий теплообмена фотоприемного устройства и насадки и условий работы микрокриогенных систем. Методика может быть использована для моделирования процессов теплообмена в элементах конструкций и приборов различного назначения.

Список литературы

1. Красночуб Е. К. Исследование возможности использования сублимационных аккумуляторов холода для бортовых криогенных систем охлаждения маломассогабаритных космических аппаратов // Сб.научно-тех-

нических статей по ракетно-космической технике.- Самара: ЦСКБ, 1999. - С.182-184.

2. Лыков А. В. Теория теплопроводности. - М.: Высшая школа, 1967. - 600 с.

3. Пехович А. И., Жидких В. М. Расчеты теплового режима твердых тел. - Л.: Энергия, 1968. - 304 с.

DETERMING THERMAL PHYSICS CHARACTERISTIC OF COLD ACCUMULATOR NOZZLES OF SPACECRAFT AIRBORNE CRYOGENIC COOLING SYSTEMS.

© 2004 E. K. Krasnochub

State Research and Production Space Rocket Centre "TSSKB-Progress"

Mathematical heat exchange models of a cold accumulator nozzle and photoreceiver of spacecraft supervision equipment are developed. Basic calculation formulas are given. Issues connected with determining thermal characteristic of cold accumulators of spacecraft airborne cryogenic cooling system are discussed.

УДК 531.3

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЗА В СОСУДЕ ПРИ ПРОБИВАНИИ ЕГО СТЕНКИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫМИ МЕХАНИЧЕСКИМИ ЧАСТИЦАМИ

© 2004 А. Г. Иоилев¹, А. С. Кучеров², В. Ю. Мельцас¹, Г. Ф. Портнягина¹,
А. Г. Прохоров², И. Е. Теличев³, В. Г. Шахов²

¹Российский Федеральный Ядерный Центр – ВНИИЭФ

²Самарский государственный аэрокосмический университет

³University of Calgary, Canada

Предлагаются методы оценки параметров газа в сосуде при пробивании его стенки высокоскоростными частицами. В случае некатастрофического разрушения стенки сосуда можно пренебречь изменением параметров невозмущенной части газа за время движения частицы, ее фрагментов и фрагментов разрушенной передней стенки сосуда до его задней стенки. Для четырех характерных режимов разрушения передней стенки сосуда приводятся соотношения для расчета давления на задней стенке сосуда, вызванного ударной волной и ее отражением, которые могут быть использованы для оценки разрушения задней стенки сосуда.

При пробивании передней стенки сосуда, содержащего газ, возникают сложные процессы как в самой стенке (различные виды разрушений стенки, распространение волн давления по ней и др.), так и в содержащемся в сосуде газе, параметры которого могут изменяться из-за истечения газа из сосуда через пробитое отверстие, образования ударных волн перед движущимися фрагментами частицы и стенки бака и т. д.

Проблеме определения параметров газа в сосуде при его пробивании высокоскоростными частицами посвящены, например, работы [1-9], в которых приводятся результаты экспериментальных исследований и описываются различные расчетные методы. Среди последних можно найти методы, основанные на решении уравнений газовой динамики. Однако их решение даже для плоской задачи требует большого времени.

Предлагается приближенный метод, опирающийся на экспериментальные данные, соображения размерностей и конечные формулы, описывающие изменение параметров при распространении ударных волн и их взаимодействии с плоской твердой стенкой.

Считается, что в зависимости от условий пробивания возможны следующие расчетные схемы:

1. Высокоскоростная механическая частица (далее – ударник) не разрушается и на ее передней части находится материал пробитой передней стенки. Будем называть эту систему «ударник-пробка».

2. Ударник и передняя стенка разрушаются на небольшое количество крупных осколков. Такую систему будем называть «ударник-кластер».

3. Ударник и передняя стенка разрушаются на достаточно большое количество осколков, среди которых можно выделить более крупные, и пелену мелких осколков. Эту систему будем называть «ударник - перфорированный диск + пелена мелких осколков», или для краткости – «перфорированный диск».

4. Ударник и передняя стенка сосуда разрушаются на большое число мелких осколков, которые движутся в виде единого облака. Будем называть эту систему «ударник-облако мелких осколков»¹.

Произведем оценку изменения параметров газа в сосуде за время движения фрагментов частицы и передней стенки сосуда до его задней стенки.

Будем считать, что ударное воздействие высокоскоростными частицами стенок сосуда с газом происходит в момент времени

¹ Далее кавычки при описании движущейся системы будем опускать

$t = 0$. Объем сосуда V определяет характерную площадь, например, передней стенки сосуда, $S \propto V^{2/3}$ и линейный размер, например, расстояние между передней и задней стенками сосуда, $L \propto V^{1/3}$. Давление, температура и плотность газа в сосуде в начальный момент времени равны соответственно p_0 , T_0 и ρ_0 .

После разрушения передней стенки сосуда и образования отверстия площадью $S_{оме} = kS$ ($k \leq 0,1$) в момент времени $t = 0$ начнется процесс истечения газа из сосуда. Предполагается, что истечение происходит в вакуум.

Для оценки изменения характеристик газа в баке в процессе его истечения воспользуемся гипотезой квазистационарности истечения [10]. Полагаем, что скорость газа в сосуде везде, за исключением выходного сечения и прилегающей к нему области сосуда, равна нулю, а скорость и давление, меняющиеся во времени, везде одинаковы для данного момента времени. Так как скорость движения осколков большая ($V_{оск} \propto 5...7 \text{ км/с}$), то время, в течение которого осколки или образующаяся перед ними система скачков достигают задней стенки сосуда, очень мало. Это позволяет считать процесс истечения газа адиабатическим.

Начальная масса газа в сосуде равна $M_0 = \rho_0 V$.

Поскольку при истечении газа в вакуум в выходном сечении параметры газа всегда будут критическими, в частности, скорость газа u равняется местной скорости звука a , то

$$u = a = a_* = \sqrt{\frac{2}{\kappa+1}} a_0, \quad (1)$$

где $a_0 = \sqrt{\kappa R T_0}$ – скорость звука в сосуде, a_* – критическая скорость звука, R – газовая постоянная, κ – отношение удельных теплоемкостей (показатель адиабаты).

Из закона сохранения массы текущая масса газа в сосуде изменяется как

$$M = M_0 - S_{оме} \int_0^t \rho_* a_* dt \quad (2)$$

или с учетом постоянства плотности газа и скорости звука в критическом сечении (ρ_* , a_*) для адиабатического процесса

$$M = \rho_0 V - S_{оме} \rho_* a_* t. \quad (3)$$

Тогда плотность газа в сосуде при его опорожнении в каждый момент времени равна

$$\rho = \rho_0 - \frac{S_{оме}}{V} \rho_* a_* t. \quad (4)$$

Подставив в последнее выражение изотермические соотношения

$$a_* = \sqrt{\frac{2}{\kappa+1}} a_0, \quad \rho_* = \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{1}{\kappa-1}} \rho_0 \quad (5)$$

и поделив его на ρ_0 , получаем

$$\frac{\rho}{\rho_0} = 1 - \frac{S_{оме}}{V} \sqrt{\left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa-1}}} a_0 t. \quad (6)$$

Множитель $\sqrt{\left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa-1}}}$ меняется в пределах 0,579 ... 0,599 для газов с различными $\kappa = 1,4...1,1$. Заменяя $S_{оме} = kS \propto kV^{2/3}$, приходим к формуле для изменения относительной плотности газа в сосуде

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_0} = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0} = \frac{S_{оме}}{V} \sqrt{\left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa-1}}} a_0 t \propto \frac{k}{V^{1/3}} a_0 t. \quad (7)$$

Полученная приближенная формула для малых t совпадает с более общей формулой, представленной в [1].

Время, в течение которого осколки достигнут противоположной стенки сосуда, $t_\kappa \propto L/V_{оск0}$, где $V_{оск0}$ – начальная скорость

движения осколков. Тогда относительное изменение плотности газа в сосуде к моменту, когда осколки достигнут противоположной стенки сосуда, можно оценить как

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_0} \propto k \frac{a_0}{V_{оск0}} \propto \frac{k}{M_{оск}}, \quad (8)$$

где $M_{оск} = V_{оск0}/a_0$ – число Маха движения осколков по невозмущенному газу в сосуде.

Считая $a_0 = 340 \text{ м/с}$, что соответствует $T_0 = 288 \text{ К}$, имеем

$$M_{оск} = \frac{V_{оск0}}{a_0} = \frac{(5...7)10^3}{340} \propto 20.$$

При некатастрофическом разрушении сосуда $k \propto 0,1$ или даже меньше, и тогда

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_0} \propto 0,02,$$

то есть изменение средней плотности газа в сосуде составляет единицы процентов, и им можно пренебречь при оценке параметров движения осколков. Процесс истечения можно считать адиабатическим, соответственно и относительное падение среднего давления (при малых $\Delta\rho/\rho_0$) будет мало:

$$\frac{\Delta p}{p_0} \propto \kappa \frac{\Delta\rho}{\rho_0}.$$

Для $\kappa = 1,4$ относительное падение среднего давления $\Delta p/p_0 \propto 0,028$.

Таким образом, можно пренебречь изменением средних параметров газа в сосуде за время движения фрагментов частицы и передней стенки сосуда до его задней стенки.

1. Рассмотрим систему ударник-пробка.

На основании предыдущей оценки можно считать, что продукты разрушения стенки и ударника движутся в неподвижном газе постоянной плотности и давления.

Уравнение движения системы ударник-пробка имеет вид

$$m_{оск} \frac{dV_{оск}}{dt} = -c_{xa} \frac{\rho_0 V_{оск}^2}{2} S_{оск}, \quad (9)$$

где $m_{оск}$ и $S_{оск}$ – соответственно масса и площадь миделевого сечения ударника с пробкой, c_{xa} – коэффициент сопротивления.

Интегрирование уравнения движения при условии, что при $t = 0$ $V_{оск} = V_{оск0}$, дает

$$V_{оск} = \frac{V_{оск0}}{1 + \frac{c_{xa} \rho_0 S_{оск} V_{оск0} t}{2 m_{оск}}}. \quad (10)$$

Из этого соотношения относительное изменение скорости равно

$$\frac{\Delta V_{оск}}{V_{оск0}} \approx \frac{c_{xa} \rho_0 S_{оск} V_{оск0} t}{2 m_{оск}}. \quad (11)$$

Считая форму системы ударник-пробка сферической радиуса R с массовой плотностью $\rho_{оск}$, для момента времени, при котором эта система достигает противоположной стенки сосуда, $t_{\kappa} \propto L/V_{оск0}$, имеем

$$\frac{\Delta V_{оск}}{V_{оск0}} \propto \frac{3}{8} c_{xa} \frac{\rho_0}{\rho_{оск}} \frac{L}{R}.$$

При гиперзвуковых скоростях полета для шара $c_{xa} \approx 1,0$, для алюминия $\rho_{оск} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. В экспериментах на моделях $L = 5...15 \text{ см}$, $\rho_0 \approx 1...10 \text{ кг/м}^3$. Примем, что размеры системы ударник-пробка имеют тот же порядок, что и высокоскоростная частица. Тогда $R \approx 2...3 \text{ мм}$, и для этих условий

$$\frac{\Delta V_{оск}}{V_{оск0}} \leq 0,1.$$

При увеличении эквивалентного радиуса системы ее конечная скорость изменится на еще меньшую величину.

С учетом этой оценки можно сделать вывод, что средняя скорость движения сис-

темы будет несколько меньше ее начальной скорости. Но вызванное этим увеличение времени, в течение которого осколки достигнут противоположной стенки сосуда, будет незначительным.

Принимая во внимание приведенные оценки изменения скорости движения системы, можно считать, что число Маха этой системы остается постоянным и равным

$$M_{оск} = \frac{V_{оск}}{a_0}. \quad (12)$$

Перед системой будет возникать отсоединенный скачок уплотнения. Давление p_1 за головной ударной волной, которую в окрестности передней критической точки можно считать прямой, определяется формулой [10]

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{2\kappa}{\kappa+1} M_{оск}^2 - \frac{\kappa-1}{\kappa+1}. \quad (13)$$

Коэффициент отражения K_r определяется как [10]

$$K_r = \frac{(3\kappa-1)p_1 - (\kappa-1)p_0}{(\kappa-1)p_1 + (\kappa+1)p_0}. \quad (14)$$

Соответственно, давление p_2 после отражения вычисляется как

$$\frac{p_2}{p_1} = K_r. \quad (15)$$

Отстояние головной ударной волны от системы составляет доли радиуса кривизны поверхности этой системы в передней критической точке [9]. Из-за малости размеров и больших скоростей движения системы можно считать, что на заднюю стенку сосуда практически одновременно будет воздействовать головная ударная волна, образующаяся перед системой, отраженная ударная волна и сама система ударник-пробка. Скорее всего, именно ударное воздействие системы ударник-пробка будет определяющим с точки зрения повреждения задней стенки.

2. Проанализируем движение системы ударник-кластер.

Особенностью движения этой системы является интерференция крупных осколков между собой. Для простоты будем считать, что эти осколки имеют форму сфер одинакового диаметра. Рассмотрим случай движения двух сфер при сверхзвуковых скоростях (рис. 1).

Аэродинамические характеристики передней сферы будут целиком определяться параметрами невозмущенного газа в сосуде, так как влияние задней сферы в сверхзвуковом потоке не передается вперед. Задняя сфера будет двигаться в потоке, возникающем за криволинейной ударной волной от передней сферы. Известно, что за криволинейной ударной волной спутное течение будет отклоняться в сторону, что приведет к отклонению скорости потока и уменьшению ее величины в обратном движении перед второй сферой. Поэтому у задней сферы возникает боковая сила, а сопротивление уменьшается.

В итоге задняя сфера будет стремиться приблизиться в направлении криволинейной ударной волны от передней сферы и отклониться во внешнюю сторону. Это явление наблюдается при разлете дроби после выстрела из ружья [11].

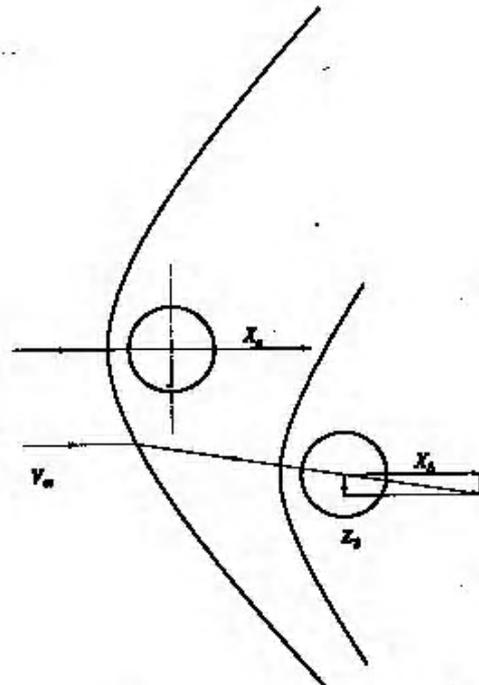


Рис. 1. Схема взаимодействия двух сфер (обращенное движение)

Согласно описанной схеме взаимодействия приближенно можно считать, что передний осколок движется так, как если бы он был один. Следовательно, в этом случае можно использовать формулы предыдущей схемы для системы ударник-пробка, в которых необходимо использовать средний радиус частиц R_{cp} :

$$R_{cp} = R/\sqrt[3]{N},$$

где N – число частиц в кластере.

Тогда скорость переднего осколка находится по приближенной формуле

$$V_{оск} = \frac{V_{оск0}}{1 + \frac{3 c_{xa} \rho_0 \sqrt[3]{N}}{8 \rho_{оск} R} V_{оск0} t}. \quad (16)$$

Из нее, в частности, следует, что движение частиц системы ударник-кластер будет замедляться быстрее, чем при движении частиц системы ударник-пробка.

Дальнейший расчет параметров воздействия на заднюю стенку можно производить по ранее приведенным формулам (12)-(15).

3. Схема движения облака осколков как перфорированного диска рассматривалась Пекутовским в [12]. От каждого крупного осколка, соответствующего сплошной части перфорированного диска, будет образовываться ударная волна. При сравнительно небольшой величине коэффициента перфорации $\alpha = S_p/S_0$, где $S_0 = \pi d^2/4$ – площадь диска, S_p – площадь отверстий (для сплошного диска $\alpha = 0$), огибающую этих волн можно представить в виде единой ударной волны перед диском.

Оценку зависимости коэффициента сопротивления сплошного диска c_{xa} от числа Маха M_1 набегающего потока при стационарном обтекании можно получить в предположении о том, что давление на всей лицевой поверхности диска мало отличается от давления торможения, а давление на его тыльной поверхности – от давления в набе-

гающем потоке. Тогда коэффициент сопротивления диска будет мало отличаться от коэффициента давления в точке торможения:

$$c_{xa} \approx C_p^*.$$

По теории Ньютона [13]

$$C_p^* = 2,$$

по формуле Рэлея [13]

$$C_p^* = \frac{2}{\kappa \cdot M_1^2} \cdot \left[\left(\frac{\kappa+1}{2} M_1^2 \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \left(\frac{\kappa+1}{2\kappa \cdot M_1^2 - \kappa + 1} \right)^{\frac{1}{\kappa-1}} - 1 \right]$$

Если же считать, что давление в донной части при больших сверхзвуковых скоростях близко к нулю [14], то коэффициент сопротивления будет несколько больше:

$$c_{xa} \approx C_p^* + \frac{2}{\kappa \cdot M_1^2}.$$

Расчеты движения перфорированного диска в совершенном газе проводились в двумерной осесимметричной геометрии с помощью программы GMP2, основанной на методе С. К. Годунова [15] и модифицированной для расчета протекания газа через перфорированные области (сетки, решетки и т. п.) [16].

Постановка задачи следующая. Пусть имеется тонкий диск радиусом $R=1$ см и массой $m=0.85$ г со степенью перфорации α (эти параметры соответствуют толщине сплошной пластины $h=0.1$ см при плотности $\rho=2.7$ г/см³; при увеличении α радиус диска и его масса не меняются, но соответственно увеличивается толщина). Начальная скорость диска W . Требуется рассчитать движение диска в совершенном газе с $\kappa=1.4$, с начальной плотностью $\rho_0=0.0125$ г/см³ и давлением $P_0=10$ атм. Коэффициент сопротивления перфорированного диска c_{xa} в зависимости от его скорости (которую можно пересчитать в число Маха M_1 набегающего потока) вычисляется по силе сопротивления.

Зависимость коэффициента сопротивления $c_{xa}(M_1)$, полученная в расчетах мето-

дом установления для сплошного диска (навязывалась постоянная скорость движения диска $U=W$, расчеты проводились в диапазоне от 0.368 до 6.68 км/с по W , т. е. в диапазоне от 1.1 до 20 по M_1) и в расчетах торможения сплошного и перфорированного диска при его начальной скорости $W=10$ и 15 км/с, приведена на рис. 2.

Видно, что формула Рэля дает хорошую оценку сверху для c_{xa} в случае стационарного обтекания. В случае же торможения диска сначала реализуются осцилляции c_{xa} , связанные с установлением квазистационарного обтекания диска, а затем по мере торможения c_{xa} уменьшается от значения $c_{xa} \approx 2$ до $c_{xa} \approx 1$ (для сплошного диска и для перфорированного диска с коэффициентом перфорации $\alpha < 0.4$). Определяющее влияние на такое изменение c_{xa} при торможении диска оказывает изменение течения за диском. Можно предположить, что при больших значениях коэффициента перфорации ($\alpha > 0.5$) данная модель (представление облака осколков перфорированным диском) некорректна. Поэтому осколки надо представлять как одиночные частицы, которые слабо влияют на

движение друг друга через разделяющий их газ (одиночные осколки или кластер – см. пп.1 и 2).

Если подставить полученное значение коэффициента сопротивления диска в уравнение движения (9), то после интегрирования будем иметь

$$V_{\text{диск}} = \frac{V_{\text{диск}0}}{1 + \frac{c_{xa \text{ диск}} \rho_0 S_0}{2 m_{\text{диск}}} V_{\text{диск}0} t}$$

Из сравнения этой формулы и формулы (10) видно, что движение перфорированного диска будет замедляться еще быстрее, чем движение системы ударник-кластер.

Дальнейший расчет параметров воздействия на заднюю стенку можно производить по формулам (12)-(15).

4. Рассмотрим случай системы ударник-облако мелких осколков.

Процесс распространения облака осколков, образующихся в результате разрушения передней стенки сосуда, можно представить в виде совокупности поступательного движения центра масс этого облака со скоростью V_c и радиального расширения облака относительно центра масс со скоростью

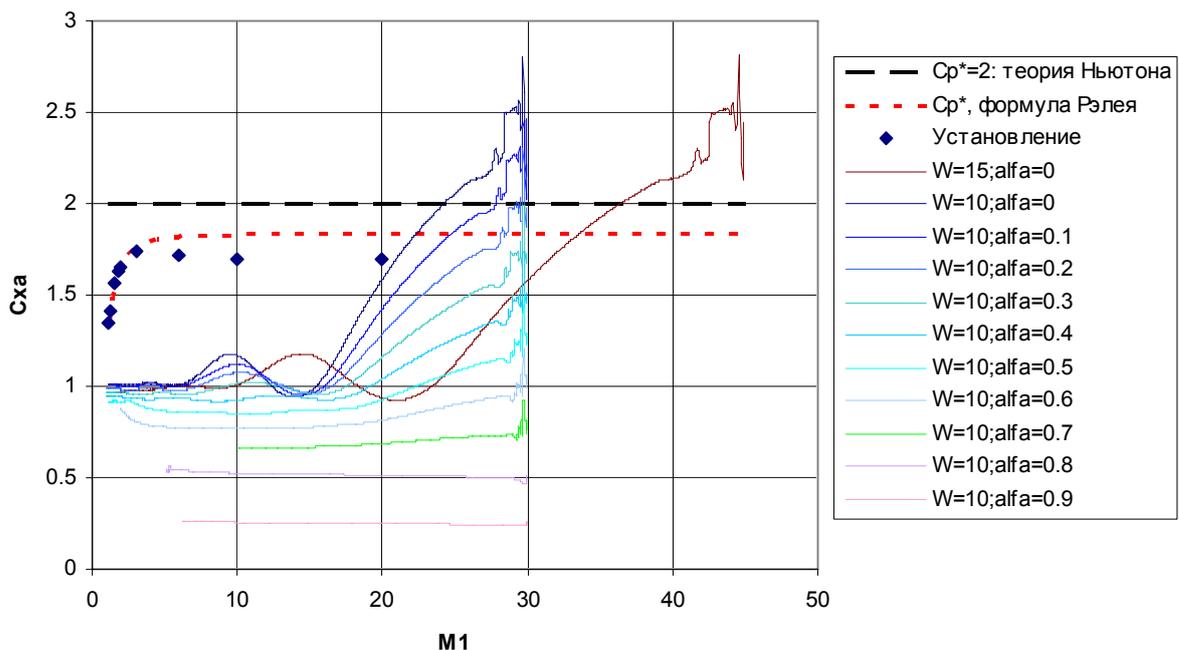


Рис. 2. Зависимость коэффициента сопротивления от числа Маха набегающего потока

V_r (рис. 3) [3]. На рис. 3 скорость частицы в момент ее удара по передней стенке сосуда обозначена как V_p , а масса этой частицы – M_p . Тогда скорость перемещения переднего фронта облака или скорость поступательного движения лидирующего обломка V_f равняется

$$V_f = V_c + V_r. \quad (17)$$

Из условий сохранения количества движения системы, образующей облако осколков, следует [3]

$$V_c = V_p \frac{1}{1 + KG^2}, \quad V_r = V_p \frac{\sqrt{KG}}{1 + KG^2}, \quad (18)$$

$$V_f = V_p \frac{1 + \sqrt{KG}}{1 + KG^2},$$

где

$$K = \frac{t\rho_t}{M_p / \left(\frac{\pi d_p^2}{4} \right)}, \quad (19)$$

K – отношение массы единицы поверхности передней стенки сосуда к массе единицы поверхности частицы,

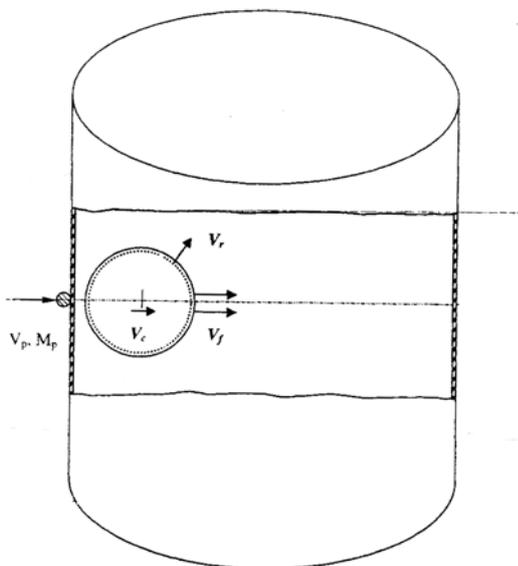


Рис. 3. Схема движения облака осколков

$$G = D_h/d_p, \quad (20)$$

G – отношение диаметра пробитого отверстия D_h к диаметру частицы d_p , t – толщина стенки сосуда, ρ_t – массовая плотность материала стенки сосуда, M_p – масса частицы.

