ВЕСТНИК

Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева

Выпуск 4 (17)

Главный редактор
доктор экономических наук
профессор
Г. П. Беляков

Заместитель главного редактора
доктор технических наук
профессор
Л. Г. Шаймарданов

Редакционная коллегия:
Т. В. Зеленская,
М. В. Краев,
А. Н. Ловчиков,
А. В. Медведев,
В. А. Охорзин,
К. Г. Охоткин (отв. секретарь),
А. С. Паршин,
З. Г. Сангадиев,
С. И. Сенашов,
В. Г. Сомов,
Ю. А. Филиппов

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

Издание зарегистрировано
Федеральной службой
по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций
и охраны культурного наследия

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

Редакторы Ю. С. Погуца, В. Ю. Палавaева
Компьютерная верстка А. А. Филонова
Подп. в печать 20.12.2007. Формат 70×108/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Усл. печ. л. 19,25.
Уч.-изд. л. 33,3. Тираж 500 экз. Заказ 1023. С 80/7.
Редакционно-издательский отдел
Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та.
660014, г. Красноярск,
просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31.
Отпечатано в типографии «Город».
660028, г. Красноярск, ул. Водопьянова, 2-241.

© Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, 2007
© Коллектив авторов, 2007

УДК 681.333(088.8)

Е. А. Мизрах, А. С. Сидоров

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАТОРА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ НЕПРЕРЫВНЫМ УСИЛИТЕЛЕМ МОЩНОСТИ

Рассмотрены результаты моделирования имитатора солнечных батарей с параллельным непрерывным усилителем мощности.

В настоящее время увеличение мощности солнечных батарей (СБ) космического аппарата (КА) идет по пути повышения напряжения холостого хода. По этой причине при