Схему разлета облака осколков в сосуде представим в виде двух участков [3] (рис. 4). На участке I длиной L_0 происходит формирование ударной волны, которая распространяется как часть сферической ударной волны на участке II , длина которого L_w . Если диаметр сосуда или расстояние между его передней и задней стенками равно D_v , то

$$D_v = L_0 + L_w. \quad (21)$$

На рис. 4 наибольший радиус, в пределах которого образуется ударная волна, обозначен как r_0 ; полуугол конуса, занятого частью распространяющейся ударной волны, как α ; расстояние до фиктивного центра, из которого распространяется сферическая ударная волна, как L_* .

Формирование ударной волны представим следующим образом. В начальный момент времени $t = 0$ параметры газа в сосуде везде одинаковы: плотность газа в сосуде ρ_0 , давление p_0 .

Пусть на наружную поверхность газа при $x = 0$ действует кратковременный импульс давления, т. е. поверхность газа подвергается удару [17]. Кратковременный удар производится тонкой пластиной с малой массой единицы площади $m = \rho_t t$, которая налетает на поверхность газа со скоростью V_f . Начальный импульс и энергия пластины передаются газу за время торможения пластины τ . За это время ударная волна в газе проходит расстояние

$$L_0 = V_f \tau. \quad (22)$$

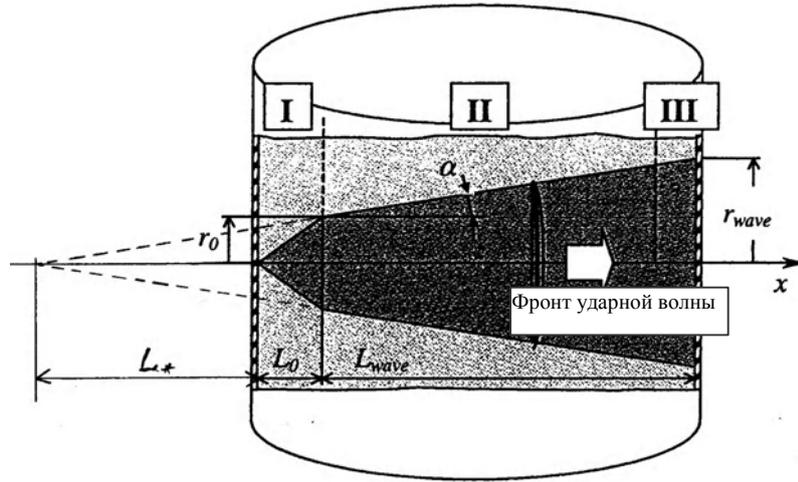


Рис. 4. Схема разлета облака осколков в сосуде

В [3] время торможения пластины определяется как

$$\tau = \frac{1}{V_f} \sqrt[3]{\frac{3}{2\pi} \frac{M_p}{\rho_0} \left(\frac{V_p}{V_r}\right)^2}. \quad (23)$$

Соотношение (22) с помощью формул (18) можно представить в виде

$$L_0 = \sqrt[3]{\frac{3}{2\pi} \frac{M_p}{\rho_0} \left(\frac{1+KG^2}{1+\sqrt{KG}}\right)^2}. \quad (24)$$

В конце торможения пластины ($t = \tau$) радиус r_0 равен

$$r_0 = V_r \tau. \quad (25)$$

Это соотношение с использованием (18) представим в виде

$$r_0 = \frac{\sqrt{KG}}{1+\sqrt{KG}} \sqrt[3]{\frac{3}{2\pi} \frac{M_p}{\rho_0} \left(\frac{1+KG^2}{1+\sqrt{KG}}\right)^2}. \quad (26)$$

Из рис. 4 можно записать

$$L_* = r_0 \operatorname{ctg} \alpha - L_0. \quad (27)$$

Используя (25) – (27), получим

$$L_* = \left(\frac{\sqrt{KG}}{1+\sqrt{KG}} \operatorname{ctg} \alpha - 1\right) \sqrt[3]{\frac{3}{2\pi} \frac{M_p}{\rho_0} \left(\frac{1+KG^2}{1+\sqrt{KG}}\right)^2}. \quad (28)$$

В случае, когда материал стенок сосуда и пробивающей их частицы одинаков, можно ввести линейный масштаб, равный

$$\sqrt[3]{\frac{3}{2\pi} \frac{M_p}{\rho_0}}. \text{ В этом случае безразмерные длины } L_0, L_* \text{ и радиус } r_0 \text{ будут зависеть лишь от}$$

комплекса $\sqrt{KG} = \sqrt{1.5 \frac{t}{d_p} \frac{D_h}{d_p}}$. Обозначим

для краткости

$$L_M = \sqrt[3]{\frac{3}{2\pi} \frac{M_p}{\rho_0}}, \quad \bar{L}_0 = \frac{L_0}{L_M}, \quad \bar{r}_0 = \frac{r_0}{L_M}, \quad (29)$$

$$\bar{L}_* = \frac{L_*}{L_M}, \quad \chi = \sqrt{KG} = \sqrt{1.5 \frac{t}{d_p} \frac{D_h}{d_p}}.$$

Тогда (24), (26) и (28) соответственно примут вид

$$\bar{L}_0 = \left(\frac{1+\chi^2}{1+\chi}\right)^{\frac{2}{3}} = \bar{L}_0(\chi), \quad (30)$$

$$\bar{r}_0 = \frac{\chi}{1+\chi} \left(\frac{1+\chi^2}{1+\chi}\right)^{\frac{2}{3}} = \bar{r}_0(\chi), \quad (31)$$

$$\bar{L}_* = \left(\frac{\chi}{1+\chi} \operatorname{ctg} \alpha - 1\right) \left(\frac{1+\chi^2}{1+\chi}\right)^{\frac{2}{3}} = \bar{L}_*(\chi, \alpha). \quad (32)$$

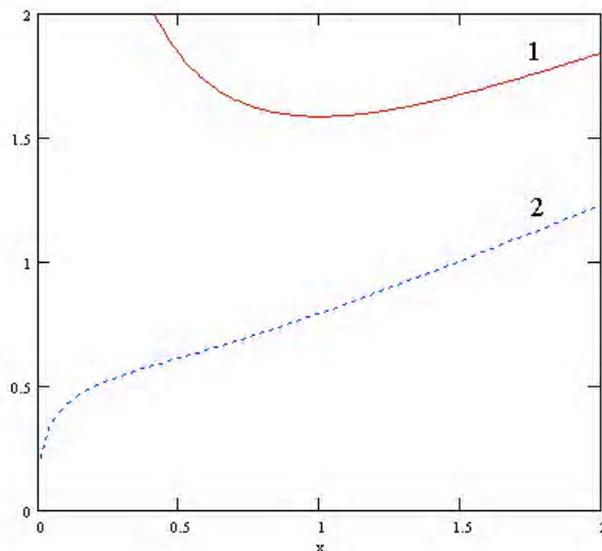


Рис. 5. График зависимостей \bar{L}_0 (кривая 1) и \bar{r}_0 (кривая 2) от χ

На рис. 5 приведены графики зависимостей \bar{L}_0 , \bar{r}_0 от χ , на рис. 6 – \bar{L}_* от χ для ряда значений угла α .

На рис. 5 видна немонотонная зависимость \bar{L}_0 от χ , что, по-видимому, связано с неприменимостью формулы (23) для малых значений параметра χ .

Так как на участке II предлагается ударную волну рассматривать как сферическую, то можно записать для давления и скорости распространения ударной волны [17]

$$p \propto r^{-3}, \quad D \propto r^{\frac{3}{2}}.$$

Из рис. 4 можно записать для расстояния от центра

$$r = L_* + x,$$

где $x > L_0$ – расстояние от передней стенки сосуда.

Так как при $x = L_0$

$$D = D_0, \quad p = p_{нач},$$

то

$$p = p_{нач} \left(\frac{L_* + L_0}{L_* + x} \right)^3, \quad D = D_0 \left(\frac{L_* + L_0}{L_* + x} \right)^{\frac{3}{2}}. \quad (33)$$

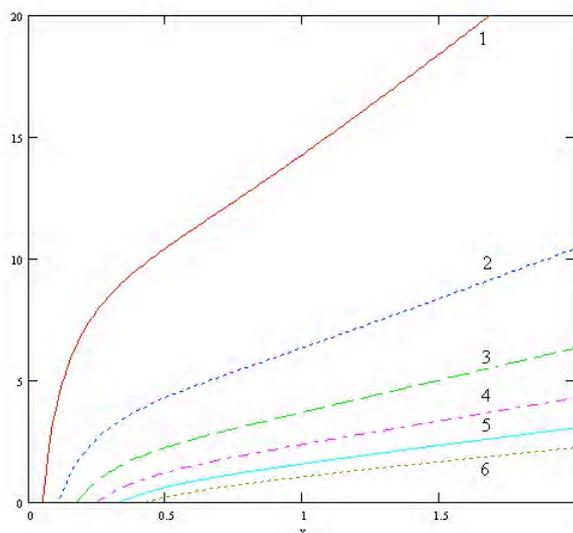


Рис. 6. График зависимости \bar{L}_* от χ для ряда значений $\text{tg } \alpha$:
1 – $\text{tg } \alpha = 0.05$; 2 – 0.1; 3 – 0.15; 4 – 0.2; 5 – 0.25; 6 – 0.3

Начальные параметры участка II равны соответственно [17]

$$p_{нач} \propto \rho_0 V_f^2, \quad D_0 \propto V_f.$$

Так как расстояние между стенками равно D_V , то, подставляя в (32) $x = D_V$, можно определить давление за ударной волной в момент достижения ею задней стенки сосуда p_1 и соответствующее число Маха $M = D_{кон}/a_0$, где $D_{кон}$ – скорость движения ударной волны около задней стенки сосуда.

Все параметры взаимодействия с задней стенкой находятся так же, как в пункте 1. Для рассматриваемой системы ударник-облако мелких осколков нет необходимости рассматривать удар осколков о стенку в силу малости массы каждого осколка.

В заключение приведем пример расчета. Для эксперимента № 15 из [3] известны:

$$V_p = 7.3 \text{ км/с}, \quad D_V = 150 \text{ мм}, \quad p_0 = 1.6 \text{ МПа}, \\ d_p = 4.39 \text{ мм}, \quad \text{tg } \alpha \approx 0.075, \quad \chi \approx 1.34.$$

Тогда для азота при нормальных условиях

$$\rho_0 \approx 1.15 \cdot 16 = 18.4 \text{ кг/м}^3.$$

По формуле (29) для алюминиевой частицы с $\rho_p = 2700 \text{ кг/м}^3$ масштаб длины равен

$$L_M = \sqrt[3]{\frac{\rho_p}{4\rho_0} d_p} = \sqrt[3]{\frac{2700}{4 \cdot 18.4}} \cdot 4.39 = 14.59 \text{ мм}.$$

Диаметр отверстия по приближенной формуле [3]

$$D_h = 1.3607 d_p + 3.5094 = 9.48 \text{ мм}.$$

Поскольку по результатам замеров в [3] $D_h = 9.2 \text{ мм}$, то далее используется экспериментальное значение диаметра отверстия.

Тогда безразмерный параметр $\chi = 1.26$. И по формулам (30)-(32) соответственно $\bar{L}_0 = 1.63$, $\bar{r}_0 = 0.94$, $\bar{L}_* = 10.8$. Следовательно:

$$L_0 = 23.83 \text{ мм}, \quad r_0 = 13.64 \text{ мм}, \quad L_* = 158.1 \text{ мм}.$$

Принимая коэффициенты пропорциональности равными единице, начальные параметры участка II можно найти из закона сохранения энергии (пренебрегая затратами энергии на разрушение стенки):

$$V_f = V_p \sqrt{\frac{M_p}{M_p + M_w}},$$

где M_w – масса выбитой части стенки сосуда.

Считая выбитую часть стенки сосуда цилиндром с диаметром D_h , для одинаковых материалов частицы и стенки получим

$$V_f = \sqrt{\frac{1}{1 + \chi^2}} V_p = \sqrt{\frac{1}{1 + 1.26^2}} \cdot 7.3 = 4.54 \text{ км/с}.$$

Тогда

$$p_{нач} = \rho_0 V_f^2 = 18.4 \cdot (4.54 \cdot 10^3)^2 = 3.79 \cdot 10^8 \text{ Па}, \\ D_0 = V_f = 4.54 \text{ км/с}.$$

В момент достижения ударной волны задней стенки сосуда

$$p_1 = 3.79 \cdot 10^8 \left(\frac{158.1 + 23.83}{158.1 + 150} \right)^3 = 0.78 \cdot 10^8 \text{ Па},$$

$$D_{кон} = 4.54 \cdot \left(\frac{158.1 + 23.83}{158.1 + 150} \right)^{\frac{3}{2}} = 2.06 \text{ км/с}.$$

Вычисленное значение p_1 превосходит полученное в [7]. Если коэффициенты пропорциональности принять равными примерно 0.3, тогда $p_1 = 0.23 \cdot 10^8 \text{ Па}$, а $D_{кон} = 0.62 \text{ км/с}$. Первая величина практически совпадает с приводимой в [7], а вторая несколько меньше. Следует заметить, что коэффициенты пропорциональности для p_1 и $D_{кон}$ не обязательно равны между собой, и их определение требует дальнейших исследований. Поэтому в первом приближении

можно использовать приведенные выше значения этих коэффициентов.

Тогда коэффициент отражения ударной волны будет таким же, как в [7], равным 5.5. Поэтому давление в отраженной ударной волне $p_2 = 5.5 \cdot 0.22 \cdot 10^8 = 1.21 \cdot 10^8 \text{ Па}$. В [7] отмечается хорошее совпадение с экспериментом [3] найденных значений давления p_2 .

Наконец, радиус «пятна» ударной волны R из геометрических соображений (рис. 4) можно найти как

$$R = \frac{L_* + D_v}{L_* + L_0} r_0 = \frac{158.1 + 150}{158.1 + 23.83} \cdot 13.64 = 23 \text{ мм}.$$

Для того, чтобы получить оценки снизу и сверху для затухания ударной волны при распространении в газе внутри сосуда и, соответственно, для газодинамического воздействия на стенки сосуда, были проведены расчеты с помощью программы GMP2 в двумерной осесимметричной постановке. Для моделирования реального трехмерного движения были выбраны варианты геометрии (0x – ось симметрии), приведенные на рис. 7. Стенки сосуда моделируются граничным условием «жесткая стенка». Отметим, что вариант А геометрии является сечением по оси удара и оси цилиндрического сосуда, а вариант В – сечением по оси удара в поперечной плоскости сосуда, так что оба варианта геометрии представляют различное стеснение

движения газа и должны давать оценку снизу и сверху для газодинамического воздействия на стенки сосуда.

Диаметр сосуда $D_v = 15 \text{ см}$.

Газ (азот) в сосуде описывается уравнением состояния совершенного газа с $\kappa = 1.4$.

В начальный момент времени расчета принималось равномерное распределение параметров газа в области возмущенного газа I, а сама область I представляла собой конус с центром в точке удара с полусферическим закруглением (рис. 7): высота конуса L_0 , радиус основания конуса и полусферы r_0 , объем

$$V_0 = \frac{1}{3} \pi \cdot r_0^2 \cdot L_0 + \frac{2}{3} \pi \cdot r_0^3.$$

Начальные размеры области возмущенного газа I задавались, исходя из приведенных выше оценок:

$$L_0 = 2.383 \text{ см}, r_0 = 1.364 \text{ см}, V_0 = 9.958 \text{ см}^3. \quad (34)$$

В начальный момент времени в области II задавался невозмущенный газ с параметрами (скорость, плотность, внутренняя энергия, давление):

$$u_{II} = 0, \rho_{II} = \rho_0 = 0.0184 \text{ г/см}^3, \\ E_{II} = E_0 = 0.2174 \text{ кДж/г}, p_{II} = p_0 = 0.0016 \text{ ГПа}.$$

Возмущение газа в области I в результате воздействия мелких осколков моделировалось в предположении о том, что мелкие

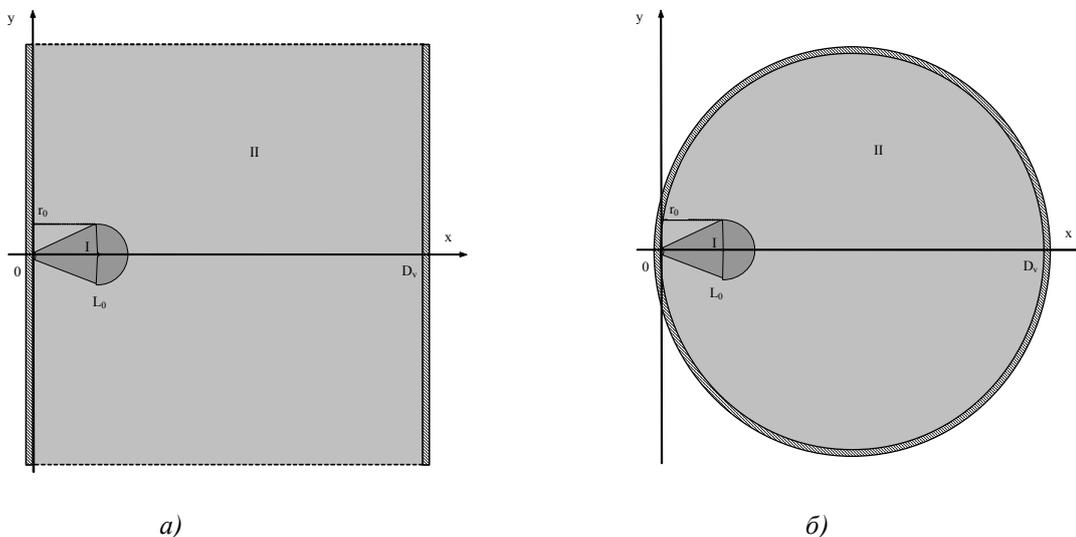


Рис. 7. Геометрия расчетов: а) вариант А; б) вариант В

осколки ударника и передней стенки передали весь свой импульс в ударно-волновое движение газа в области I, толкая его как поршень. При этом параметры газа (скорость, плотность, внутренняя энергия, давление) стали следующими (по соотношениям для сильной ударной волны):

$$u_I = v_f,$$

$$\rho_I = \rho_0 \cdot \frac{\kappa + 1}{\kappa - 1},$$

$$p_I = \frac{\kappa + 1}{2} \cdot \rho_0 \cdot v_f^2,$$

$$E_I = \frac{p_I}{(\kappa - 1) \cdot \rho_I}.$$

Скорость ударной волны

$$D_I = \frac{\kappa + 1}{2} \cdot v_f.$$

Подставляя скорость толкающих оскол-

ков $v_f = 4.54 \text{ км/с}$ и плотность покоящегося газа перед волной $\rho_0 = 0.0184 \text{ г/см}^3$, получаем в этом случае параметры газа в области I:

$$\begin{aligned} u_I &= 4.54 \text{ км/с}, \rho_I = 0.1104 \text{ г/см}^3, \\ E_I &= 10.3057 \text{ кДж/г}, p_I = 0.4551 \text{ ГПа} \text{ и} \\ D_I &= 5.448 \text{ км/с}. \end{aligned}$$

На рис. 8 приведены результаты расчетов: давление на задней стенке сосуда в зависимости от времени (в осевой точке ($y=0$), в месте расположения датчика в опыте №15 [3] ($y=10 \text{ мм}$), на радиусе «пятна ударной волны» (см. выше, $y=25 \text{ мм}$) и в осевой точке для расчета по варианту В).

В опыте №15 [3] датчик зарегистрировал приход ударной волны на время $t \approx 43.5 \text{ мкс}$ с момента удара, максимальное давление $P_{max} \approx 0.133 \text{ ГПа}$ на время $t \approx 53 \text{ мкс}$.

Чтобы получить время с момента удара, к полученному в расчете времени прихода ударной волны к задней стенке и времени максимума давления надо прибавить время формирования начальных условий для газодинамических расчетов, по оценкам равное

$$\tau = \frac{r_0}{v_r} = \frac{r_0}{v_p} \cdot \frac{1 + \chi^2}{\chi}.$$

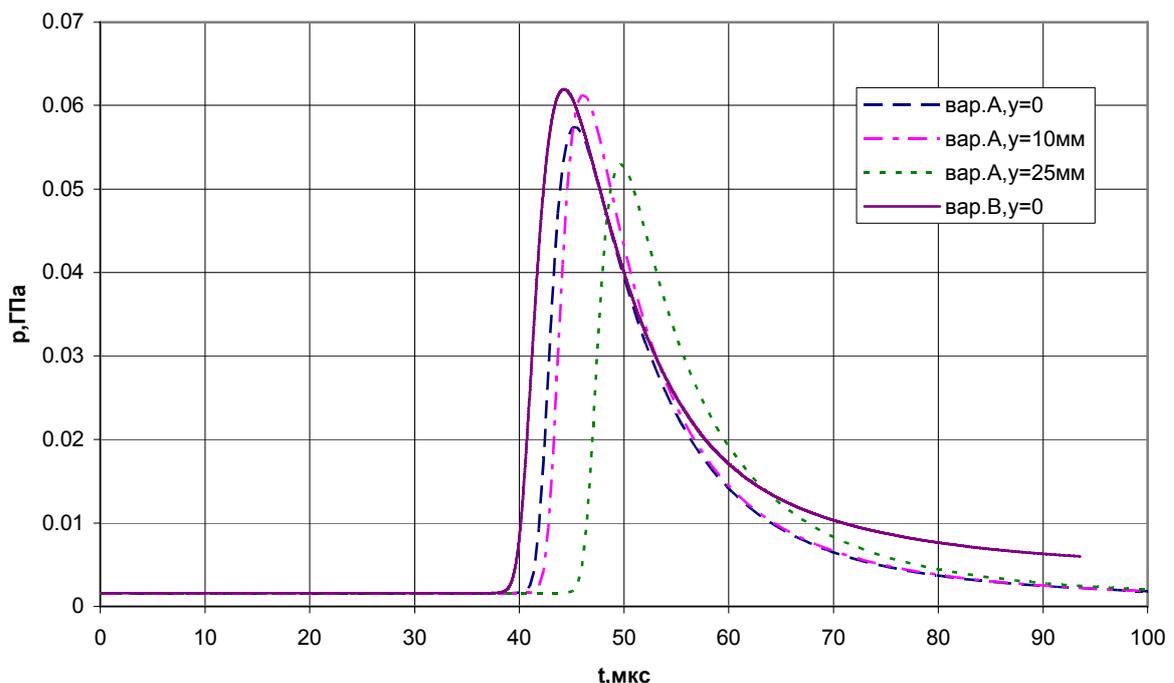


Рис. 8. Давление на задней стенке сосуда в зависимости от времени

В рассмотренном случае $v = 7.3$ км/с, $r_0 = 1.364$ см, $\chi = 1.26$, тогда $\tau = 3.84$ мкс.

Учитывая это, получаем хорошее соответствие результатов расчета экспериментальным данным по временам: в расчете время прихода ударной волны к задней стенке ~ 44 мкс с момента удара, а время максимума давления ~ 50 мкс.

Однако расчетное давление в отраженной от задней стенки волне $P_{max} \approx 0.06$ ГПа, что примерно в 2 раза меньше измеренного (измеренное максимальное давление $P_{max} \approx 0.133$ ГПа) и в несколько раз меньше полученного в приведенных выше оценках. По-видимому, в оценках давление получилось слишком большим из-за недостаточного учета боковой разгрузки волны. Занижение давления в расчете связано с тем, что предположения, принятые при постановке расчетов, не вполне адекватны реальности: скорее всего, в эксперименте мелкие осколки ударника и передней стенки не останавливаются к моменту времени τ после удара, а продолжают двигаться к задней стенке, «подпитывая» ударную волну.

Список литературы

1. Динамика удара. - М.: Мир, 1985. - 296 с.
2. Reimerdes H.-G., Stecher K.-H., Lambert M. Ballistic limit equations for the COLUMBUS – double bumper shield concept. Proc. First Eur. Conf. On Space Debris, 1993. – P. 433-439.
3. Telitchev I. Y. Fracture mechanics analysis of impact damages pressure vessels. Freiburg, 1997. – 58 pp.
4. Shafer F., Schneider E., Lambert M. An experimental study to investigate hypervelocity impacts on pressure vessels. Proc. Second Eur. Conf. On Space Debris, Darmstadt, March 17-19, 1997 (ESA SP-393, 2003, P. 435-444).
5. Maveyraud C., Vila J.P., Sornette D., Le Floc'h C., Dupillier J.M., Salome R. Numerical modelling of the behaviour of high pressure vessel under hypervelocity impact. Mec. Ind., 2001, vol. 2. – P. 57-62.
6. Bashurov V. V., Ioilev A. G. SPH-code KERNEL: Three-Dimensional Numerical Simulation Of Hypervelocity Perforation. Proc. Third European Conference on Space Debris, Darmstadt, March 19-21, 2001 (ESA SP-473, 2001, pp.629-637).
7. Telitchev I. Y., Eskin D., Engineering model for simulation of debris cloud propagation inside gas-filled pressure vessels. Int. J. Impact Engng., 2003, vol. 29. – P. 691-712.
8. Telitchev I. Y., Prokhorov A. G. Damage Parameters Analysis of Shielded Pressure Vessels under Space Debris Impact, Proc. Second Europ. Conf. On Space Debris, Darmstadt, March 17-19, 1997 (ESA SP-393, 1997, pp.549-551).
9. Grasso F., Purpura C., Chanetz B., Dйлery J. Type III and IV shock/shock interferences: theoretical and experimental aspects. Aerospace Science and Technology, 2003, vol. 7, No. 2, p. 93-106.
10. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука. 1987. – 840 с.
11. Петров К. П. Аэродинамика тел простейших форм. - М.: Факториал, 1998. – 432 с.
12. Piekutowski A. J. Simple dynamic model for the formation of debris clouds. Int. J. Impact Engng., 1990, vol. 10. – P. 453-471.
13. Черный Г. Г. Течения газа с большой сверхзвуковой скоростью. - М.: Физматлит, 1959. – 347 с.
14. Лебедев А. А., Чернобровкин Л. С. Динамика полета. - М.: Машиностроение, 1973. – 616 с.
15. Численное решение многомерных задач газовой динамики./ Под ред. С. К. Годунова. - М.: Наука, 1976.
16. Мельцас В. Ю., Портнягина Г. Ф., Соловьев В. П. Численное моделирование прохождения ударных волн через экранирующие решетки // ВАНТ. Серия: Математическое моделирование физических процессов, 1993, вып. 3, с. 26-31.
17. Зельдович Я. Б., Райзер Ю. П. Физика ударных волн и высокотемпературные гидродинамические явления. - М.: Наука, 1966. – 686 с.

EVALUATION OF CHANGES OF GAS PARAMETERS IN A VESSEL WHEN ITS WALL IS BROKEN THROUGH BY HIGH-VELOCITY MECHANICAL PARTICLES

© 2004 A. G. Ioilev¹, A. S. Kucherov², V. Yu. Melcsas¹, G. F. Portnyagina¹,
A. G. Prokhorov², I. Ye. Telichev³, V. G. Shakhov²

¹Russian Federal Nucleus Centre – All Russian Science Research Institute
of Experimental Physics

²Samara State Aerospace University

³University of Calgary, Canada

Simple methods of evaluating gas parameters in a vessel whose wall is broken through by high-velocity particles are suggested. It appears that in case of non-catastrophic destruction of the vessel wall the changing of the parameters of non-excited part of the gas during the time the particle, its fragments and fragments of the destroyed front wall of the vessel more to its back wall is negligible. Relationships for calculating pressure on the back vessel wall are given for four peculiar modes of vessel front wall destruction. The data can be used, in particular, to evaluate the vessel back wall destruction

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАГРЕВА СИСТЕМЫ ПОКРЫТИЕ-ОСНОВА ДВИЖУЩИМЯ РАСПЫЛИТЕЛЕМ ПРИ ПЛАЗМЕННОМ НАПЫЛЕНИИ

© 2004 В. М. Карасев

ОАО «Металлист»

Разработана методика расчета распределения температуры по сечению плоской системы покрытие-основа при плазменном напылении с учетом движения плазмотрона и наращивания покрытия. Показано, что величина температуры в приповерхностном слое напыляемого покрытия в период прохождения плазмотрона может существенно превышать значения температур в нижележащих слоях.

Повышение технико-экономических характеристик газотурбинных двигателей неразрывно связано с увеличением температуры газа на входе в турбину. Вследствие этого важное значение приобретает разработка и создание новой серии защитных покрытий, обеспечивающих высокие показатели при эксплуатации: коррозионностойкость, жаростойкость, термостойкость, эрозионностойкость.

Однако вследствие высокой тепловой интенсивности процессов, протекающих на поверхности детали, особенно в местах воздействия на нее плазменной струи, одной из основных технологических проблем является обеспечение требуемой теплонапряженности системы [1].

Для определения распределения температур в системе покрытие-основа при плазменном напылении необходимо рассмотреть воздействие усредненного (интегрального) двухфазного теплового потока на напыляемую систему [2].

Тепло, получаемое основой, состоит из следующих составляющих:

$$Q = Q_{кин} + Q_{Г} + Q_{кр} + Q_{ост} + Q_{эк} - Q_{к} - Q_{м},$$

где $Q_{кин}$ - тепло, передаваемое основе за счет перехода кинетической энергии частиц в тепловую; $Q_{Г}$ - тепло, сообщаемое основе плазменной струей; $Q_{кр}$ - тепло, выделяемое в результате кристаллизации напыленных частиц; $Q_{ост}$ - тепло, выделяемое частицами при остывании частицы до температуры поверхности; $Q_{эк}$ - тепло, выделяемое при экзотермических реакциях напыляемых материалов; $Q_{к}$ - тепло, отдаваемое поверхностью в окру-

жающую среду за счет конвективного теплообмена; $Q_{м}$ - тепло, отводимое внутрь материала подложки за счет теплопроводности.

Рассматривая физически малый объем на поверхности покрытия и заменяя процесс дискретного нанесения частиц моделью с непрерывным наращиванием напыляемого слоя, на основе уравнения теплового баланса для элемента получим граничное условие на напыляемой поверхности в виде

$$\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial z} = q(t) - \alpha_2 (T_2 - T_c), \text{ при } z = \delta(t), \quad (1)$$

где $q(t) = q_0 f(t)$, q_0 - наибольший удельный тепловой поток на оси струи, α_2 - полный усредненный коэффициент теплообмена, T_2 - температура покрытия, T_c - температура окружающей среды, z - координата по толщине системы покрытие-основа, $\delta(t)$ - координата напыляемой поверхности.

Теплота гетерогенной плазменной струи вводится в изделие через пятно нагрева, диаметр которого d_n в общем случае не совпадает с диаметром пятна напыления. Плотность теплового потока q (количество тепла, вводимого через единичную площадку поверхности пятна напыления в единицу времени) распределена по пятну нагрева неравномерно и характеризуется определенным законом распределения. В общем случае законы распределения плотности тепловой энергии, вводимой нагретыми частицами и нагретым газом, различны. Однако при настройке плазмотрона таким образом, что максимумы плотностей теплового потока совпадают, для описания суммарного теплового воздействия используют единое распределе-

ние с усредненными параметрами, определяемыми из экспериментов.

В связи с тем, что перенос и передача тепла в плазменной струе характеризуется большим числом случайных факторов, приводящих к случайному разбросу частиц различного вида по углу относительно оси струи, на основании центральной предельной теоремы теории вероятности можно считать, что распределение плотности потока тепла подчиняется нормальному закону. Этот факт получил широкое экспериментальное подтверждение.

Таким образом, распределение плотности теплового потока по плоской поверхности, перпендикулярной оси струи, можно записать в виде

$$q = q_0 \exp\left\{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right\}, \quad (2)$$

где x и y - декартовы координаты на плоской поверхности; σ - дисперсия распределения; q_0 - максимальная плотность теплового потока на оси струи при $x = y = 0$.

На основе условия нормировки соотношения (2) на полный тепловой поток N величину q_0 можно представить в виде $q_0 = N/2\pi\sigma^2$ или записать соотношение (2) следующим образом:

$$q = \frac{N}{2\pi\sigma^2} \exp\left\{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right\}. \quad (3)$$

Часто вместо дисперсии σ используют коэффициент сосредоточенности струи $k = 1/2\sigma^2$ или диаметр пятна нагрева d_n , определяемый из условия

$$d_n = 2\left(2\sigma^2 \ln \frac{q_0}{q}\right)^{0.5} = 4,895\sigma. \quad (4)$$

Надо отметить, что с ростом дистанции напыления плотность распределения (3) сохраняет вид нормального закона, однако величина σ или соответствующий ей диаметр пятна нагрева d_n возрастают.

Для определения распределения плотности теплового потока часто используется δ -функция

$$q = q_0 \delta(z, y). \quad (5)$$

Основное удобство применения δ -функции связано с возможностью получения замкнутых аналитических выражений в тепловых задачах, а получаемая точность решения тем выше, чем меньше диаметр пятна нагрева d_n моделируемой плазменной струи.

Практический интерес представляет возможность расчета распределения температуры по толщине системы покрытие-основа с учетом периодического воздействия плазменной струи на систему и увеличения при этом толщины покрытия. При достаточно высокой мощности тепловой дуги и значительной скорости перемещения плазмотрона распределение удельного теплового потока двухфазной струи по площади пятна нагрева может быть описано законом нормального распределения:

$$q(r) = q_0 \exp(-kr^2), \quad (6)$$

где $r = (x - Vt)^2 + y^2$, k - коэффициент сосредоточенности теплового потока струи, V - скорость движения плазмотрона.

Зафиксируем на поверхности напыления некоторую произвольную точку, например с координатами $x=y=0$. Тогда плотность теплового потока при первом единичном проходе плазмотрона через данную точку можно записать в виде

$$q(r) = q_0 \exp(-kV^2t^2). \quad (7)$$

При напылении плазмотрон проходит периодически над данной точкой с интервалом времени t_1 , а двухфазная струя воздействует на эту точку в течение времени $t_2 = d_x/V$, где d_x - диаметр пятна напыления. В течение времени t_2 происходит наращивание покрытия с некоторой скоростью $d\delta/dt$. Эти процессы схематически представлены на рис. 1. В этом случае плотность теплового потока можно записать в виде

$$q(t) = \sum_{n=1}^N q_n(t) - \{\eta[t - (n-1)t_1] - \eta[t - (n-1)t_1 - t_2]\}, \quad (8)$$

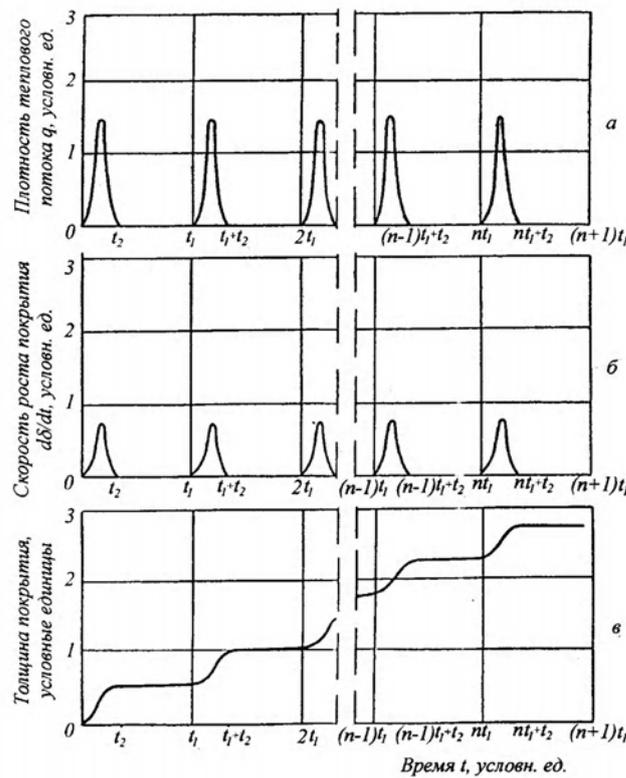


Рис. 1. Схема периодического воздействия двухфазной плазменной струи на систему покрытие-основа

$$q_n(t) = q_0 \exp \left\{ -kV^2 \times [t - (n-1)t_1 - 0,5t_2]^2 \right\}, \quad (9)$$

где $\eta(t)$ - асимметричная единичная функция, индекс n соответствует количеству проходов плазматрона над данной точкой, а диаметр пятна напыления d_n связан с коэффициентом сосредоточенности нормального кругового источника соотношением $d_n = 2(\ln 20)^{0,5} k^{0,5}$.

Аналогично можно представить скорость роста покрытия и увеличение его толщины в виде

$$\frac{d\delta}{dt} = V_z(t) \left\{ \eta [t - (n-1)t_1] - \eta [t - (n-1)t_1 - t_2] \right\} \quad (10)$$

$$\delta(t) = \begin{cases} (n-1)\delta_0 + \int_{(n-1)t_1}^t V_z(\tau) d\tau, & t \in [(n-1)t_1, (n-1)t_1 + t_2] \\ n\delta_0, & t \in [(n-1)t_1 + t_2, nt_1], \end{cases} \quad (11)$$

где $\delta_0 = \int_0^{t_2} V_z(\tau) d\tau$ - толщина покрытия, получаемая за единичный проход плазматрона;

$V_z(t)$ - скорость роста покрытия в период прохождения плазматрона над рассматриваемой точкой поверхности.

Таким образом, математическую модель тепловой задачи при напылении покрытия на основу в форме пластины при усредненных по температуре теплофизических параметрах можно записать в виде

$$\frac{\partial T_2}{\partial t} = a_2^2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial z^2}, \quad 0 < z \leq \delta(t); \quad (12)$$

$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = a_1^2 \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2}, \quad -h < z \leq 0; \quad (13)$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_2}{\partial z} = q(t) - a_2(T_2 - T_c), \quad z = \delta(t); \quad (14)$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial z} = a_1(T_1 - T_c), \quad z = -h; \quad (15)$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial z} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial z}, \quad T_1 = T_2, \quad z = 0; \quad (16)$$

$$T_1(z, 0) = T_0, \quad (17)$$

где T_1 – температура основы; T_0 – начальная температура системы; a_i, λ_i – коэффициенты температуропроводности и теплопроводности основы ($i = 1$) и покрытия ($i = 2$), соответственно.

Для удобства решения краевой задачи (12)-(17) введем безразмерные переменные

$$\xi = \frac{z}{h}, \zeta = \frac{\delta}{h}, Fo = \frac{a_1^2 t}{h^2}, \theta_i = \frac{T_i - T_0}{T_0 - T_c}, i = 1, 2 \quad (18)$$

и параметры

$$Bi_1 = \frac{a_1 h}{\lambda_1}, Bi_2 = \frac{a_2 h}{\lambda_2}, k_\lambda = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}, k_a = \frac{a_1^2}{a_2^2},$$

$$\beta = kh^2, Ki_0 = \frac{hq_0}{\lambda_2(T_0 - T_c)},$$

$$Fo_1 = \frac{a_1^2 t_1}{h^2}, Fo_2 = \frac{a_2^2 t_2}{h^2}, Pe_z = \frac{hV_z}{a_1}, Pe = \frac{hV}{a_1}. \quad (19)$$

Краевая задача (12)-(17) в обозначениях (18), (19) примет следующий вид:

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial Fo} = k_a \frac{\partial^2 \theta_2}{\partial \xi^2}, \quad 0 < \xi \leq \zeta(Fo); \quad (20)$$

$$\frac{\partial \theta_1}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 \theta_1}{\partial \xi^2}, \quad -1 < \xi \leq 0; \quad (21)$$

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial \xi} = Ki(Fo) - Bi_2(1 + \theta_2), \quad \xi = \zeta(Fo); \quad (22)$$

$$\frac{\partial \theta_1}{\partial \xi} = Bi_1(1 + \theta_1), \quad \xi = -1; \quad (23)$$

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial \xi} = k_\lambda \frac{\partial^2 \theta_1}{\partial \xi^2}, \quad \theta_2 = \theta_1, \quad \xi = 0; \quad (24)$$

$$\theta_1(\xi, 0) = 0. \quad (25)$$

Соотношения (8)-(11), определяющие $q(t)$ и $\delta(t)$, в обозначениях (18),(19) преобразуются к следующему виду:

$$Ki(Fo) = Ki_0 \sum_{n=1}^N f_n(Fo) \{ \eta[Fo - (n-1)Fo_1] - \eta[Fo - (n-1)Fo_1 - Fo_2] \}, \quad (26)$$

$$f_n(Fo) = \exp \left\{ -\beta Pe^2 \left[Fo - (n-1)Fo_1 - \frac{1}{2} Fo_2 \right] \right\}, \quad (27)$$

$$\zeta(Fo) = \begin{cases} (n-1)\zeta_0 + \int_{(n-1)Fo_1}^{Fo} Pe_z(\tau) d\tau, & (n-1)Fo_1 \leq Fo \leq (n-1)Fo_1 + Fo_2, \\ n\zeta_0, & (n-1)Fo_1 + Fo_2 < Fo \leq nFo_1. \end{cases} \quad (28)$$

Решение краевой задачи (20)-(28) в покрытии будем искать, используя метод дифференциальных рядов [3, 4]. Представим температуру в растущем слое в виде формального ряда

$$\theta_2(\xi, Fo) = \sum_{n=0}^{\infty} k_a^2 \theta_2^{(n)}. \quad (29)$$

Члены ряда (29) удовлетворяют следующим дифференциальным уравнениям:

$$\frac{\partial^2 \theta_2^{(0)}}{\partial \xi^2} = 0; \quad (30)$$

$$\frac{\partial^2 \theta_2^{(n)}}{\partial \xi^2} = \frac{\partial \theta_2^{(n-1)}}{\partial Fo}, \quad n \geq 1 \quad (31)$$

и граничными условиям:

$$\left. \frac{\partial \theta_2^{(0)}}{\partial \xi} \right|_{\xi=\zeta} = Ki - Bi_2(1 + \theta_2^{(0)});$$

$$\theta_2^{(0)}(0, Fo) = \theta_1(0, Fo);$$

$$\left. \frac{\partial \theta_2^{(n)}}{\partial \xi} \right|_{\xi=\zeta} = 0;$$

$$\theta_2^{(n)}(0, Fo) = 0.$$

Интегрируя (30) с граничными условиями, находим

$$\theta_2^{(0)} = \theta_1(0, Fo) + \xi [Ki - Bi_2(1 + \theta^*)], \quad (32)$$

где $\theta^* = \theta_2(\zeta, Fo)$.

Подставив (32) в (31) для $n = 1$, после интегрирования будем иметь

$$\theta_2^{(1)} = -\xi \left\{ \frac{1}{2} \left(\zeta^2 - \frac{1}{3} \zeta^2 \right) \left[\frac{dKi}{dFo} - Bi_2 \frac{d\theta^*}{dFo} \right] + \left(\zeta - \frac{1}{2} \zeta \right) \frac{d\theta_1(0, Fo)}{dFo} \right\}. \quad (33)$$

Подставляя (32), (33) в (29), получим

$$\theta_2(\xi, Fo) = \theta_1(0, Fo) + \xi [Ki - Bi_2(1 + \theta^*)] - k_a \xi \times \left\{ \frac{1}{2} \left(\zeta^2 - \frac{1}{3} \zeta^2 \right) \left[\frac{dKi}{dFo} - Bi_2 \frac{d\theta^*}{dFo} \right] + \left(\zeta - \frac{1}{2} \zeta \right) \frac{d\theta_1(0, Fo)}{dFo} \right\}, \quad (34)$$

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial \xi} = Ki - Bi_2(1 + \theta^*) - k_a(\zeta - \xi) \times \left\{ \frac{\zeta + \xi}{2} \left[\frac{dKi}{dFo} - Bi_2 \frac{d\theta^*}{dFo} \right] + \frac{d\theta_1(0, Fo)}{dFo} \right\}. \quad (35)$$

Подставляя (34), (35) в (24) и пренебрегая членами порядка малости ζ^k , $k \geq 2$, получим следующее условие на стационарной границе $\xi=0$:

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial \xi} \Big|_{\xi=0} = \Psi(Fo) - \frac{Bi_2}{k_\lambda} (1 + \theta_1(0, Fo)) - \frac{k_a}{k_\lambda} \zeta \frac{\partial \theta_1}{\partial Fo} \Big|_{\xi=0}, \quad (36)$$

где

$$\Psi(Fo) = \frac{Ki}{k_\lambda} - \frac{1}{k_\lambda} [Ki - Bi_2(1 + \theta_1(0, Fo))] \frac{Bi_2 \zeta}{1 + Bi_2 \zeta}. \quad (37)$$

Таким образом, для основы (со стационарными границами $\xi = -1$, $\xi = 0$) может быть сформулирована следующая краевая задача теплопроводности:

$$\frac{\partial \theta_1}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 \theta_1}{\partial \xi^2}; \quad -1 \leq \xi \leq 0; \quad (38)$$

$$\frac{\partial \theta_1}{\partial \xi} \Big|_{\xi=-1} = Bi_1(1 + \theta_1(-1, Fo)); \quad (39)$$

$$\frac{\partial \theta_1}{\partial \xi} \Big|_{\xi=0} = \Psi(Fo) - \frac{Bi_2}{k_\lambda} (1 + \theta_1(0, Fo)) - \frac{k_a}{k_\lambda} \frac{\partial \theta_1}{\partial Fo} \Big|_{\xi=0}; \quad (40)$$

$$\theta_1(\xi, 0) = 0. \quad (41)$$

Из (33), (40) видно, что в отличие от решения, рассматриваемого в [4], данная постановка краевой задачи учитывает потери тепла на нагрев нижележащих слоев покрытия, определяемые последними членами этих соотношений, что имеет большое значение для задач с быстроперемещающимися источниками тепла.

Систему уравнений (38)-(41) будем решать, используя преобразование Лапласа по переменной Fo . Применяя прямое преобразование Лапласа к (38), получим

$$\frac{\partial^2 \Phi(\xi, s)}{\partial \xi^2} = s\Phi(\xi, s), \quad (42)$$

где $\Phi(\xi, s)$ - образ функции $\theta_1(\xi, Fo)$.

Применяя преобразование Лапласа к граничным условиям (39), (40), получим

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \xi} \Big|_{\xi=-1} = \frac{Bi_1}{s} + Bi_1 \Phi(-1, s); \quad (43)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \xi} \Big|_{\xi=0} = \Psi(s) - \frac{Bi_2}{k_\lambda} \left[\frac{1}{s} + \Phi(0, s) \right] - \frac{k_a}{k_\lambda} s\Phi(0, s). \quad (44)$$

Система уравнений (42)-(44) образует краевую задачу типа Штурма-Лиувилля для функции $\Phi(\xi, s)$ на отрезке $-1 \leq \xi \leq 0$, решение которой будем искать в виде

$$\Phi(\xi, s) = A(s)ch(\sqrt{s}\xi) + B(s)sh(\sqrt{s}\xi). \quad (45)$$

Подставив (45) в (43) и (44), находим

$$A(s) = \left(\left(\Psi(s) - \frac{Bi_3}{s} \right) (\sqrt{s} ch\sqrt{s} + Bi_1 sh\sqrt{s}) - \frac{Bi_2}{\sqrt{s}} \right) / W(s);$$

(46)

$$B(s) = \left(\left(\Psi(s) - \frac{Bi_3}{s} \right) (Bi_1 ch\sqrt{s} + \sqrt{s} sh\sqrt{s}) + Bi_1 \left(\frac{Bi_3}{s} + \bar{k}_a \right) \right) / W(s),$$

(47)

где $Bi_3 = Bi_2/k_\lambda$, $\bar{k}_a = k_a/k_\lambda$,

$$W(s) = (Bi_2 + Bi_3 + \bar{k}_a s) \sqrt{s} ch\sqrt{s} + [s + Bi_2(Bi_3 + \bar{k}_a s)] sh\sqrt{s}. \quad (48)$$

Подставив (46), (47) в (45) и проведя необходимые преобразования, получим

$$\Phi(\xi, s) = \Psi(s) \frac{X_1(\xi, s)}{Y(s)} - \frac{X_2(\xi, s)}{sY(s)}, \quad (49)$$

где
$$X_1 = \left(ch\sqrt{s} + \frac{Bi_1}{\sqrt{s}} sh\sqrt{s} \right) ch(\sqrt{s} \xi) + \left(\frac{Bi_1}{\sqrt{s}} ch\sqrt{s} + sh\sqrt{s} \right) sh(\sqrt{s} \xi),$$

$$X_2 = \left[Bi_1 + Bi_3 \left(ch\sqrt{s} + \frac{Bi_1}{\sqrt{s}} sh\sqrt{s} \right) \right] ch(\sqrt{s} \xi) + \left[Bi_3 \left(\frac{Bi_1}{\sqrt{s}} ch\sqrt{s} + sh\sqrt{s} \right) - \frac{Bi_1}{\sqrt{s}} (Bi_3 + \bar{k}_a s) \right] sh(\sqrt{s} \xi), \quad (50)$$

$$Y = (Bi_1 + Bi_3 + \bar{k}_a s) ch\sqrt{s} + \left(\sqrt{s} (1 + \bar{k}_a Bi_1) + Bi_3 \frac{Bi_1}{\sqrt{s}} \right) sh\sqrt{s}.$$

Оригинал (49) удовлетворяет условиям теоремы разложения, а полюса знаменателя $Y(s)=0$ образуют бесчисленное множество, определяемое корнями характеристического уравнения

$$tg\mu = -\mu \frac{\bar{k}_a \mu^2 - Bi_1 - Bi_3}{\mu^2 (1 + \bar{k}_a Bi_1) - Bi_1 Bi_3}, \mu > 0, n \geq 1, \quad (51)$$

где $\mu = i\sqrt{s}$, $ch\sqrt{s} = \cos i\sqrt{s} = \cos \mu$,

$$sh\sqrt{s} = \frac{1}{i} \sin i\sqrt{s} = \frac{1}{i} \sin \mu.$$

Для дальнейших преобразований найдем $Y'(s)$, подставив в (50) вместо s величину

$$s_n = -\mu_n^2 (n = 1, 2, \dots):$$

$$Y'(s) = \lim_{s \rightarrow \mu_n^2} Y'(s) = \frac{1}{2\mu_n^3} \left\{ \left[(1 + Bi_1 \bar{k}_a + 2\bar{k}_a) \mu_n^3 - Bi_1 Bi_3 \right] \cos \mu_n - \left[\bar{k}_a \mu_n^n - (1 + Bi_1 \bar{k}_a + Bi_1 + Bi_3) \mu_n^2 - Bi_1 Bi_3 \right] \sin \mu_n \right\}. \quad (52)$$

Искомый оригинал представим в виде разности

$$\theta_1(\xi, Fo) = u_1(\xi, Fo) - u_2(\xi, Fo),$$

где u_2 - оригинал выражения $X_2(\xi, s)/sY(s)$.

Нулевой член разложения u_2 найдем, используя теорему разложения

$$u_2^{(0)} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{X_2(\xi, s)}{[sY(s)]'_s} = 1, u_2(\xi, Fo) = u_2^{(0)} + \sum_{n=1}^{\infty} u_2^{(n)}, \quad (53)$$

$$\text{где } u_2^{(n)} = -e^{-\mu_n^2 Fo} \frac{X_2(\xi, -\mu_n^2)}{\mu_n^2 Y'(-\mu_n^2)} = -2e^{-\mu_n^2 Fo} \frac{A_n \cos \mu_n \xi + B_n \sin \mu_n \xi}{D_n}, \quad (54)$$

$$A_n = \mu_n (Bi_1 + Bi_3 \cos \mu_n) + Bi_1 Bi_3 \sin \mu_n; \quad (55)$$

$$B_n = \mu_n (Bi_3 \cos \mu_n + Bi_1 \bar{k}_a \mu_n) + Bi_1 Bi_3 (\cos \mu_n - 1); \quad (56)$$

$$D_n = \left[(1 + Bi_1 \bar{k}_a + 2\bar{k}_a) \mu_n^3 - Bi_1 Bi_3 \right] \cos \mu_n - \left[\bar{k}_a \mu_n^n - (1 + Bi_1 \bar{k}_a + Bi_1 + Bi_3) \mu_n^2 - Bi_1 Bi_3 \right] \sin \mu_n. \quad (57)$$

Окончательно получаем

$$u_2(\xi, Fo) = 1 - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n \cos \mu_n \xi}{D_n} e^{-\mu_n^2 Fo}. \quad (58)$$

При отыскании $u_1(\xi, Fo)$ применим теорему о свертке

$$u_1(\xi, Fo) = \int_0^{Fo} \Psi(Fo - \tau) V(\xi, \tau) d\tau, \quad (59)$$

где $Y(x, Fo)$ определяется (37), а $V(x, t)$ - оригинал выражения $X_2(s)/Y(s)$ - имеет вид

$$V(\xi, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{X_2(\xi, -\mu_n^2)}{Y'(-\mu_n^2)} e^{-\mu_n^2 \tau}$$

с учетом, что все полюса $Y(s)$ существенно положительны.

Используя теорему разложения, ранее вычисленные значения $Y'(-\mu_n^2)$ (52) и обозначения (57), получаем

$$V(\xi, \tau) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\bar{A}_n \cos \mu_n \xi + \bar{B}_n \sin \mu_n \xi}{D_n} e^{-\mu_n^2 Fo}, \quad (60)$$

где $\bar{A}_n = \mu_n^2 (\mu_n \cos \mu_n + Bi_1 \sin \mu_n)$; (61)

$$\bar{B}_n = \mu_n^2 (Bi_1 \cos \mu_n + \mu_n \sin \mu_n). \quad (62)$$

Теперь искомую относительную избыточную температуру можно представить в виде

$$\theta_1(\xi, Fo) = -1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n \cos \mu_n \xi + B_n \sin \mu_n \xi}{D_n} e^{-\mu_n^2 Fo} + 2 \int_0^{Fo} \Psi(Fo - \tau) \times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\bar{A}_n \cos \mu_n \xi + \bar{B}_n \sin \mu_n \xi}{D_n} e^{-\mu_n^2 \tau} d\tau. \quad (63)$$

Подставляя в (63) вместо $\Psi(Fo)$ ее выражение (37), получим

$$\theta_1(\xi, Fo) = -1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n \cos \mu_n \xi + B_n \sin \mu_n \xi}{D_n} e^{-\mu_n^2 Fo} + 2 \int_0^{Fo} \frac{Ki(Fo - \tau) k_{\lambda}^{-1} + Bi_2 Bi_3 (Fo - \tau)}{1 + Bi_2 \zeta (Fo - \tau)} \times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\bar{A}_n \cos \mu_n \xi + \bar{B}_n \sin \mu_n \xi}{D_n} \times e^{-\mu_n^2 \tau} d\tau + 2 Bi_3 \int_0^{Fo} \theta_2(0, Fo - \tau) \frac{Bi_2 \zeta (Fo - \tau)}{1 + Bi_2 \zeta (Fo - \tau)} \times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\bar{A}_n \cos \mu_n \xi + \bar{B}_n \sin \mu_n \xi}{D_n} e^{-\mu_n^2 Fo} d\tau. \quad (64)$$

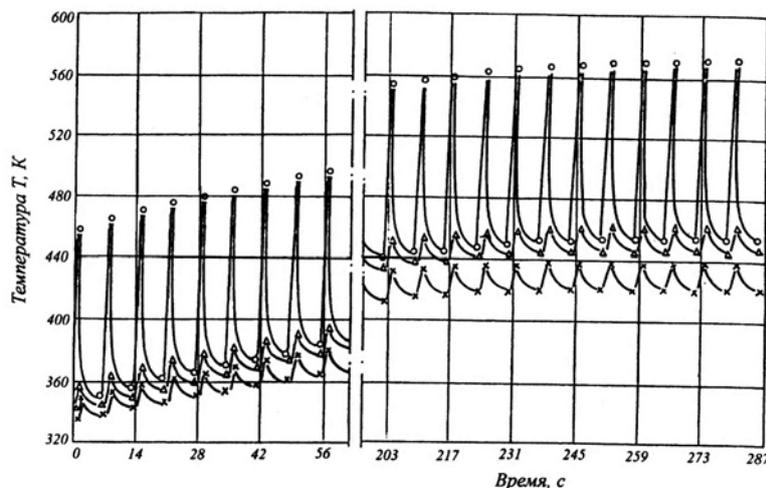


Рис. 2. Температура системы покрытие Ni-Co-Cr-Al-Y (o) и основы (Δ , \times) на глубине $z = -0,5h$ в зависимости от времени напыления:

o, Δ - расчет; \times - эксперимент

В последнее уравнение входит неизвестная функция (температура границы) $\theta_1(0, Fo) = \theta_2(0, Fo)$. Положив в (64) $\xi = 0$, получим интегральное уравнение для определения $\theta_1(0, Fo)$:

$$f(Fo) = \theta_1(0, Fo) = -1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n}{D_n} e^{-\mu_n^2 Fo} + 2 \int_0^{Fo} \frac{Ki(Fo - \tau) k_{\lambda}^{-1} + Bi_2 Bi_3 \zeta(Fo - \tau)}{1 + Bi_2 \zeta(Fo - \tau)} \times \times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\bar{A}_n}{D_n} e^{-\mu_n^2 F\tau} d\tau + 2 Bi_3 \int_0^{Fo} f(Fo - \tau) \times \times \frac{Bi_2 \zeta(Fo - \tau)}{1 + Bi_2 \zeta(Fo - \tau)} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\bar{A}_n}{D_n} e^{-\mu_n^2 F\tau} d\tau. \quad (65)$$

Полученное интегральное уравнение типа Вольтерра II рода (65) решалось методом последовательных приближений с учетом малости параметра

$$\left| \frac{Bi_2 \zeta(Fo)}{1 + Bi_2 \zeta(Fo)} \right| \ll 1.$$

Функции $K_i(Fo)$, $\zeta(Fo)$, входящие в (64), (65), определяются соотношениями (26)-(28).

Таким образом, расчет распределения температур в системе покрытие-основа проводится по следующей схеме:

1. Задаются технологические параметры напыления: h , a_p , λ_p , a_i^2 , T_o , T_c , q_o , V_z , V , t_p , d_p , N .

2. Вычисляются безразмерные параметры: Bi , k_a , k_{λ} , b ,

$$Pe = hV/a_1^2, Fo_1 = a_1^2 t_1/h^2, Fo_2 = a_1^2 d_H/h^2 V,$$

$$\zeta_0 = V_z d_H/Vh, \bar{k}_a = k_a/k_{\lambda}.$$

3. Методом последовательных приближений из уравнения (65) вычисляется функция $\theta_1(0, Fo) = f(Fo)$, а из соотношения (64) вычисляется $\theta_1(x, Fo)$.

4. По соотношениям (26)-(28) и (36) по разработанной программе проводится расчет распределения температуры покрытие-основа для различных видов тепловых источников.

Разработанная методика позволяет эффективно проводить расчет теплонапряжен-

ности изделий типа пластин при плазменном нанесении покрытий.

Исследование температур в системе покрытие-основа в зависимости от технологических параметров и времени напыления проводилось на образцах размером $40 \times 40 \times 4$ мм, в центре которых на глубине 2 мм зачеканивалась хромель-алюмелевая термопара с диаметром электродов 0,1 мм. Запись температуры производилась самописцем КСП-4. Напыление покрытий в зависимости от состава исходного материала производилось на режиме: сила тока 400 А; расход аргона $8,3 \cdot 10^{-4}$ м³/с; расход водорода $1,7 \cdot 10^{-4}$ м³/с; расход материала $5 \cdot 10^{-4}$ кг/с; линейная скорость перемещения плазмотрона $11,4 \cdot 10^{-2}$ м/с. При изучении влияния режимов напыления на температуру системы покрытие-основа сила тока изменялась от 260 А до 540 А, расход аргона - от $5,6 \cdot 10^{-4}$ м³/с до $12,1 \cdot 10^{-4}$ м³/с; расход водорода - от $0,8 \cdot 10^{-4}$ м³/с до $2,5 \cdot 10^{-4}$ м³/с; дистанция напыления - от 0,08 м до 0,22 м; скорость перемещения плазмотрона - от $7,3 \cdot 10^{-3}$ м/с до $21,2 \cdot 10^{-2}$ м/с.

Сравнение результатов расчета с экспериментальными измерениями подтверждает адекватность математической модели (рис. 2). Наблюдаемое расхождение расчетной и экспериментальной температуры основы объясняются, по-видимому, инертностью термодатчика. Как видно из графика (рис. 2), температура в растущем слое может существенно превышать интегральную температуру системы, измеряемую экспериментально термодатчиком.

Таким образом, качество плазменных покрытий из порошковых материалов может регулироваться не только за счет тепла, аккумулированного отдельной частицей при ее нагреве в плазменной струе [5], но и за счет длительности и величины температурного пика, возникающего при прохождении плазмотрона над рассматриваемой точкой поверхности.

Список литературы

1. Барвинок В. А. Управление напряженным состоянием и свойствами плазменных покрытий. – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.

2. Барвинок В. А., Богданович В. И. Решение нестационарной задачи теплопроводности при наличии граничных условий первого, второго и третьего рода //Изв. ВУЗов: Авиационная техника, 198, № 2. – С. 31-35.

3. Барвинок В. А. Богданович В. И. Нестационарная задача теплопроводности с произвольно движущейся границей //Изв. АН СССР: Энергетика и транспорт, 1982, № 6. – С. 128-139.

4. Богданович В. И., Барвинок В. А., Намычкин А. С. Влияние скорости перемещения плазматрона на распределение температур при плазменном напылении //Изв. ВУЗов: Машиностроение, 1984, № 6. – С. 144-147.

5. Кудинов В. В., Иванов В. М. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий. – М.: Машиностроение, 1981. – 192 с.

MATHEMATICAL MODEL OF SYSTEM HEATING BY A MOVING SLAYER IN CASE OF PLAZMA SLAYING

© 2004 V. M. Karasev

“Metallist” Joint Stock Company

A procedure of calculating temperature distribution across the flat system coating-base has been developed. The procedure involves plasma spraying and takes account of plasmatron motion and coating build-up. It is shown that the temperature in the near-surface layer of the coating sprayed during plasmatron passage can considerably exceed the temperature magnitudes in the lower layers.

СНИЖЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО АЭРОАКУСТИЧЕСКОГО ШУМА В САЛОНЕ АВТОМОБИЛЯ ВАЗ-1118

© 2004 Е. В. Шахматов¹, С. П. Прохоров²

¹Самарский государственный аэрокосмический университет

²ОАО «АвтоВАЗ»

В статье представлен комплекс разработанных мероприятий, направленных на улучшение акустического комфорта и снижение уровня шума в салоне автомобиля ВАЗ-1118 «Калина». Приведены результаты экспериментальной оценки предложенного комплекса мероприятий.

Движение легкового автомобиля по поверхности дорожного покрытия с высокими скоростями может быть рассмотрено как перемещение в воздушном пространстве замкнутой оболочки, образующей пространство салона. Формирование соответствующего распределения полей (эпюр) давлений по внешней поверхности этой движущейся с высокими скоростями оболочки может повлечь определенное динамическое взаимодействие внешнего обтекающего воздушно-го потока с внутренним квазистабильным воздушным пространством салона автомобиля через отдельные каналы связи – негерметичности конструктивного, технологического или эксплуатационного характера. Кроме того, некоторые детали экстерьера автомобиля (зеркала, антенны, спойлеры и т.п.) могут являться активными вихреобразующими шумоактивными элементами. Данные динамические взаимодействия приводят к генерированию аэродинамического шума, проникающего в пространство салона автомобиля и неблагоприятно воздействующего на организм человека, к снижению акустического комфорта водителя и пассажиров, уменьшению привлекательности автомобиля с точки зрения потребительского спроса [1, 2].

В мировой практике распространены следующие мероприятия по снижению внутреннего шума в салоне автомобиля [1, 3]:

- использование высокоэффективных вибродемпфирующих покрытий (ламинатов) на поверхностях панелей кузова (щитках передка, пола);

- использование высокоэффективных глушителей шума систем впуска и выпуска

газов;

- применение эффективных виброизолирующих опор силового агрегата и системы выпуска отработавших газов;

- согласование акустических свойств полого пространства пассажирского салона и виброакустических свойств панелей кузова;

- увеличение звукоизоляции салона от шума качения колес и шума, генерируемого двигателем и его системами, агрегатами трансмиссии автомобиля;

- использование в салоне и моторном отсеке автомобиля цельноформованных многофункциональных деталей с высокими звукопоглощающими и звукоизолирующими характеристиками;

- применение низкошумной системы подачи и удаления воздуха из салона и т. д.

Большое значение при реализации указанных мероприятий по уменьшению шума в салоне занимает аэроакустическая доводка автомобиля в аэродинамических или аэроакустических трубах ведущих мировых научно-технических центров автомобильной индустрии.

В данной работе представлены мероприятия по доводке автомобиля ВАЗ-1118 серии 200 по аэроакустическому внутреннему шуму салона. Исследовалась модификация ВАЗ-1118 серии 200 «Норма» (рис. 1) в нескольких комплектациях в соответствии с таблицей 1. В исходном состоянии автомобиль ВАЗ-1118 был укомплектован:

- фарами-муляжами, изготовленными из фар автомобиля ВАЗ-2111;

- повторителями указателя поворота, смонтированными на фарах-муляжах;

- наружными зеркалами заднего вида серии 200;
- уплотнителями кузова серии 200;
- шинами Би-391 размерностью 175/70 R13 производства АО «Белшина».

Испытания автомобиля по внутреннему шуму проводились в аэродинамической трубе. Скорость воздушного потока определялась по перепаду давления ΔP_d между форкамерой и началом рабочей части трубы в соответствии с выражением

$$V = \sqrt{\frac{2Q}{\rho}},$$

где ρ - плотность воздуха; Q – скоростной напор воздушного потока в рабочей части:

$$Q = 1,028 \cdot \Delta P_d + 3 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta P_d^2.$$

Уровень акустических помех в неработающей аэродинамической трубе (при отсутствии воздушного потока) не превышал 50 дБА. Испытания автомобиля проводились на режимах имитации набегающего потока воздуха с постоянными скоростями 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 км/ч. Измерения уров-

ней внутреннего шума проводились в продольной плоскости симметрии автомобиля на уровне органов слуха водителя и переднего пассажира (точка Т1) и на уровне органов слуха задних пассажиров (точка Т2).

При испытаниях и обработке результатов использовалась автоматизированная система регистрации и анализа внутреннего шума, которая включает:

- цифровой частотный анализатор LD2900 производства фирмы «Ларсон-Дэвис» (США);
- микрофоны типа 4133 производства фирмы «Брюль и Кьер» (Дания);
- калибратор типа 4231 производства фирмы «Брюль и Кьер» (Дания);
- компьютер «Hewlett Packard Vectra VL», входящий в систему обработки результатов;
- программное обеспечение «Октава 3.0» фирмы «Октава +» (Россия).

В таблице 2 представлены результаты аэроакустических испытаний автомобиля ВАЗ-1118 модификации «Норма» с мероприятиями, оказывающими наибольшее влияние на аэродинамический внутренний шум салона.

Таблица 1

Список комплектаций с мероприятиями по акустической доводке салона автомобиля ВАЗ-1118 серии 200

Комплектации автомобиля	Мероприятия, соответствующие комплектации автомобиля модификации «Норма»
Комплектация 0'	Исходное состояние
Комплектация 0	Доработанное исходное состояние с термовздукоизолирующими заглушками, установленными в пустотелых сечениях силового каркаса кузова (порогах, стойках, лонжеронах)
Комплектация 1	Поверхность фар-муляжей выровнена под установку штатных стекол фар стальной лентой с дополнительной герметизацией зазоров при помощи пластилина (рисунок 1)
Комплектация 2	Дополнительно к комплектации 1 пластилином герметизированы зазоры между капотом и сопрягаемыми элементами кузова, разъем между передними крыльями и бампером. Вместо штатного брызговика двигателя установлен развитый экран низа моторного отсека, футерованный шумопоглощающим материалом LA 12,5 SE. Внешняя поверхность стекол боковых дверей при помощи жесткого картона и пластилина выведена на уровень наружной плоскости стоек кузова, пластилином герметизированы разъемы боковых дверей. В багажном отсеке пластилином герметизированы вытяжные каналы системы вентиляции салона автомобиля, а также зазоры между крышкой багажника и сопрягаемыми элементами кузова, разъем между крышкой багажника и задним стеклом автомобиля. Дополнительно пластилином герметизированы разъемы между боковинами кузова и задним бампером. Проведено дополнительное ужесточение крепления жабо к кузову
Комплектация 3	Дополнительно к комплектации 1 проведены следующие мероприятия: - герметизация разъемов боковых дверей; - герметизация разъемов между боковинами кузова и задним бампером; - ужесточение крепления жабо к кузову



Рис. 1. Автомобиль ВАЗ-1118 по комплектации 1 с поверхностью фар-муляжей, выровненной под установку штатных стекол фар стальной лентой и пластилином

Из таблицы 2 видно, что при скоростях потока воздуха 60...180 км/ч уровни внутреннего шума автомобиля ВАЗ-1118 в комплектации 0', принятой за исходное состояние, имеют достаточно высокие значения – 55,8...82,5 дБА, соответственно. При этом уровни шума в точке Т2 на 0,8...1,5 дБА выше, чем в зоне органов слуха водителя и переднего пассажира. После установки термозвукоизолирующих заглушек в пустотелых сечениях силового каркаса кузова (комплектация 0, принятая за доработанное исходное состояние)

максимальные уровни внутреннего шума автомобиля на данных режимах обдува значительно снизились (до 1,9...3,5 дБА) и составили 53,9 и 79,9 дБА при скоростях 60 и 180 км/ч, соответственно. При этом на скорости потока воздуха 100 км/ч максимальные уровни аэродинамического внутреннего шума снизились на 2,8 дБА - с 68,5 дБА до 65,7 дБА.

Таблица 2

Результаты аэроакустических испытаний автомобиля ВАЗ-1118 модификации «Норма»

Режимы имитации набегающего потока воздуха, км/ч	Комплектация 0'		Комплектация 0		Комплектация 1 (базовая)		Комплектация 2		Комплектация 3	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
60	55,2	55,8	53,1	53,9	53,1	54,0	51,2	52,1	51,2	52,4
80	62,2	63,0	59,9	60,4	59,6	60,1	58,1	59,0	57,9	59,0
100	67,3	68,5	65,4	65,7	65,3	65,5	63,6	64,4	63,3	64,3
120	71,3	72,8	69,9	70,0	69,7	69,9	68,3	69,0	68,0	68,9
140	75,2	76,3	73,5	73,7	73,4	73,5	72,5	73,7	72,3	73,5
160	78,7	80,5	77,0	76,9	76,7	76,7	75,7	76,6	75,5	76,4
180	81,0	82,5	79,9	79,8	79,6	79,5	78,6	79,1	78,3	79,1

В ходе проведения исследований по отработке мероприятий, призванных улучшить аэроакустику салона автомобиля ВАЗ-1118 серии 200, за базовое состояние принята комплектация 1, в которой дополнительно к мероприятиям, реализованным в комплектации 0, была выполнена доработка внешних поверхностей кузова, имитирующая установку штатных блок-фар на кузов автомобиля с помощью фар-муляжей. Поверхность фар-муляжей выровнена стальной лентой с дополнительной герметизацией зазоров при помощи пластилина. При этом максимальные уровни аэродинамического внутреннего шума салона по сравнению с доработанным исходным состоянием автомобиля (комплектация 0) снизились незначительно - на 0,3 дБА (таблица 2).

Практически при всех имитируемых скоростях набегающего потока воздуха, при перекрытии воздушных каналов системы охлаждения двигателя и обусловленном этим увеличении скорости набегающего потока под нижнюю зону кузова автомобиля общие уровни аэроакустического внутреннего шума возрастают до 1,3 дБА при $V = 120...180$ км/ч.

Исследования показали, что некоторые мероприятия (например, герметизация зазоров между капотом и сопрягаемыми элементами кузова, разъема между передними крыльями и бампером, установка развитого экрана низа моторного отсека, футерованного шумопоглощающим материалом LA 12,5 SE), апробированные по отдельности, не оказывают существенного влияния на уровень внутреннего шума салона. Однако их совместное применение (комплектация 2) приводит к снижению уровня шума по отношению к базовому состоянию автомобиля (таблица 2). При этом наблюдается снижение общего уровня внутреннего шума салона по отношению к базовому состоянию (комплектация 1) на 1,9 дБА при всех имитируемых скоростях набегающего потока воздуха.

Анализ уровней аэроакустических шумов в салоне автомобиля при имитации набегающего потока воздуха с постоянной скоростью 60...180 км/ч показал, что наиболее

эффективными в отношении снижения уровня внутреннего шума кузова автомобиля ВАЗ-1118 являются комплектации 2 и 3 модификации «Норма». В комплектации 2 реализованы совместно все предложенные мероприятия. В комплектации 3 оценены лишь некоторые мероприятия, а именно:

- дополнительное ужесточение крепления жаб к кузову. При обратном устранении введенного ужесточения крепления общие уровни шума увеличиваются до 1,7 дБА;

- герметизация разъемов боковых дверей с помощью пластилина. При проведении обратной разгерметизации салона общие уровни шума увеличиваются до 0,8 дБА;

- герметизация зазоров между боковинами кузова и задним бампером с помощью пластилина. При обратной разгерметизации салона общие уровни шума увеличиваются до 0,9 дБА.

Уровни внутреннего шума в салоне автомобиля ВАЗ-1118 в комплектации 3 являются достаточно близкими по значениям к уровням для комплектации 2. Разница по общим уровням не превышает 0,3 дБА. Таким образом, по отношению к базовому состоянию (комплектация 1) мероприятия, реализованные в комплектации 3, обеспечивают эффект снижения общего уровня внутреннего шума салона на 2 дБА в точке T1 и на 1,6 дБА в точке T2 и являются наиболее рациональными, так как в этом случае при меньшем числе зон герметизации пространства салона обеспечивается практически равнозначный эффект снижения уровня шума по сравнению с комплектацией 2.

В таблице 3 представлены результаты аэроакустических испытаний автомобиля ВАЗ-1118 в комплектации 3 модификации «Норма» в сравнении с импортными автомобилями-аналогами, а также среднестатистические данные по аэроакустике четырех образцов автомобилей ВАЗ-1118 серии 200 комплектации 0'.

Из сравнения результатов аэроакустических испытаний автомобилей ВАЗ-1118 и импортных автомобилей-аналогов следует, что полученные значения общих уровней

Таблица 3
 Результаты аэроакустических испытаний автомобиля ВАЗ-1118 и импортных автомобилей-аналогов

Режимы имитации набегающего потока воздуха, км/ч	ВАЗ-1118 (комплектация 3)	Seat Cordoba	VW Golf	Toyota Yaris	ВАЗ-1118 серии 200
	Максимальные значения общего уровня аэродинамического внутреннего шума, дБА				
60	52,4	54,3	53,6	54,3	56,8
80	59,0	61,3	60,1	61,1	63,9
100	64,3	66,4	65,1	66,4	69,6
120	68,9	71,1	69,4	70,7	73,7
140	73,5	74,9	73,1	74,3	77,4
160	76,4	78,1	76,3	77,5	80,6
180	79,1	80,9	78,7	80,3	83,0

внутреннего шума в салоне автомобиля ВАЗ-1118 комплектации 3 модификации «Норма» ниже по сравнению с уровнями шума современных автомобилей-аналогов. Из таблицы 3 видно, что уровни внутреннего шума кузова автомобиля ВАЗ-1118 комплектации 3 при скоростях обдува 60-180 км/ч ниже на 1,3...2,2 дБА, чем у автомобиля Seat Cordoba, и ниже на 0,8...1,9 дБА, чем у автомобиля Toyota Yaris. По отношению к автомобилю VW Golf отмечены меньшие уровни шума на 0,5...1,2 дБА при скоростях набегающего потока воздуха 60...120 км/ч. Из таблицы 3 также следует, что значения общих уровней внутреннего шума кузова автомобиля ВАЗ-1118 в комплектации 3 на режимах имитации набегающего потока воздуха 60-180 км/ч значительно ниже аналогичных средних значений уровней шума автомобилей семейства ВАЗ-1118 серии 200 в комплектации 0' на величины до 4...5 дБА, что указывает на существенное улучшение акустического комфорта в салоне автомобиля за счет проведенных доводочных мероприятий и необходимость внедрения данных мероприятий в конструкцию автомобилей семейства ВАЗ-1118.

Проведенные исследования эффективности мероприятий по снижению внутреннего аэроакустического шума в салоне автомобиля ВАЗ-1118 позволяют сделать следующие выводы.

1. Установка термозвукоизолирующих заглушек в пустотелые сечения кузова автомобиля ВАЗ-1118 на режимах имитации постоянных скоростей обдува воздушным по-

током 60, 80, 100, 120, 140, 160 и 180 км/ч снижает максимальные значения общих уровней внутреннего шума по сравнению с базовым состоянием семейства автомобилей ВАЗ-1118 серии 200 с 55,8...82,5 дБА до 53,9...79,9 дБА, соответственно. Эффект снижения максимальных значений общих уровней внутреннего шума на данных режимах обдува составляет 1,9...3,5 дБА.

2. Реализация мероприятий в комплектации 2 включает:

- герметизацию зазоров между капотом и сопрягаемыми элементами кузова, а также разъема между передними крыльями и бампером;
- установку развитого экрана низа моторного отсека, футерованного шумопоглощающим материалом LA 12.5 SE взамен штатного брызговика двигателя;
- ужесточение крепления жабо с введением дополнительных точек крепления;
- выведение внешней поверхности стекол боковых дверей на уровень наружной плоскости стоек кузова;
- герметизацию разъемов боковых дверей;
- герметизацию вытяжных каналов системы вентиляции салона в багажном отсеке автомобиля;
- герметизацию зазоров между крышкой багажника и сопрягаемыми элементами кузова, а также разъемов между крышкой багажника и задним стеклом автомобиля;
- герметизацию разъемов между боковинами кузова и задним бампером дополнительно к базовой комплектации 1 модификации «Норма».

Максимальные значения общих уровней аэродинамического внутреннего шума кузова автомобиля ВАЗ-1118 на режимах имитируемых постоянных скоростей обдува воздушным потоком 60...180 км/ч значительно ниже аналогичных значений уровней шума для автомобиля в базовом состоянии модификации «Норма» на величину ~ 1,9 дБА, что указывает на существенный дополнительный резерв улучшения акустического комфорта в салоне автомобиля при реализации указанных мероприятий повышения герметизации.

Дополнительно к базовой комплектации 1 модификации «Норма» (установлены звукотермоизолирующие пробки в пустотелые сечения силовых элементов кузова и выровнены с помощью стальной ленты поверхности фар-муляжей под установку штатных стекол фар с дополнительной герметизацией зазоров пластилином) в опытной комплектации 3 выполнены:

- ужесточение крепления жабо к кузову;
- герметизация всех разъемов боковых дверей;
- герметизация боковых разъемов кузова и заднего бампера.

В такой комплектации уровни аэродинамического внутреннего шума кузова автомобиля ВАЗ-1118 при имитации набегающего потока воздуха с постоянной скоростью 100 км/ч составляют 63,3 и 64,3 дБА в точках Т1 и Т2, соответственно. Таким образом, указанные мероприятия приводят к снижению уровня аэродинамического внутреннего шума кузова на 2 дБА в точке Т1 и на 1,2 дБА в точке Т2 и обеспечивают более рациональную комплектацию, так как при меньшем числе зон герметизации кузова обеспечивается практически равнозначный эффект снижения уровня шума по сравнению с комплектацией 2.

В комплектации 2 реализованы мероприятия, слабо изменяющие уровни аэродинамического внутреннего шума кузова автомобиля ВАЗ-1118 (разность уровней шума не превышает величин 0,2...0,5 дБА в сравнении с комплектацией 3). К таким низкоэффективным мероприятиям относятся:

- герметизация зазоров между капотом и сопрягаемыми элементами кузова, а также разъема между передними крыльями и бампером;

- герметизация вытяжных каналов системы вентиляции салонов автомобиля;

- герметизация зазоров между крышкой багажника, сопрягаемыми элементами кузова и задним стеклом автомобиля;

- выведение поверхности стекол боковых дверей на уровень наружной плоскости стоек кузова.

3. Значение общих уровней аэродинамического внутреннего шума кузова исследованных прототипов автомобилей ВАЗ-1118 серии 200 в исходном состоянии (комплектация 0') в зависимости от скоростного режима обдува в аэродинамической трубе выше аналогичных значений уровней, полученных на современных автомобилях – аналогах. Значение общих уровней аэродинамического внутреннего шума кузова автомобиля ВАЗ – 1118 после аэроакустической доводки ниже, чем у современных автомобилей – аналогов.

4. Значения достигнутых уровней аэродинамического внутреннего шума автомобиля ВАЗ-1118 модификации «Норма» на режиме обдува со скоростью воздушного потока 100 км/ч составляют 63...64 дБА, что на 1...2 дБА ниже нормируемого требования (65 дБА) на соответствующем режиме движения накатом. Данный контрольный параметр на режиме движения накатом является составным компонентом суммарного аэродинамического внутреннего шума кузова – шума, генерируемого в процессе динамического взаимодействия шин с дорожным покрытием, транслируемого через элементы подвески автомобиля, и шума от вибрационного возбуждения структуры кузова рабочими процессами в элементах трансмиссии.

5. Для уменьшения аэродинамического внутреннего шума кузова автомобилей ВАЗ-1118 целесообразно использовать следующие конструктивные и технологические мероприятия по снижению генерирования и прямой передачи виброакустической энергии от аэродинамического возбуждения набегающим воздушным потоком в салон:

- установку термозвукоизолирующих пробок в пустотелые сечения силовых элементов кузова (лонжероны, стойки, усилители);

- герметизацию разъемов всех боковых дверей и дверных проемов кузова с использованием многоконтурных массивных уплотнителей дверей с повышенной герметизацией и виброзвукоизоляцией;

- введение дополнительных уплотнительных элементов в местах сопряжения боковин кузова с задним бампером;

- ужесточение крепления жабо к кузову с введением дополнительных точек крепления;

- применение конструктивных мероприятий, ослабляющих процесс направления шумогенерирующего набегающего потока воздуха под нижнюю зону кузова за счет его перераспределения.

Все указанные мероприятия прошли экспериментальную отработку на стендовом оборудовании НТЦ ОАО «АвтоВАЗ» и обеспечивают повышение конкурентоспособности автомобилей семейства ВАЗ-1118 по акустическому комфорту в салоне.

Список литературы

1. Луканин В. Н., Гудцов В. Н., Бочаров Н. Ф. Снижение шума автомобиля. – М.: Машиностроение, 1981. – 157 с.

2. Bisping R. Emotional Effect of Car Interior Sound; Pleasantness and Power and Their Relation to Acoustic Key Features // Proceedings of the 1995 Noise and Vibration Conference. Vol. 2. -Warrendale, Society of Automotive Engineers, 1995. - P. 1203-1209.

3. Leinfellner H., Sommer D., Leiter K. On our Way Towards Silent Vehicles //AVL Proceedings. Engine and Environment. - Graz, Austria, 1996.- P.209-212.

REDUCTION OF INTERNAL AEROACOUSTIC NOISE IN A VAZ-1118 AUTOMOBILE SALON

© 2004 Ye. V. Shakhmatov¹, S. P. Prokhorov²

¹Samara State Aerospace University

²«AUTO VAZ» Joint Stock Company

The paper presents a complex of measures aimed at improving acoustic comfort and reducing noise level in the salon of VAZ-1118 “Kalina” automobile. Results of experimental assessment of the proposed complex of measures are given.

УДК 681.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

© 2004 Т. И. Михеева

Самарский государственный аэрокосмический университет

Описывается система моделирования управления движением. Рассматриваются алгоритмы локального и координированного управления («Зеленая волна»). В качестве критерия оптимальности выбрана средняя задержка транспортного средства.

Обострение проблем, связанных с развитием автомобильного транспорта, происходит на фоне роста интенсивности движения при недостаточном развитии улично-дорожной сети (УДС), особенно в городах с исторически сложившейся застройкой. Пути решения этих проблем - в развитии всей транспортно-дорожной инфраструктуры и, в частности, в развитии УДС за счет строительства мощных скоростных общегородских магистралей. Однако это требует значительных инвестиций, хотя и приведет к глобальному улучшению. Наиболее доступным путем решения этих проблем является совершенствование организации дорожного движения (ОДД) в «узком смысле», рассматриваемой как комплекс инженерных и организационных мероприятий на существующей УДС. Хотя эффективность таких мероприятий и ограничена, но их внедрение значительно менее капиталоемко.

В настоящее время имеются возможности для внедрения эффективных методов управления дорожным движением. Во многих крупнейших городах мира функционируют автоматизированные системы управления движением, технические средства которых непрерывно совершенствуются. Однако развитие комплекса технических средств организации дорожного движения (ТСОДД) опережает развитие технологий управления, что обуславливает недостаточно эффективное применение дорогостоящей техники управления дорожным движением. Так, например, перегрузка отдельных элементов УДС делает бессмысленным координацию работы светофорных объектов, составляющую основу функционирования автоматизированной си-

стемы управления дорожным движением. В этих условиях имеет особое значение развитие методического обеспечения использования традиционной номенклатуры технических средств, направленного на оптимизацию загрузки элементов УДС, что создает необходимую основу для наиболее эффективного применения автоматизации управления. Применение соответствующих методов ОДД следует рассматривать в контексте формирования комплексных схем организации движения и выделить как важнейшую задачу оценку эффективности управляющих воздействий ОДД.

Исходя из этого, следует отметить особую актуальность разработки методов решения сетевых задач ОДД - повышение эффективности и безопасности дорожного движения путем рационального распределения транспортных потоков на УДС города.

Действиями, направленными на решение таких задач, являются оптимизация работы светофорных объектов автономных перекрестков для обеспечения их максимальной пропускной способности во всех конфликтующих друг с другом направлениях, организация движения транспортных средств по оптимальным маршрутам, мониторинг текущей дорожной ситуации и принятие решений для предотвращения дорожно-транспортных происшествий, заторов и т. д. Совокупность этих действий называется управлением дорожным движением.

Большие усилия уже были предприняты в различных областях управления дорожным движением. Управление отдельными перекрестками с адаптацией к изменениям объемов движения на подходах к ним было

реализовано в 30-х годах XX столетия и нашло особенно широкое применение в Европе. Однако существенный эффект не может быть получен путем раздельного управления изолированными перекрестками в районе, в котором плотность расположения светофоров настолько велика, что автомобиль проезжает через два соседних светофора приблизительно за 10 с [1]. Отсюда вытекает требование к коллективному, системному управлению сигналами светофоров. Значительный эффект был получен уже за счет управления сигналами светофоров на последующих друг за другом перекрестках одной магистральной улицы (координированного управления) и получения эффекта так называемой «зеленой волны» [1, 2, 3]. Сложность ее расчета заключается во множестве управляемых параметров, таких как цикл работы светофорного объекта на каждом перекрестке, скорость движения транспортных средств между перекрестками, смещение фаз работы светофорных объектов относительно друг друга и т.д.

Эффективность программ координации определяют следующие основные факторы:

- снижение уровня задержек транспортных средств у перекрестков, обусловленное оптимизацией управления светофорной сигнализацией;

- увеличение средней скорости движения транспортных средств на перегонах между перекрестками за счет уменьшения длин очередей у светофоров на красный сигнал и обеспечения минимально возможного числа перерывов в движении;

- сокращение числа неоправданных остановок в процессе движения, что приводит к уменьшению износа материальной части транспортных средств и дорожных покрытий.

Как следствие перечисленных выше факторов - сокращение времени проезда по магистрали, находящейся под контролем автоматизированной системы управления движением.

В целях упрощения расчета «зеленой волны» в рамках комплексного проекта «Интеллектуальная транспортная система» (ИТС), разрабатываемого на кафедре информационных систем и технологий СГАУ по заказу городского отдела ГИБДД УВД г. Са-

мары, создана подсистема моделирования движения транспортного потока на УДС.

Термин «Интеллектуальная транспортная система» в настоящее время характеризует комплекс интегрированных средств управления движением и перевозками, применяемых при решении всех видов транспортных задач на основе высоких технологий, методов моделирования транспортных процессов, программного обеспечения, организации информационных потоков в реальном режиме времени.

Рассмотрим подробно одну из транспортных задач – задачу управления движением и его организации на сети дорог. Для ее решения необходимо, прежде всего, выделить типовой элементарный участок УДС, включающий в себя перегон магистрали регулируемого движения и смежные с ним регулируемые пересечения (рис. 1). При этом базовой для городских условий является задача уточнения оценки параметров движения на таком элементарном участке в зависимости от состава транспортного потока, интенсивности движения, числа полос и параметров светофорного регулирования на смежном пересечении с учетом сетевых управляющих воздействий.

Представим УДС как систему и поставим задачу отыскать минимально необходимые элементы, из которых она может быть построена. Агрегатное построение модели сети позволяет рассматривать с единых позиций сети разных размеров и различных вариантов организации движения. При таком подходе достигается универсальность описания транспортного потока (ТП) в сети, так как УДС может быть разбита на стандартно описываемые элементы – участки дороги. Такими элементами в ИТС выбраны линейные участки дороги - перегоны, перекрестки дорог, пешеходные переходы и железнодорожные переезды [4, 5]. Для описания УДС с несколькими полосами движения с учетом направления движения по ним ТП дополнительно введены объекты: ребро и узел (рис. 2).

Триада <участок>, <узел>, <ребро> является базисом системы. Все остальные объекты будут так или иначе привязаны к этому базису.

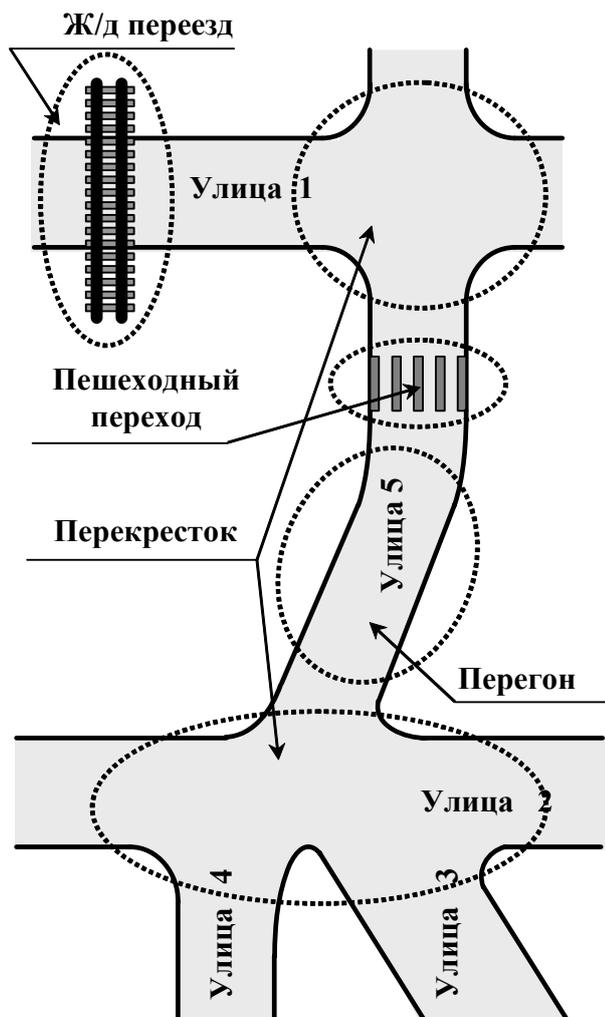


Рис. 1. Модель улично-дорожной сети

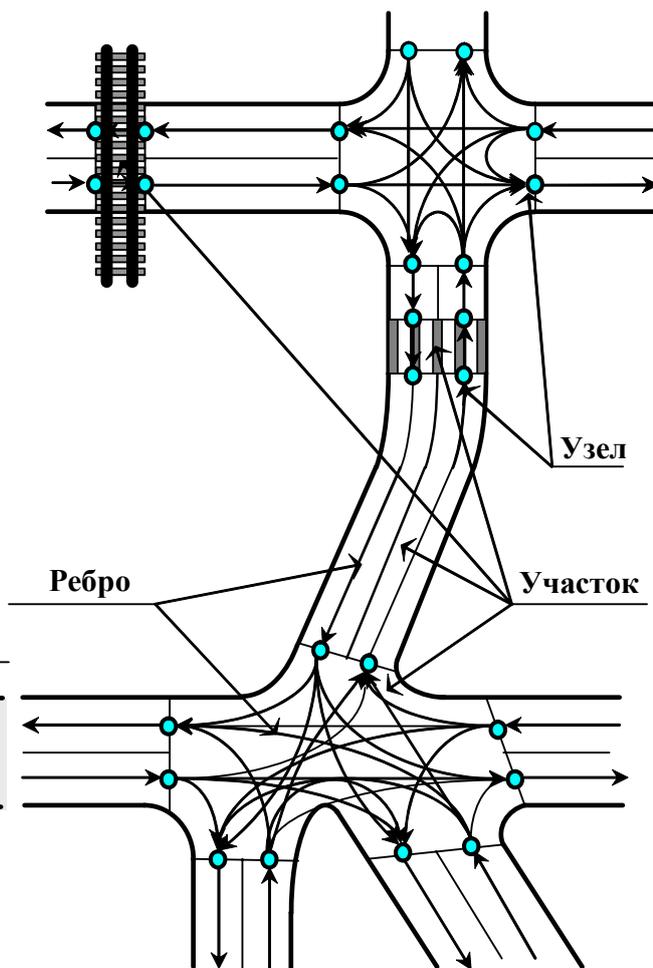


Рис. 2. Модель транспортной сети

<Участок> – физический участок УДС, описываемый единым набором физических параметров.

<Узел> – место разделения потоков транспортных средств. Узел является вершиной графа, описывающего потоки движения транспортных средств, всегда лежит на стыке двух участков и показывает возможность движения с одного участка на другой в соответствующем направлении. Двум участкам может быть поставлено в соответствие один или два узла, в зависимости от того, есть ли движение только в одном или двух направлениях.

<Ребро> - это ребро ориентированного графа, задающее направление движения ТП на участке и содержащее соответствующие характеристики (длина ребра, интенсивность движения в данном направлении, плотность потока и т.п.). Таким образом, двум узлам

может быть поставлено в соответствие одно или два ребра, в зависимости от того, есть движение только в одном или двух направлениях. На одном участке может проходить несколько ребер (потоков), но ребро может находиться только внутри единственного участка.

Пара объектов <узел>, <ребро> и таблица инцидентности задают ориентированный граф. В зависимости от решаемой задачи вес дуги выбирается или высчитывается по формуле из заданного набора параметров. Традиционно в графовых моделях транспортной сети вершины соответствуют перекресткам, а дуги - перегонам УДС. В рассматриваемой модели используется специальный граф, вершины которого соответствуют стоп-линиям на подходах к перекресткам, а дуги - проездам транспорта между стоп-линиями, что позволяет адекватно отобразить все осо-

бенности системы организации движения, учесть ограничения, связанные с запретами отдельных маневров транспортных средств, наличием одностороннего движения и т. п.

Объектом управления в ИТС является транспортный поток, представляющий собой совокупность большого числа дискретных элементов - автомобилей. Расширяя понятие улично-дорожной сети, опишем ТП как объект, расположенный на УДС.

На основе исследований дорожного движения и практики его организации [1, 2, 3, 6, 7] выработаны многочисленные измерители и критерии. К наиболее часто применяемым для характеристики движения показателям относятся:

- интенсивность движения I (авт/ч; авт/сут.);
- скорость движения V (км/ч; м/с);
- плотность транспортного потока K (авт/м);
- продолжительность задержки движения D (с).

Интенсивность движения I - это количество транспортных средств, проходящее через сечение дороги за единицу времени t . Важнейшее значение в проблеме организации движения имеет временная неравномерность этой характеристики: интенсивность движения различается в течение года, месяца, суток и даже часа. Помимо интенсивности ТП характеризуется *плотностью потока K* и *средней скоростью* потока V . Эти параметры ТП связаны соотношением

$$I = KV. \quad (1)$$

Графическое отображение (1) представляет собой основную диаграмму ТП (рис. 3), которая построена в виде зависимостей $V=f(I)$ и $I=f(K)$ для непрерывного ТП, движущегося по дороге без пересечений.

Принято выделять три основных режима движения: свободный поток, групповое или неустойчивое движение и насыщенный поток.

Свободный поток характеризуется малыми интенсивностями движения, отсутствием взаимных помех движению между отдельными автомобилями. С повышением интенсивности движения до максимального значе-

ния I_c , соответствующего пропускной способности дороги, скорость V уменьшается до величины, определяемой точкой C на основной диаграмме. В зоне $B-C$ (рис. 3, а) появляются существенные взаимные помехи движению автомобилей, в результате чего уменьшается возможность свободного обгона и образуются группы автомобилей (колонны), движущиеся с приблизительно одинаковой скоростью. Режим движения в этой зоне является *неустойчивым*, поскольку небольшое увеличение групп в потоке может привести не только к уменьшению скорости V , но и к переходу в область $C-D$, т. е. к снижению интенсивности движения. Поток в области $D-E$ принято называть *насыщенным* или *коллективным*. Характерной чертой такого потока является сильный разброс величины ускорений (замедлений) относительно среднего значения.

Экспериментальные исследования показали, что в зоне свободного потока зависимость $V=f(I)$ является почти линейной для случая непрерываемого потока. Анализ зависимости $I=f(K)$ показывает (рис. 3, б), что как для непрерываемого ТП, так и для городских условий движения существуют два характерных значения плотности потока K_c и K_j . *Критическая плотность* потока K_c - это значение, до которого с увеличением K возрастает I . При изменении плотности потока от K_c до K_j (*плотности потока в условиях затора*) интенсивность уменьшается от максимального значения пропускной способности I_c до нуля. При $K=K_j$ скорость потока также равна нулю. Тангенс угла α наклона радиус-вектора, проведенного из начала координат к точке, лежащей на кривой $I=f(K)$, соответствует физическому значению скорости V_s в данной точке (рис. 3, б).

Целью управления ТП на перекрестке является обеспечение безопасного и эффективного движения транспортных средств. Эти качественные оценки должны относиться к количественным критериям, которые необходимо измерить и оптимизировать.

Рассмотрим некоторые существующие связи между количественными критериями оптимизации и качественными целевыми концепциями.

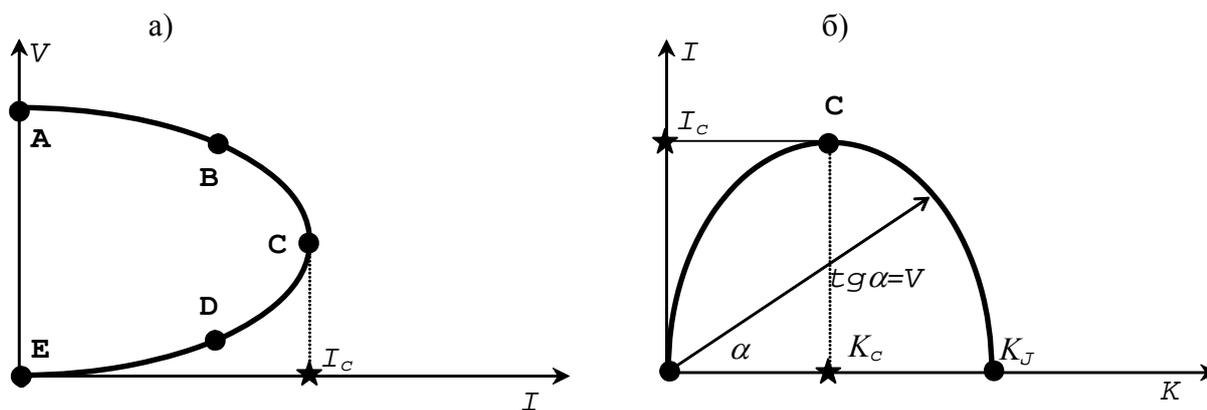


Рис. 3. Основная диаграмма транспортного потока:
а) зависимость $V=f(I)$; б) зависимость $I=f(K)$

- **«Количество остановок»**. Минимизируется количество остановок для повышения комфорта вождения автомобиля, пропускной способности перекрестка (особенно при интенсивном движении грузовых автомобилей), уменьшения количества дорожно-транспортных происшествий, сокращения выброса отработанных газов и снижения шума.

- **«Время задержки»**. Минимизируется время задержки для экономии времени участников движения, сокращения транспортно-экономических потерь, уменьшения выброса выхлопных газов.

- **«Длина очереди»**. Минимизируется длина очереди для ослабления нагрузки на отдельных водителей, сокращения выброса выхлопных газов и уменьшения шума.

- **«Средняя скорость»**. Максимизируется средняя скорость в пределах, обеспечивающих безопасность и оптимальность режимов движения.

- **«Расход горючего»**. Минимизируется расход горючего для экономии природных ресурсов, сокращения транспортно-экономических потерь, увеличения дальности пробега.

На основании перечисленных критериев в качестве основополагающего критерия эффективности исследуемых алгоритмов в ИТС принята величина задержки, приходящейся на одно транспортное средство. Достоинством этого критерия является исключительная простота реализации при исследовании любым способом (эмпирическим, аналитическим, моделированием), наглядность,

прямая связь со стоимостным выражением потерь и в связи с этим возможность непосредственной оценки эффективности процесса управления. В процессе исследования в системе моделирования в качестве «вторичных» использованы и другие критерии оптимизации.

Система моделирования «зеленой волны», являясь составной частью интеллектуальной транспортной системы [8], может работать в автономном режиме. В системе предусмотрена возможность исследования влияния на моделируемую ситуацию как одного из параметров транспортного потока и УДС, так и их совокупности. Она позволяет моделировать различные дорожные ситуации, визуализировать в динамике процесс прохождения ТП через транспортные узлы УДС, собирать статистику процесса моделирования [9].

Ввод исходных данных в системе моделирования может осуществляться как в ручном режиме, так и в режиме обмена данными с основной базой данных геоинформационной системы (в состав ИТС входит геоинформационная база данных, в которой хранится географическая составляющая информации об УДС города; объектах, расположенных на УДС; транспортных потоках и т. д.).

Система состоит из следующих функциональных блоков:

- построения визуальной модели УДС любой конфигурации;
- связи с геоинформационной базой данных;

- связи с собственной информационной базой данных;
- расчета оптимальных параметров регулирования транспортными потоками на автономном перекрестке;
- моделирования «зеленой волны» для магистральной улицы;
- динамической визуализации процесса моделирования «зеленой волны».

Блок построения визуальной модели УДС предназначен для визуального представления создаваемой модели УДС и включает в себя функции создания/сохранения нового моделируемого участка, загрузки/сохранения всей модели, редактирования/сохранения свойств текущего участка модели, установки параметров «по умолчанию» для различных типов участков УДС.

Блок связи с геоинформационной базой позволяет получить геометрические, географические и семантические данные о состоянии УДС, светофорных объектах, режимах их работы, дорожных знаках и т. д. В процессе моделирования формируются новые данные, которые сохраняются во временной базе данных и при необходимости могут быть восстановлены.

В блоке расчета параметров светофорного объекта на локальном перекрестке (моделирование локального управления ТП) реализованы функции расчета текущих и оптимальных параметров функционирования светофоров и сохранения результатов в базе данных «Паспорт светофорного объекта».

Блок моделирования «зеленой волны» выполнен в виде отдельной подсистемы, где предусмотрены просмотр результатов (графики и таблицы), а также текстовое сопровождение всего моделирующего процесса. Расчет параметров выполняется в зависимости от выбранного пользователем критерия оптимизации. Производится расчет как отдельных параметров (например, фазовых сдвигов светофорных циклов относительно предыдущего перекрестка), так и совокупности нескольких параметров (например, кроме фазовых сдвигов можно принять в качестве управляемой переменной скорость ТП на участке). Это позволяет в наглядной форме исследовать поведение системы в зависи-

мости от изменения соответствующих характеристик и выбрать наиболее приемлемое решение для оптимизации движения по моделируемому участку магистральной улицы.

Блок динамической визуализации процесса движения ТП по УДС предусмотрен для интерактивного наблюдения за процессом оптимизации построения «зеленой волны» [9].

Конечная задача локального управления - переключение светофорных сигналов в зоне одного перекрестка - разделена на несколько частных задач, решаемых в следующей последовательности:

- фазообразование - формирование фаз управления, т. е. совокупностей неконфликтующих направлений, по которым могут двигаться транспортные средства на перекрестке;
- компоновка фаз - формирование последовательности включения фаз управления;
- коррекция длительностей - формирование длительностей фаз управления;
- формирование переходных интервалов, в течение которых происходит смена фаз управления.

Эффективность локального управления ТП оценивается степенью приближения истинного состояния ТП \bar{Y} к цели управления, т. е. требуемому значению \bar{Y}^* . Предельное значение эффективности определяется равенством этих значений.

В качестве основополагающего критерия эффективности алгоритмов локального управления принята величина задержки транспортного средства у перекрестка. Для расчета принятого за основу критерия эффективности локального управления ТП принят критерий Вебстера. В качестве параметров, используемых для оценки задержки D , выступают: T - длительность цикла (сек); G_j - зеленая, R_j - красная фаза светофорного цикла (сек); N_j - число транспортных средств, ожидающих в очереди; I - интенсивность транспортных средств (авт/сек); g_j - часть эффективного времени горения зеленого сигнала, соответствующего времени свободно-го проезда (сек).

При реализации и сравнительной оценке алгоритмов управления ТП на перекрест-

ке в реальном масштабе времени в системе моделирования используется подход, включающий в себя: разбиение диапазона изменения интенсивностей на короткие циклы с приблизительно одинаковыми значениями; определение задержки для циклов с учетом режима работы перекрестка; суммирование расчетных значений для получения общего конечного результата.

В режиме разъезда очереди часть цикла, в которой образуется задержка, равна $t_{pj} = T_j - g_j$; число транспортных средств, ожидающих в очереди: $N_{pj} = I_j(T_j - g_j)$; число транспортных средств, задержанных в очереди в j -ом цикле: $N_{oj} = N_{j-1} + I_j T_j$.

Если рассматриваемый период T включает ситуации, соответствующие режимам разъезда очереди и остаточных очередей, то общая задержка определяется выражением

$$\sum_{j=1}^m D_j = \frac{1}{2} \left(\sum_{j=1}^{n_p} R_j \sum_{j=1}^{n_p} N_{pj} + \sum_{j=1}^{n_o} I_j R_j^2 + \sum_{j=1}^{n_o} (I_j - C) G_j^2 \right) + \sum_{j=1}^{n_o} N_{j-1} R_j + \sum_{j=1}^{n_o} N_j G_j,$$

где m – число циклов, содержащихся в периоде T ; n_p и n_o – число циклов режима *разъезда* очереди и *остаточных* очередей.

Целью расчета параметров светофорного регулирования при координированном управлении (КУ) является определение длительности фаз и величин сдвигов фаз, обеспечивающих минимум обобщенного критерия, учитывающего величину задержек и число остановок транспортных средств на перекрестках магистрали. Эффективность КУ можно повысить, если задачу расчета программ координации решать с учетом взаимного влияния соседних перекрестков, степени распада групп в зависимости от длины перегона, степени формирования групп в зависимости от величины сдвига фаз.

При моделировании процессов координированного управления транспортными потоками в системе определены следующие этапы исследований:

- выбор магистрали, удовлетворяющей поставленным требованиям;
- измерение параметров ТП на магистрали;

- проведение исследования зависимости задержек транспортных средств от величины сдвигов фаз $d=f(t)$;

- анализ данных и вывод зависимости $d=f(t)$;

- анализ данных и вывод зависимости величины сдвига фаз от времени проезда транспортных средств перегона $t_c=f_j(t)$.

В целях получения полной картины о возможностях используемого метода управления необходимо, чтобы исследуемый объект удовлетворял ряду следующих требований:

- интенсивность движения - от 300 до 700 авт/час на полосу движения (в приведенных единицах);

- количество полос - не менее двух (чтобы существовала возможность маневров);

- диапазон длин перегонов - до 1000 м;

- характер движения автомобилей на перегонах - групповой;

- отсутствие на перегонах помех движению (стоянки транспортных средств, остановки общественного транспорта и т. д.).

Сущность компьютерных (аналитических) расчетов заключается в переборе вариантов, в результате чего определяются управляющие параметры, соответствующие минимуму критерия эффективности. Порядок расчета включает в себя:

- расчет длительности цикла на каждом перекрестке магистрали и выбор общего;

- расчет длительностей фаз на каждом перекрестке;

- расчет величин сдвигов фаз на каждом перекрестке.

Наиболее простым случаем является КУ движением ТП на магистрали с односторонним движением. В этом случае можно воспользоваться графоаналитическим методом расчета [10] с учетом зависимости выбора сдвигов фаз. Сущность метода заключается в построении графика путь-время. Графоаналитический метод получил широкое распространение благодаря его сравнительной простоте и наглядности. Однако для расчета большого числа программ координации этот метод малоэффективен в силу его высокой трудоемкости.

При расчете программ координации для магистралей с двусторонним движением ТП

возникают ситуации, которые сложно и трудно правильно решать с помощью графо-аналитического метода. При моделировании такого вида движения ТП в системе используется следующий метод. Определяются сдвиги фаз на каждом перекрестке, включенном в моделируемую магистраль, минимизирующие величину обобщенного критерия (временной задержки) ТП на магистрали

$$D = \min_{t_{c_i}} \sum_{i=1}^n [f(D_i) + \varphi(D'_i)]_1,$$

где $f(D_i)$ – задержка ТП на i -м перекрестке для прямого направления; $\varphi(D'_i)$ – задержка ТП на i -м перекрестке для встречного направления,

$$f(D_i) = \int_0^{a_i} I_i(t - t_{c_i}) \left[t_{kp_i} + \frac{1}{S_i} \int_0^t I_i(\tau - t_{c_i}) d\tau \right] dt,$$

$$\varphi(D'_i) = \int_0^{a'_i} I'_i(t - T - t_{c_{i+1}}) \left[t_{kp_i} + \frac{1}{S'_i} \int_0^t I'_i(\tau - T - t_{c_{i+1}}) d\tau - t \right] dt.$$

Здесь a_i и a'_i – момент окончания разгрузки очереди на i -м перекрестке для прямого и встречного направлений; I_i и I'_i – интенсивность ТП, прибывающего к i -му перекрестку в прямом и встречном направлениях; t_{kp_i} – длительность красного сигнала светофора на i -м перекрестке; S_i и S'_i – интенсивность разгрузки очереди на i -м перекрестке в прямом и встречном направлениях,

$$a_i - t_{kp_i} = \frac{1}{S_i} \int_0^{a_i} I_i(t - t_{c_i}) dt,$$

$$a'_i - t_{kp_i} = \frac{1}{S'_i} \int_0^{a'_i} I'_i(t - T + t_{c_{i+1}}) dt.$$

Решение полученной системы уравнений позволяет найти сдвиги фаз, минимизирующие величину задержки на магистрали.

В системе реализованы как метод аналитического расчета оптимальных фазовых

сдвигов путем решения системы уравнений, метод полного перебора всех возможных значений с оценкой критерия эффективности для каждого из них и выбором оптимального, так и метод имитационного моделирования.

Точность моделирования зависит от интервалов дискретизации пространства и времени, в которых определяется значение характеристик. В системе моделирования интервалом дискретизации пространства выбран участок перегона с односторонним движением фиксированной длины. С учетом реализации в модели основных соотношений между характеристиками ТП определены следующие требования к его поведению на участке:

а) ТП представляется в интервале $(t \div t + \Delta t)$ на i -м участке числом, соответствующим с точностью до единицы числу транспортных средств (долей ТП), находящихся на нем;

б) на один интервал времени Δt доля ТП на i -м участке не может продвигаться дальше соседнего $i+1$ -го участка;

в) доля ТП $n_{t,i}$ за интервал Δt увеличивается на число $\Delta n_{t,i-1}$, перешедшее с $i-1$ -го на i -й участок: $n_{t+\Delta t,i} = n_{t,i} + \Delta n_{t,i-1}$;

г) плотность ТП на i -м участке в течение одного интервала времени постоянна:

$$L_{y,i} : K_{t,i} = n_{t,i} / L_{y,i};$$

д) скорость продвижения ТП на $i-1$ -ом участке (при заполнении i -го участка) определяется в зависимости от плотности $\bar{K}_{t,i}$ (усредненной по некоторой длине L перегона, включающего участок) и имитируется соотношением

$$V_{t,i-1} = V_{\max} - \xi_{II} \bar{K}_{t,i}, \quad (2)$$

где V_{\max} – максимальная плановая скорость ТП, ξ_{II} – коэффициент пропорциональности с размерностью «расстояние в квадрате, деленное на число транспортных средств и время».

Использование технологии объектно-ориентированного проектирования позволило решить задачу разработки таксономичес-

ких моделей инструментальных классов поддержки среды моделирования интеллектуальной транспортной системы для проведения исследований управления транспортными потоками на УДС г. Самары [11, 12, 13, 14]. СОМ и ОЛЕ-технологии, используемые в разработанной системе, позволяют полученные в процессе моделирования данные передать в MS Word и MS Excel в виде готовых документов.

В настоящее время разработан пилот-проект системы моделирования координированного управления транспортными потоками, который проходит апробацию в отделении дорожного надзора городского отдела ГИБДД УВД г. Самары.

Список литературы

1. Клиновштейн Г. И. Организация дорожного движения. – М.: Транспорт, 1975. – 192 с.
2. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения. – М.: Транспорт, 1999. – 255 с.
3. Брайловский И. О., Грановский Б. И. Моделирование транспортных систем. - М.: Транспорт, 1978. - 125 с.
4. Михеева Т. И., Большаков А. С. САПР улично-дорожной сети города // В кн. Развитие инновационного потенциала отечественных предприятий и формирование направлений его стратегического развития – Пенза: МНИЦ, 2003. – С. 100 – 102.
5. Михеева Т. И., Михеев С. В., Чугунов И. А. Автоматизированная информационная система «Улично-дорожная сеть города» // В кн. Безопасность транспортных систем – Самара, 2002. – С. 265-268.
6. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. - М.: Транспорт, 1972. - 424 с.
7. Иносе Х., Хамада Т. Управление дорожным движением: Пер. с англ. М.: Транспорт, 1983. – 248 с.
8. Михеева Т. И., Михеев С. В. Исследование методов локального управления транспортными потоками движением // В кн. Актуальные проблемы радиоэлектроники. – Самара: СГАУ, 2002. – С. 91-95.
9. Михеева Т. И., Скрыпка А. С., Штырбу М. И. Визуализация координированного управления транспортными потоками / Математика. Компьютер. Образование // Тезисы докладов XI международной конф. – М. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2004. - С. 50.
10. Михеев С. В. Алгоритм жесткого координирования дорожного движения // В кн. Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении. - Самара: СГАУ, 2001. – С. 80-88.
11. Автоматизация проектирования вычислительных систем. Языки, моделирование и базы данных // Под ред. М. Брейера: Пер. с англ. - М.: Мир, 1979. - 463 с.
12. Михеева Т. И., Михеев С. В. Модели наследования в системе управления дорожным движением // Информационные технологии, 2001. № 7. - С. 50-54.
13. Budd T. An Introduction to Object-Oriented Programming. –1997. – 467 с.
14. Grutzner R. Environmental modeling and simulation – application and future requirements. Proceedings of the Environmental Symposium on Environmental Software Systems, IFIP, 1996, p.113-122.

ROAD TRAFFIC SIMULATION IN THE INTELLECTUAL TRANSPORT SYSTEM

© 2004 T. I. Mikheeva

Samara State Aerospace University

A simulation system for road traffic control is introduced. Algorithms of local and coordinated control are described. An average delay of a vehicle at a crossroad was chosen as the basic optimality criterion.

СХЕМНО-ПРОГРАММНЫЙ ПОДХОД К ОБНАРУЖЕНИЮ ДЕФЕКТОВ В ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ПОТОКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

© 2004 С. А. Никищенко

Самарская государственная академия путей сообщения

Для организации контроля правильности функционирования технологических систем предлагается использовать схемно-программный подход к описанию и обнаружению дефектов на уровне операций. На основе результатов теории параллельного программирования доказана целесообразность применения спусковых функций в качестве универсального инструмента для обнаружения дефектов в параллельном потоке операций. Рассмотрены свойства диагностической модели реконфигурируемых технологических систем в виде информационно-логических схем процессов.

Модели и результаты теоретического параллельного программирования могут с успехом применяться не только для решения задач повышения производительности технологических систем (ТС), но и для их контроля и диагностики [1, 2]. Это обусловлено тем, что параллельные модели связаны с детальным исследованием информационного базиса процессов, а контроль ТС в свою очередь имеет целью предотвращение потерь материальных (в общем случае – любых используемых) ресурсов. Некоторые методы контроля (сетевые графики, способы блокировки и предотвращения конфликтных и опасных ситуаций, регламентация и ранжирование операций и т. д.) стали применяться раньше, чем возникли параллельные компьютеры, но именно с позиций теоретического программирования получили формальное обоснование и развитие.

В целом описание технологического процесса (ТП) включает вид и характеристики конечной продукции; промежуточное состояние на этапах процесса; состав, характеристики и порядок операций; оборудование и ресурсы (материальные, информационные, временные и т. д.). К характеристикам операции относятся тип, принадлежность к рабочему месту, вид преобразования (функция), входные и выходные информационно-материальные носители, временные параметры, отношения (связи) с другими операциями, параметры управления (порядок, регламент и признаки начала и окончания).

Определим поток операций как теоретико-множественное представление совокуп-

ности операций, принадлежащих ТП и рассматриваемых в контролируемый период времени:

A_t^r - подмножество операций t -го ТП, выполняемых в момент t ;

$A_{i,t}$ - i -я операция преобразования;

$A_{i,t}(P)$ - операция по проверке логического условия;

inA_i и $outA_i$ - входные и выходные аргументы операции;

fA_i и tA_i - преобразование и время операции;

A_t^z - подмножество операций, запускаемых в момент t ;

A_t^r - подмножество операций, «готовых» для выполнения по условиям наличия всех аргументов и ресурсов.

При такой постановке обнаружение дефектов в ТП сводится к локальному или централизованному контролю соотношений между событиями в потоке операций. Эффективным представляется использование моделей ТП в виде операторных схем программ, а также их распараллеленных форм (параллельных граф-схем алгоритмов, спусковых функций, информационно-логических схем, счетчиковых сетей [3-7]) по следующей технологии:

- выбор диагностической модели, т. е. совокупности схемы ТП и списка дефектов в виде формальных соотношений;

- разработка алгоритмов обнаружения дефектов;

- разработка системы контроля (выбор способа съема диагностических признаков, организационно-техническая реализация и программирование диагностического про-

цессора);

- выполнение мероприятий по обеспечению эффективности контроля (определение зоны контроля, модификация диагностической модели и др.).

Параллельное (независимое, асинхронное) выполнение операторов (операций одного или разных ТП) определяется теоремой Бернштейна – Рассела – Нариньяни об отсутствии зависимостей между входными и выходными кортежами:

$$(inA_i \cap outA_j) \cup (inA_j \cap outA_i) \cup (outA_i \cap outA_j) = 0.$$

В отличие от вычислительных систем, допускающих одновременное чтение одних данных разными операторами без разрушения памяти, в ТС такой вид конкурентной зависимости должен также учитываться, что приводит к дополненной теореме:

$$(inA_i \cap inA_j) \cup (inA_i \cap outA_j) \cup (inA_j \cap outA_i) \cup (outA_i \cap outA_j) = 0. \quad (1)$$

Перспективным представляется рассмотрение (1) с точки зрения диагноста, т. е. как условия правильности функционирования (УПФ), переход от которого к признакам дефекта (ПД) осуществляется по принципу исключения из правил. При этом производится оценка последствий невыполнения условий независимости входных и выходных переменных для двух параллельно выполняемых операторов схемы. Для ТП выражение (1) означает асинхронное неупорядоченное (в том числе одновременное) использование элементов информационно-материального базиса с возможной конфликтной ситуацией, распознавание и недопущение которой является одной из задач контроля.

На рис. 1 приведены варианты условий пересечения кортежей переменных для каждого из четырех членов в формуле (1) и содержание соответствующих дефектов. Например, вариант с номером 1000 описывает случай, когда пересекаются только входные кортежи операторов. Типичной производственной аналогией является такая, когда операции на разных рабочих местах используют одну и ту же оснастку (или другой элемент информационно-материального базиса).

При неупорядоченном выполнении операций имеет место конкуренция, и оснастка оказывается занятой той операцией, которая начинается выполняться первой. Тем самым вторая задерживается или не выполняется, что приводит к искажению ТП.

Невыполнение (1) приводит к возникновению комбинаций таких дефектов, как занятость аргумента, подмена одного результата другим и отсутствие аргумента. Последний дефект связан с тем, что вид зависимости, описываемый двумя средними членами (1), требует обязательного следования одного оператора за другим, поскольку результат одного является аргументом другого.

Для описания всего ТП или его фрагмента используются модели в виде схем, описывающих операторы и связи между ними (рис. 2). Операторная схема на рис. 2, а описывает фрагмент процесса ремонта агрегата и представляет совокупность операторов $A_1 - A_{15}$ (A_8 и A_9 проверяют значение логических условий P_1 и P_2), кортежей входных и выходных переменных (например, $inA_6 = a, b$; $outA_6 = f$), передач переменных между операторами и логики их выполнения (при циклическом повторении и альтернативном выполнении).

Интерпретация схемы такова, что $A_1 - A_5$ соответствуют входной приемке деталей и комплектующих a, b, c, d, e ; A_6, A_9, A_{12}, A_{14} - циклической обработке сборочного узла f с измерением P_2 и передачей f на операцию завершающей сборки агрегата A_{13} ; A_8 проверяет e на допуск P_1 и обеспечивает альтернативную передачу на A_{13} ; A_{15} завершает сборку.

Операторная схема является основой для алгоритмизации - структурно-временного распределения операций в ресурсах ТС. Параллельная граф-схема алгоритма на рис. 2, б задает последовательности выполнения операций сборки на двух рабочих местах.

Спусковые функции (СФ) представляют собой конечные предикаты над множеством операторов и логических условий в схеме (включая в общем случае дополнительные, учитывающие историю процесса) и задают максимально параллельный асинхронный процесс (для класса так называемых

0 0 0 0 Нет дефектов		1 0 0 0 Занятость	
0 0 0 1 Подмена		1 0 0 1 Занятость с подменой	
0 0 1 0 Отсутствие		1 0 1 0 Занятость и отсутствие	
0 0 1 1 Подмена и отсутствие		1 0 1 1 Занятость, отсутствие и подмена	
0 1 0 0 Отсутствие		1 1 0 0 Занятость и отсутствие	
0 1 0 1 Подмена и отсутствие		1 1 0 1 Занятость, отсутствие и подмена	
0 1 1 0 Взаимное отсутствие		1 1 1 0 Занятость и взаимное отсутствие	
0 1 1 1 Подмена и взаимное отсутствие		1 1 1 1 Занятость, взаимное отсутствие и подмена	

Рис. 1. Интерпретация дефектов в параллельных технологических операциях с применением дополненной теоремы Бернштейна-Рассела-Нариньяни

«свободных» схем), обеспечивая запуск операторов по мере готовности их входных аргументов.

Граф на рис. 2, в описывает такое управление, при этом используется два типа логики – И и Иключающее ИЛИ (символы & приняты по умолчанию и не показаны, Иключающее ИЛИ обозначено \oplus). Например, для оператора A_{13} условие запуска будет следующим:

$$C_{13} := A_9(P_2^1) \& A_{10} \& (A_8(P_1^1) \oplus A_{11}) \rightarrow A_{13},$$

т. е. если выполнялся A_9 со значением $P_2 = 1$ и выполнялся A_{10} , и выполнились либо A_8 со значением $P_1 = 1$, либо A_{11} , то запускается A_{13} .

Управление по СФ предполагает наличие соответствующей архитектуры, обеспечивающей поток операций с выполнением соотношения

$$\forall t A_t^3 = A_t^\Gamma = \{A_{i,t} | C_{i,t} = 1\}. \quad (2)$$

Свойства СФ как результата максимального распараллеливания схемы позволяют эффективно использовать их для целей контроля процессов. В этом случае по значению СФ проверяется правильность или дефект запуска оператора в контролируемый период времени. Для A_{13} контролирующая функция имеет вид

$$K_{13} := A_{13} \leftarrow A_9(P_2^1) \& A_{10} \& (A_8(P_1^1) \oplus A_{11}), \quad (3)$$

и запуск считается правильным, если к его моменту выполнен A_9 со значением $P_2 = 1$ и выполнен A_{10} , и выполнены либо A_8 со значением $P_1 = 1$, либо A_{11} .

Для правильных (бездефектных) ТП справедлив ряд утверждений, базирующихся на результатах теоретического параллельного программирования.

1. Любой дискретный ТП может быть представлен в виде операторной схемы, для каждого оператора которой может быть задана конечная контролирующая функция.

2. Для ТП с внутренним параллелизмом существует множество способов генерации A_i^3 (методов управления) и правильных эквивалентных потоков операций, различающихся конфигурацией

$$\forall t A_i^3 \subseteq \{A_{it} \mid K_{it} = 1\}.$$

3. В потоке операций правильного ТП имеет место соотношение

$$\forall t \forall A_{it} \subset A_i^3 \subseteq A_i^r \subset A_i^t.$$

4. Для каждого ТП существует правильный максимально параллельный асинхронный конвейерный поток операций, соответствующий (2).

5. Любая конфигурация потока операций есть дополнительное структурно-временное упорядочение максимально параллельного потока операций.

Совокупность контролирующих функций для всех (или выборочных) операторов схемы, заданную в виде строковых выражений типа (3) или билогического графа, назовем информационно-логической схемой процесса (ИЛСП) [3, 7-10].

В алгебраической постановке ИЛСП есть тройка $S=(A, L, F)$, в которой множество A состоит из операторов преобразователей и распознавателей; множество предикатов $L=P \cup Q$ включает логические условия процесса P и дополнительные предикаты Q , характеризующие его историю; множество $K=\{K_i(A,L)\}$ представляет совокупность логических функций в базисе алгебры Жегал-

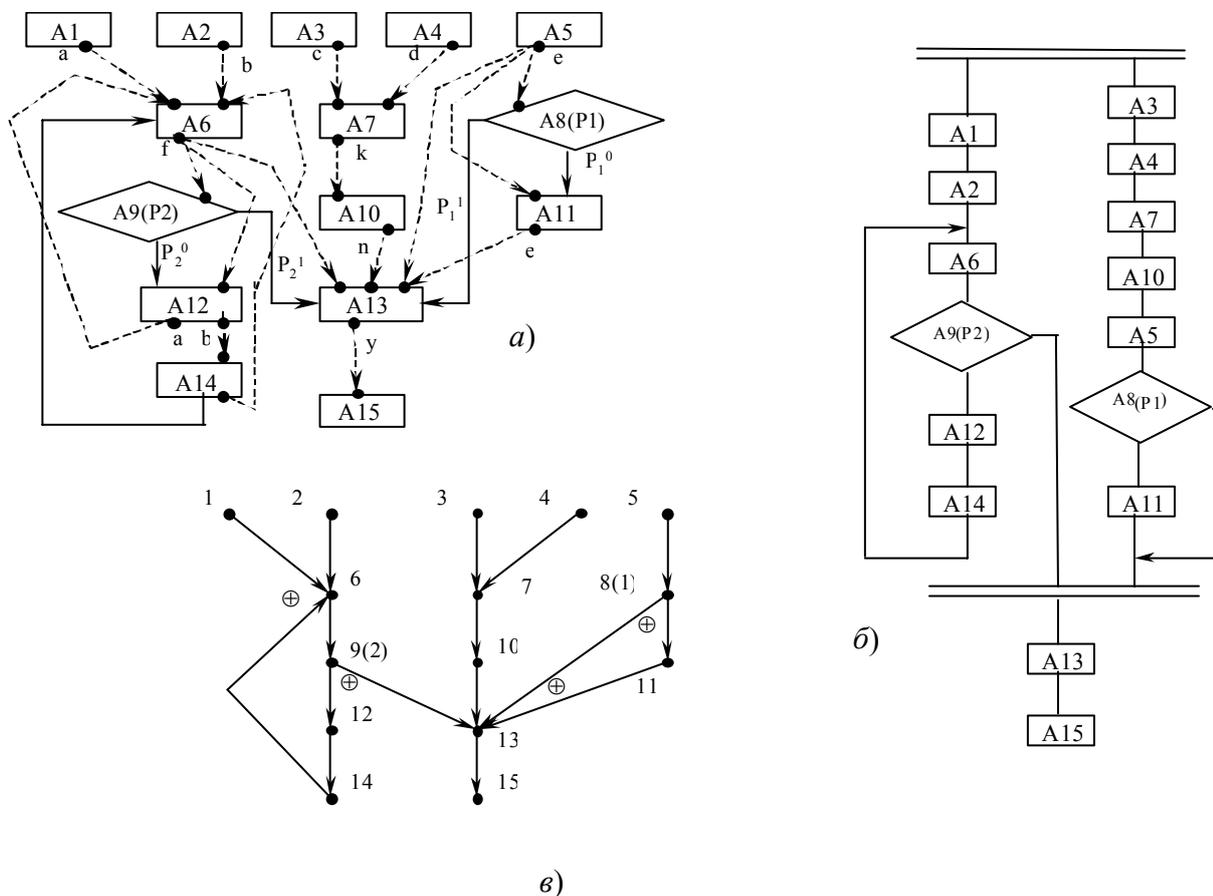


Рис. 2. Параллельные модели процесса сборки агрегата: а) - операторная схема программы; б) - параллельный алгоритм; в) - ИЛСП

кина (И, Исключающее ИЛИ, 1), означающих выполнение предшественников из A для оператора A_i при заданных значениях L .

Граф ИЛСП представим как $G = (A, B, L, \&, \oplus)$, где A - множество вершин; B - множество дуг, интерпретирующих отношения логического и информационного предшествования между операторами, такое, что $B_{i,k} = 1$ для вершин A_i и A_k , если A_i входит аргументом в A_k ; каждая вершина A_i размечена входной логикой с помощью связок $\&$, \oplus между входящими дугами; каждая вершина, соответствующая оператору-распознавателю $A_i(P_j)$, размечена выходной логикой с помощью связки \oplus между альтернативными выходящими дугами, нагруженными различными значениями P_j (P_j^1 или P_j^0), и связкой $\&$ между дугами, нагруженными одинаковыми значениями P_j ; транзитивные замыкания отсутствуют.

ИЛСП описывает необходимые информационно-логические отношения предшествования операторов и условия их правильного асинхронного (в том числе конвейерного) запуска, т. е. является инвариантом для множества эквивалентных ТП, различающихся структурно-временным распределением по блокам ТС и применяемым методом управления [7]. Согласно [11] ИЛСП в общем случае является простым непланарным слабосвязанным правильным управляющим графом со специальной разметкой вершин и дуг, семантика которого служит целям потокового анализа систем. Динамика ИЛСП может быть описана как процесс, состоящий из таких событий, как «включение» вершин и дуг, при этом естественным образом моделируются конвейерные процессы [12-13].

Правильное выполнение ИЛСП характеризуется тем, что множество запускаемых операторов A_i^3 есть непустое подмножество «готовых» операторов из A_i^r :

$$(A_i^3 \subset A_i^r) \wedge (|A_i^3| > 0). \quad (4)$$

Исключения из правил представляется следующими дефектами:

$$(\exists t \exists A_{i,t} \not\subset A_i^r) \vee (|A_i^3|) = 0, \quad (5)$$

т. е. на ИЛСП заданы два типа дефектов –

«ложный запуск оператора» и «отсутствие запуска».

Совокупность конкретной ИЛСП и соотношений (4) и (5) представляет диагностическую модель ТС. В отличие от алгоритмического контроля подход при той же обнаруживающей способности (на классе дефектов, сводимых к списку «ложный запуск», «замена», «отсутствие запуска») позволяет при одной и той же настройке средств контролировать реконфигурируемые процессы (последовательные, статические и динамические параллельные, конвейерные, с произвольной диспетчеризацией и методом управления, самоорганизующиеся), т. е. ИЛСП является диагностическим инвариантом реконфигурируемых ТС.

В [7-10, 14] рассмотрены методики синтеза, анализа и графовой декомпозиции ИЛСП; примеры аппаратной реализации средств обнаружения дефектов; принципы организации систем контроля реконфигурируемых ТС; вопросы повышения эффективности контроля путем разметки ИЛСП параметрами fA_i и tA_i ; программы распараллеливания алгоритмов и процессов.

Список литературы

1. Основы технической диагностики: Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза / Под ред. П. П. Пархоменко. - М.: Энергия, 1976.
2. Никищенков С. А. Функциональное диагностирование реконфигурируемых информационно-управляющих систем на макроуровне // ВКСС. – 2002, № 6.
3. Нариньяни А. С. Теория параллельного программирования: формальные модели // Кибернетика. – 1974, №3, 4.
4. Котов В. Е., Нариньяни А. С. Асинхронные вычислительные процессы над памятью // Кибернетика. – 1966, № 3.
5. Котов В. Е. Введение в теорию схем программ. - Новосибирск: Наука, 1978.
6. Элементы параллельного программирования / В. А. Вальковский и др. - М.: Радио и связь, 1983.
7. Никищенков С. А. Функциональное диагностирование управляющей части реконфигурируемых многопроцессорных вычислительных систем по информационным схемам

алгоритмов. Дис. на соис. уч. степ. к.т.н. - Л.: ЛЭТИ, 1988.

8. Балакин В. Н., Барашенков В. В., Казак А. Ф., Никищенко С. А. Устройство для контроля блоков управления. А.с. № 1365986. Бюл. № 1, 1988.

9. Никищенко С. А. Принципы функционального диагностирования управляющих систем по информационно-логическим схемам процессов. М.: ВНИИЦ, 2001, № 73200100204.

10. Никищенко С. А. Способы функционального диагностирования управляющих систем по информационно-логическим схемам процессов. М.: ВНИИЦ, 2001, № 73200100203.

11. Касьянов В. Н., Евстигнеев В. А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. СПб.: БХВ – Петербург, 2003.

12. Рыжков А. П. Правильная биологическая граф-модель параллельного вычислительного процесса и его свойства // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. – 1976, № 2.

13. Головкин Б. А. Расчет характеристик и планирования параллельных вычислительных процессов. - М: Радио и связь, 1983.

14. Бунич А. Л. и др. Параллельные вычисления и задачи управления (аналитический обзор) // Автоматика и телемеханика. – 2002, №12.

THEORETICAL ISSUES OF DETECTING DEFECTS IN A PARALLEL FLOW OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS

© 2004 S. A. Nikishchenkov

Samara State Railway Academy

The paper proposes using a scheme-algorithmic approach to describing and detecting defects at the level of operation in order to organize control of correct functioning of technological systems. The expediency of using trigger functions as a unique tool for detecting defects in a parallel flow of operations on the basis of the results of parallel programming theory. Properties of the diagnostic model of reconfigured technological systems in the form of information and logical schemes processes are discussed.

ФОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИ СОГЛАСОВАННОГО ПО КОМПЛЕКТНОЙ ПОСТАВКЕ МЕХАНИЗМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ «ЗАКАЗЧИК – ПОСТАВЩИК»

© 2004 В. Д. Богатырев

Самарский государственный аэрокосмический университет

Рассмотрена задача согласования взаимодействия между заказчиком и поставщиком на примере комплектной поставки комплектующих изделий. Разработан параметрический механизм, в котором предлагается проводить реализацию согласованного взаимодействия путем изменения договорных цен на комплектующие изделия так, чтобы экономически заинтересовать поставщика в точном выполнении планового задания. Представлены условия, характеризующие нижнюю и верхнюю границы изменения договорных цен.

Исследуем процесс согласования экономических интересов между заказчиком и поставщиком в решении задачи комплектной поставки. Под комплектной поставкой будем понимать такую, при которой поставщик производит согласно условиям контракта с заказчиком несколько видов комплектующих изделий, используемых при сборке конечной продукции заказчика в соответствии с технологическими нормами. Причем комплектующие изделия производятся поставщиком на одном и том же оборудовании так, что поставщик не может производить одновременно несколько видов изделий, а вынужден делать это последовательно. В такой производственной системе заказчик с позиции своего критерия предъявляет одни требования к ассортименту, объему и качеству поставки комплектующих деталей, а поставщик с позиции своего локального критерия, учитывая собственные технологические особенности производства и цену, устанавливаемую заказчиком, выбирает другие выгодные для него ассортименты, объем и качество выпуска комплектующих изделий.

Рассмотрим функционирование производственной системы, в которой имеется один поставщик, выпускающий J видов деталей, узлов, и один заказчик, выпускающий один вид готовой продукции.

Будем считать, что механизм взаимодействия между поставщиком и заказчиком является согласованным по комплектной поставке, если поставщик, действуя в направлении реализации собственных интересов,

реализует одновременно и интересы заказчика [1].

Задача согласования взаимодействия в системе «заказчик-поставщик» состоит в разработке механизма, реализующего точное выполнение плана заказчика, путем выбора из соответствующего диапазона цены на комплектующие изделия, выпускаемые поставщиком.

Определим требования, предъявляемые к механизму взаимодействия в решении задачи поставки комплектующих изделий в заданном плане количестве. Предположим, что поставщик стремится максимизировать прибыль $\pi(y)$, остающуюся в его распоряжении после выплаты всех статей затрат, при выпуске J видов деталей или узлов, определяемую следующим образом:

$$\pi(y) = f(y) - c^F = \sum_{j=1}^J (p_j - c_j^V) y_j - c^F,$$

где $f(y)$ - валовой операционный доход;

p_j - договорная цена поставки j -ой детали;

c_j^V - переменные издержки, связанные с выпуском единицы j -ой детали;

c^F - постоянные затраты;

y_j - фактический выпуск деталей j -го наименования в плановом периоде

продолжительностью T .

Пусть a_j ($j = \overline{1, J}$) - производительность поставщика по выпуску j -ой детали в единицу времени, $d_j = p_j - c_j^V$ - операционный до-

ход, получаемый поставщиком при выпуске единицы детали j -го наименования. Тогда задача выбора поставщиком объема выпуска деталей каждого наименования, обеспечивающего максимум его целевой функции, имеет вид:

$$\begin{aligned} f(y) &= \sum_{j=1}^J d_j y_j \xrightarrow{y} \max; \\ \sum_{j=1}^J \frac{y_j}{a_j} &\leq T, \end{aligned} \quad (1)$$

где $y = (y_1, \dots, y_j, \dots, y_J)$ - вектор объемов выпуска комплектующих изделий.

Оптимальные объемы комплектующих изделий, выпускаемые за плановый период T в условиях полной самостоятельности выбора номенклатуры и определяемые в результате решения задачи (1), равны

$$y_m = \begin{cases} a_m T, & \text{если } d_m a_m = \max_j d_j a_j \\ 0, & \text{если } d_m a_m \neq \max_j d_j a_j. \end{cases} \quad (2)$$

Величина $d_m a_m = \max_j d_j a_j$ представляет собой максимальную величину операционного дохода в единицу времени при выпуске деталей j -го вида. В соответствии с решением (2) стратегия поведения поставщика состоит в стремлении выпускать только такие комплектующие изделия, которые имеют наибольший операционный доход в единицу времени. Однако такая стратегия может не обеспечить ритмичность работы производственного комплекса в целом.

Пусть для обеспечения ритмичной работы производственного комплекса, выпускающего конечное изделие, заказчик устанавливает поставщику плановое задание по поставкам каждой детали в объеме x_j ($j = \overline{1, J}$) за период времени, равный T . Поставщик, поставленный в условия точного выполнения номенклатурного задания, выбирает следующую стратегию по выпуску комплектующих изделий:

$$y_j = x_j, \quad (j = \overline{1, J}). \quad (3)$$

В этом случае стратегия выбора поставщиком значений объемов поставок продукции при условии выполнения планового задания описывается следующей моделью:

$$\begin{aligned} f(x, y) &= \sum_{j=1}^J d_j y_j \xrightarrow{y} \max; \\ \sum_{j=1}^J \frac{y_j}{a_j} &\leq T; \quad y_j = x_j, \quad (j = \overline{1, J}), \end{aligned} \quad (4)$$

где $x = (x_1, \dots, x_j, \dots, x_J)$ - вектор плановых заданий по поставкам.

Определим значение целевой функции поставщика при стратегиях (2) и (3). Для этого, подставив оптимальное решение (2) в функцию $f(y)$, получим

$$f^0 = d_m a_m T. \quad (5)$$

Подставляя (3) в функцию $f(y)$, получим следующее значение целевой функции поставщика:

$$f^0(x) = \sum_{j=1}^J d_j x_j. \quad (6)$$

Сравним величины (5) и (6) между собой. Для этого, вычитая $f^0(x)$ из f^0 , определим разность $\Delta f(x)$:

$$\Delta f(x) = f^0 - f^0(x). \quad (7)$$

Учитывая, что поставщик будет стремиться использовать все время T , сделаем следующую подстановку:

$$\sum_{j=1}^J \frac{x_j}{a_j} = T. \quad (8)$$

Тогда (7) можно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} \Delta f(x) &= f^0 - f^0(x) = d_m a_m T - \sum_{j=1}^J d_j x_j = \\ &= d_m a_m \sum_{j=1}^J \frac{x_j}{a_j} - \sum_{j=1}^J d_j x_j = \sum_{j=1}^J \left(\frac{a_m}{a_j} d_m - d_j \right) x_j. \end{aligned} \quad (9)$$

Величина $\Delta f(x)$ представляет собой разность между максимальным значением валового дохода, которую мог бы получить поставщик при свободном выборе выпуска комплектующих изделий, и значением валового дохода при точном выполнении плана заказчика. Условием реализации планового задания, установленного заказчиком, является выполнение следующего неравенства:

$$\Delta f(x) \leq 0. \quad (10)$$

Реализовать практически условие (10) можно или выбором функции стимулирования поставщика [2], или выбором параметров, например договорных цен на продукцию, от которых зависит величина прибыли поставщика. Выполнение условия (10) осуществим путем изменения договорных цен p_j ($j = \overline{1, J}$). В этом случае заказчику для поставщика следует иметь две цены. Более высокая цена используется для оплаты контракта на поставку при выполнении планового задания по всей номенклатуре. При невыполнении плана хотя бы по одному виду комплектующих изделий заказчик оплачивает поставку по более низким ценам.

Таким образом, реализация согласованного взаимодействия состоит в том, чтобы заказчик одновременно с определением планового задания на поставку комплектующих изделий выбрал такие значения договорных цен, при которых величина стимулирующего воздействия будет не меньше величины потерь поставщика при выполнении плана.

Для этого определим изменение прибыли $\Delta f(\Delta p)$ при изменении цены на каждый вид выпускаемых поставщиком комплектующих изделий при точном выполнении плана:

$$\Delta f(\Delta p) = \sum_{j=1}^J \frac{\partial f(x)}{\partial p_j} \Delta p_j = \sum_{j=1}^J x_j \Delta p_j, \quad (11)$$

где $\Delta p = (\Delta p_1, \dots, \Delta p_j, \dots, \Delta p_J)$ - вектор изменений цен на комплектующие изделия, выпускаемые поставщиком для заказчика.

Условие согласованности (10) выполняется, если выполняется неравенство

$$\Delta f(\Delta p) \geq \Delta f(x), \quad (12)$$

или с учетом (9) и (11)

$$\sum_{j=1}^J x_j \Delta p_j \geq \sum_{j=1}^J \left(\frac{a_m}{a_j} d_m - d_j \right) x_j. \quad (13)$$

Из (13) следует, что одним из частных случаев возможных стимулирующих воздействий являются изменения договорных цен каждого наименования выпускаемых поставщиком изделий, которые удовлетворяют неравенствам

$$\Delta p_j \geq \frac{a_m}{a_j} d_m - d_j, \quad (j = \overline{1, J}). \quad (14)$$

Равенство в (14) определяет нижнюю границу изменения договорных цен, при которых поставщик экономически заинтересован в реализации планового задания, а если учитывать, что в выполнении такого плана заинтересован и производственный комплекс в целом, то можно сделать вывод о том, что интересы поставщика сбалансированы с системой в целом. Реализация неравенств (14) позволяет поставщику получить стимулирующие воздействия, которые не меньше потерь $\Delta f(x)$, что создает экономическую заинтересованность поставщика в выполнении планового задания. Но при этом решается только проблема настройки интересов поставщика на интересы всей производственной системы, а интересы заказчика не учитываются.

Производственный комплекс может не иметь финансовой возможности в реализации условия (14), так как величина общего эффекта, получаемого в системе от согласованного взаимодействия, может быть меньше величины стимулирующих воздействий, направляемых для стимулирования поставщика. Поэтому определим верхнюю границу изменения договорных цен, при которых заказчику выгодно передать поставщику часть своего экономического эффекта, получаемого от согласованного взаимодействия. Рассмотрим модель формирования оптимального плана на поставку комплектующих изде-

лий. На практике заказчиком в качестве критерия в решении задач формирования оптимального плана выбирается величина прибыли $\Pi(x) = \Phi(x) - c_0^F$. Пусть процедура оптимального планирования выпуска комплектующих изделий описывается следующей моделью:

$$\Phi(x) = (p_0 - c_0^V) \min_j \frac{x_j}{\lambda_j} - \sum_{j=1}^J p_j x_j \xrightarrow{x} \max;$$

$$\sum_{j=1}^J \frac{x_j}{a_j} \leq T, \quad (15)$$

где $\Phi(x)$ - валовой операционный доход заказчика; p_0 - рыночная цена за единицу готовой продукции; c_0^V - переменные издержки заказчика на единицу готовой продукции; x_j - плановое задание по выпуску детали j -го наименования; λ_j - применяемость j -ой детали в готовом изделии; c_0^F - постоянные издержки заказчика.

Оптимальное плановое задание заказчика, получаемое в результате решения модели (15), равно:

$$x_j = \frac{\lambda_j T}{b} = \lambda_j x_0, (j = \overline{1, J}), \quad (16)$$

где $b = \sum_{j=1}^J \frac{\lambda_j}{a_j}$ - затраты времени на выпуск

поставщиком одного комплекта, $x_0 = \frac{T}{b}$ - количество единиц готовой продукции, которое может собрать заказчик.

Определим значение целевой функции заказчика при комплектной поставке деталей поставщиком. Для этого подставим решение (16) в целевую функцию заказчика (15). В результате получим

$$\Phi^0 = \frac{T}{b} \left[(p_0 - c_0^V) - \sum_{j=1}^J p_j \lambda_j \right]. \quad (17)$$

Величина Φ^0 является максимально возможным значением валового дохода, получаемого заказчиком при точном выполнении поставщиком планового задания, то есть при комплектной поставке всех деталей поставщиком.

Подставляя решение (2) в целевую функцию заказчика (15), получаем следующую величину его валового дохода при отсутствии сбалансированности интересов поставщика и заказчика:

$$\Phi^0(y) = -p_m y_m = -p_m a_m T. \quad (18)$$

Вычитая значение целевой функции заказчика при отсутствии согласованного взаимодействия (18) из значения целевой функции при точном выполнении поставщиком планового задания (17), получим

$$\Delta\Phi = \frac{T}{b} \left[(p_0 - c_0^V) - \sum_{j=1}^J p_j \lambda_j + p_m a_m b \right]. \quad (19)$$

Величина $\Delta\Phi$ характеризует дополнительный экономический эффект, получаемый заказчиком от реализации согласованного по комплектной поставке взаимодействия.

В (19) величина $\sum_{j=1}^J p_j \lambda_j$ представляет

собой стоимость одного комплекта при согласованном взаимодействии, а величина $p_m a_m b$ характеризует удельные затраты заказчика, приходящиеся на единицу готовой продукции, для оплаты комплектующих изделий при некомплектной поставке.

Величина общего эффекта от организации согласованного управления $\Delta\Phi$ не должна быть меньше величины изменения прибыли $\Delta f(\Delta p)$ поставщика при изменении цены по каждому виду поставляемых комплектующих изделий на величины $\Delta p_j (j = \overline{1, J})$, то есть должно выполняться неравенство

$$\Delta\Phi(x) \geq \Delta f(\Delta p). \quad (20)$$

С учетом (11) и (19) неравенство (20) представим следующим соотношением:

$$\frac{T}{b} \left[(p_0 - c_0^V) - \sum_{j=1}^J p_j \lambda_j + p_m a_m b \right] \geq \sum_{j=1}^J x_j \Delta p_j. \quad (21)$$

Одним из возможных вариантов ограничений с позиции критерия заказчика на изменение договорной цены, которое следует из (21) и (8), могут быть следующие неравенства:

$$\frac{1}{a_h b} \left[(p_0 - c_0^V) - \sum_{j=1}^J p_j \lambda_j + p_m a_m b \right] \geq \Delta p_h, \quad (22)$$

где $h = 1, \dots, J$.

Равенство в (22) определяет верхнюю границу изменения договорных цен, при которых заказчик экономически заинтересован делиться частью своего эффекта с поставщиком.

Учитывая (14), диапазон изменения договорных цен представим следующим соотношением:

$$\frac{1}{a_h b} \left[(p_0 - c_0^V) - \sum_{j=1}^J p_j \lambda_j + p_m a_m b \right] \geq \Delta p_h \geq \frac{a_m}{a_h} d_m - d_h, \quad (h = \overline{1, J}). \quad (23)$$

Реализация неравенства (23) позволяет согласовать интересы как поставщика, так и потребителя.

Таким образом, заказчик, выбирая величины изменения цен из диапазона (23), создает такие условия (если диапазон существует), в которых поставщик экономически заинтересован в комплектной поставке своей продукции, а заказчику выгодно стимулировать поставщика за комплектный выпуск продукции путем установления более высоких договорных цен. Существование диапазона изменения договорных цен в виде замкнутой области (23) выступает как требование к механизму взаимодействия, реализовать которое можно, изменяя параметры модели принятия решений поставщиком (1) на этапе реализации плановых заданий и модели принятия решений заказчиком (15) на этапе планирования выпуска продукции.

Список литературы

1. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Теория активных систем: состояние и перспективы. – М.: Синтег, 1999. – 128 с.
2. Новиков Д. А. Стимулирование в организационных системах. – М.: Синтег, 2003. – 312 с.

FORMATION OF FACTOR – COORDINATED COMPLETE SUPPLY MECHANISM OF INTERACTION IN THE «CUSTOMER-SUPPLIER» SYSTEM

© 2004 V. D. Bogatyrev

Samara State Aerospace University

The paper deals with the formation of a factor-coordinated mechanism of interaction between a customer and a supplier. Completing items supply is taken as an example. The author proposes to carry out coordinated interactions by changing contract prices of completing items so as to make a supplier interested in meeting the customer's requirements accurately. Conditions characterizing the lower and the upper margins of changing contract prices are shown. The condition of economic expediency of realizing coordinated interaction is also introduced.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЗМА СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИНИМАЕМЫХ БАНКОМ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ДЕПОЗИТНО-КРЕДИТНЫХ ОПЕРАЦИЙ

© 2004 Д. З. Вагапова

Самарский государственный аэрокосмический университет

При известных функциях предложения и спроса на кредиты определены равновесные значения процентной ставки и соответствующие ей равновесные значения объемов предложения и спроса на кредиты, описан итерационный процесс формирования равновесных значений и найдены условия его устойчивости.

В рыночной экономике, где действует механизм спроса и предложения, повышение или снижение ставки процента по депозитам и кредитам в рамках процентно-ценовой стратегии может привести как к уменьшению доходов банка при реализации его депозитно-кредитных операций, так и к их росту. Так, снижение ставки по депозитам вместо ожидаемого возрастания банковских доходов может привести к обратному эффекту из-за оттока вкладов, уменьшения объемов привлекаемых ресурсов, необходимых для кредитования заемщиков. И, наоборот, повышение ставки процента по депозитам может привести не к снижению доходов, а к их росту в связи с увеличением объемов депозитных операций. Точно так же повышение ставки процента по кредитам может привести как к росту доходов при реализации кредитных операций, так и к их снижению вследствие возможного уменьшения объема кредитных операций [1].

Исследуем влияние механизма спроса и предложения на результаты принимаемых решений в процессе реализации депозитно-кредитных операций. Для этого рассмотрим следующую ситуацию на денежном рынке: предложение ресурсов со стороны вкладчиков характеризуется объемом P_0 и процентной ставкой β_0 , а спрос на кредиты со стороны заемщиков характеризуется объемом A_0 и процентной ставкой α_0 . Банк определяет объемы привлекаемых x и вовлекаемых в кредиты y ресурсов, чтобы обеспечить максимальный операционный доход OD . Предпо-

ложим, что срок хранения τ депозитов равен сроку погашения кредита, который составляет один год ($\tau = 1$), а привлекаемые ресурсы полностью вовлекаются в кредит ($x = y$). Тогда модель принятия решений имеет следующий вид:

$$OD(y, x) = \tau(\alpha_0 y - \beta_0 x) - \alpha_0 y - \beta_0 x \rightarrow \max_{x \in X^2} \quad (1)$$

где $X = \{(y, x) / y \leq A_0, x \leq P_0, x = y \geq 0\}$ - допустимое множество возможных значений объемов депозитов и кредитов.

Как следует из модели (1), банк выбирает такие величины объемов привлекаемых x и размещаемых в кредиты y ресурсов при заданных уровнях процентных ставок α_0 и β_0 , заданных величинах предложения ресурсов P_0 и спроса на кредиты A_0 , которые обеспечивают максимальное значение операционного дохода $OD(y, x)$.

Модель (1) с двумя переменными можно свести к эквивалентной ей по конечным результатам решения следующей модели с одной переменной:

$$OD(x) = (\alpha_0 - \beta_0)x \rightarrow \max, \\ x \leq \min(A_0, P_0) \geq 0. \quad (2)$$

Решение задачи (1) сводится к следующему простому уравнению:

$$y^0 = x^0 = \min(A_0, P_0). \quad (3)$$

Из (3) следует, что если на депозитно-

кредитном рынке имеется баланс между спросом кредитов и предложением ресурсов ($A_0 = \Pi_0$), то банк выбирает любую из двух величин. Если спрос на кредиты превышает предложение ресурсов ($A_0 > \Pi_0$), то в качестве оптимального объема кредитов выбирается величина предложения ресурсов $y^0 = \Pi_0$. Если предложение ресурсов превышает спрос на кредиты, то оптимальный объем кредитов равен величине спроса на них $y^0 = A_0$.

Пусть конъюнктура на депозитно-кредитном рынке характеризуется соотношением $A_0 > \Pi_0$.

Тогда в соответствии с (3) оптимальным решением является следующая система уравнений:

$$y^0 = x^0 = \Pi_0, \quad OD^0 = (\alpha_0 - \beta_0)\Pi_0. \quad (5)$$

Найденное оптимальное решение модели (1) соответствует оптимальному предложению кредитов y^0 и спросу на ресурсы x^0 со стороны банка в рассматриваемой ситуации.

В общем случае величина операционного дохода зависит не только от объемов привлеченных и вовлеченных в кредиты ресурсов, но и от уровней процентных ставок. Исследуем вначале влияние механизма предложения ресурсов со стороны вкладчиков и их спроса со стороны банка на результаты принимаемых решений.

Предположим, что с повышением процентной ставки по депозитам предложение ресурсов со стороны вкладчиков увеличивается в соответствии с зависимостью

$$\Pi(\beta) = \Pi_0 + K(\beta - \beta_0), \quad (6)$$

где $K > 0$ – коэффициент, характеризующий прирост предложения ресурсов со стороны вкладчиков в связи с ростом ставки процента по депозитам; Π_0 – предложение ресурсов со стороны вкладчиков при ставке процента по депозитам, равной β .

Учитывая (6), представим (2) в виде

$$OD(x, \beta) = (\alpha_0 - \beta)x(\beta) \xrightarrow{x, \beta} \max, \\ x(\beta) \leq \min(A_0, \Pi(\beta)), \quad \Pi(\beta) = \Pi_0 + K(\beta - \beta_0), \\ \underline{\beta} \leq \beta \leq \bar{\beta}, \quad (7)$$

где $\underline{\beta}, \bar{\beta}$ – нижняя и верхняя границы изменения ставки процента по депозитам.

Банк в соответствии с (7) выбирает такой объем привлекаемых ресурсов $x(\beta)$ и такой уровень процентной ставки депозита β , которые обеспечивают максимальное значение его целевой функции.

Решение (7) зависит от сложившейся на депозитно-кредитном рынке конъюнктуры и, в первую очередь, от соотношения между спросом на кредиты A_0 и предложением ресурсов $\Pi(\beta)$. Пусть соотношение между спросом на кредиты и предложением ресурсов характеризуется неравенством

$$\Pi(\beta) < A_0. \quad (8)$$

Тогда согласно (7) спрос на ресурсы со стороны банка равен предложению их со стороны вкладчиков:

$$x(\beta) = \Pi(\beta). \quad (9)$$

С учетом (9) модель (7) примет вид

$$OD(\beta) = \alpha_0(\Pi_0 - K\beta_0) + \\ + (K(\alpha_0 + \beta_0) - \Pi_0)\beta - K\beta^2 \xrightarrow{\beta} \max, \quad (10) \\ \underline{\beta} \leq \beta \leq \bar{\beta}.$$

Из (10) определяется такой уровень процента ставки депозита β из заданного диапазона, который обеспечивает максимальное значение операционного дохода. В процессе решения задачи (10) следует учитывать две противоположные по влиянию процентной ставки β на величину операционного дохода тенденции: с ростом уровня процентной ставки разность $(\alpha_0 - \beta)$ уменьшается, а в соответствии с (7) объем предложения $\Pi(\beta)$ и, следовательно, в соответствии с (9) объем спроса $x(\beta)$ на ресурсы увеличивается. В зависимости от того, какая тенденция преоб-

ладает, банк строит свою стратегию поведения на депозитно-кредитном рынке или на повышение процентной ставки, или на понижение.

Определим, при каких условиях с ростом процентной ставки β величина операционного дохода увеличивается.

Найдем оптимальное значение процентной ставки β^0 , при которой операционный доход принимает максимальное значение, из условия экстремума

$$\frac{\partial OD}{\partial \beta} = K(\alpha_0 + \beta_0) - \Pi_0 - 2K\beta^0 = 0. \quad (11)$$

Из (11) оптимальное решение задачи (10) равно

$$\beta^0 = \frac{K(\alpha_0 + \beta_0) - \Pi_0}{2K}. \quad (12)$$

Из (12) следует, что в зависимости от величины коэффициента K , характеризующего прирост предложения ресурсов со стороны вкладчиков в связи с увеличением процентной ставки депозита, оптимальное значение процентной ставки β^0 изменяется. Так, если коэффициент K удовлетворяет неравенству

$$K \geq \Pi_0 / (\alpha_0 + \beta_0), \quad (13)$$

то оптимальное значение процентной ставки депозита или равно нулю, или является неотрицательной величиной.

Если $K = \Pi_0 / (\alpha_0 + \beta_0)$, то оптимальная процентная ставка депозита равна нулю ($\beta^0 = 0$). Это означает, что банку невыгодно повышать процентную ставку на всем диапазоне ее изменения, так как это приводит к снижению операционного дохода.

Если коэффициент K удовлетворяет уравнению

$$K = \underline{K} = \Pi_0 / (\alpha_0 + \beta_0 - 2\underline{\beta}), \quad (14)$$

то оптимальная процентная ставка депозита равна нижней границе ее изменения

$$\beta^0 = \underline{\beta}. \quad (15)$$

Это означает, что банку невыгодно повышать процентную ставку депозита на всем диапазоне ее изменения.

Если коэффициент K удовлетворяет уравнению

$$K = K_0 = \Pi_0 / (\alpha_0 - \beta_0), \quad (16)$$

то оптимальная процентная ставка депозита

$$\beta^0 = \beta_0. \quad (17)$$

Это означает, что банку выгодно повышать процентную ставку депозита на величину

$$\Delta\beta = (\beta_0 - \underline{\beta}) \text{ при условии } \beta^0 > \underline{\beta}.$$

Повышение процентной ставки относительно оптимального уровня $\beta^0 = \beta_0$ до верхней

границы на величину $\Delta\beta = (\bar{\beta} - \beta_0)$ снижает операционный доход. Таким образом, область допустимых значений процентной ставки разделена в этой ситуации на две подобласти: выгодную для повышения процентной ставки и невыгодную. Эти две подобласти разделены значением процентной ставки $\beta^0 = \beta_0$.

Если коэффициент K удовлетворяет уравнению

$$K \geq \underline{K} = \Pi_0 / (\alpha_0 + \beta_0 - 2\underline{\beta}), \quad (18)$$

то оптимальная процентная ставка депозита равна или больше верхней ее границы

$$\beta^0 \geq \bar{\beta}. \quad (19)$$

Это означает, что банку выгодно повышать процентную ставку депозита на всем диапазоне ее изменения до верхней границы $\bar{\beta}$.

Однако следует отметить, что если знаменатель уравнения (18) близок к нулю

$$\alpha_0 + \beta_0 - 2\underline{\beta} \approx 0,$$

то коэффициент \bar{K} принимает бесконечно большое число. Это соответствует тому, что

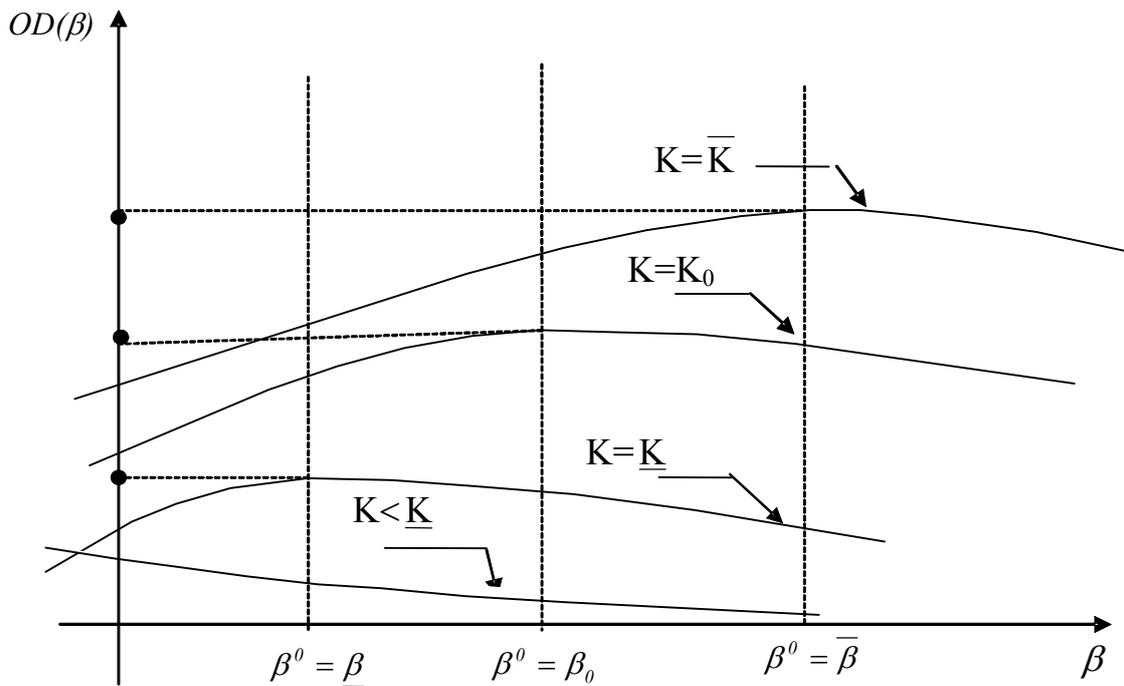


Рис. 1. График изменения операционного дохода от изменения процентной ставки депозита при различных значениях коэффициента K

чувствительность предложения ресурсов со стороны вкладчиков к изменению процентной ставки депозита принимает скачкообразный характер, что в условиях стабильной работы рынка практически не может соответствовать действительности.

На рис. 1 представлены кривые изменения операционного дохода от изменения процентной ставки депозита при различных значениях коэффициента K .

На рисунке показано, что максимальные значения операционного дохода соответствуют величинам $K = \underline{K}$, $K = K_0$ и $K = \bar{K}$. При $K < \underline{K}$ и $K = \underline{K}$ с ростом процентной ставки

β операционный доход уменьшается, и поэтому стратегия банка состоит в поддержании процентной ставки на нижней границе $\underline{\beta}$.

Таким образом, стратегия поведения банка по определению процентной ставки, описываемая моделью (10), в полной мере зависит от коэффициента K , характеризующего темп прироста предложения ресурсов со стороны вкладчиков при изменении процентной ставки депозита.

Список литературы

1. РоузПитер С. Банковский менеджмент: предоставление финансовых услуг. Пер. с англ. - М.: Дело, 1997. - 768 с.

THE MODEL OF ECONOMIC INTERACTION BETWEEN A BANK AND BANK LOAN-HOLDERS ON THE LOAN MARKET

© 2004 D. Z. Vagapova

Samara State Aerospace University

There are certain functions of the credit supply and demands in accordance which with the equilibrium rate and corresponding to it the equilibrium credit supply-demand situation are determined, the iterate process of defining equilibrium denotations is described and the stability conditions are determined.

ВЕСТНИК
САМАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени академика С. П. КОРОЛЕВА

№ 2 (6)

2004

Корректор **Карпова Л. М.**
Компьютерная верстка **Коломиец В. В.**
Переводчик **Безрукова Е. И.**
Технолог **Прилепский И. В.**

Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Тираж 200. Заказ 21.

Отпечатано в отделе интеллектуальной собственности и информационного обеспечения
Самарского государственного аэрокосмического университета
443086 Самара, Московское шоссе, 34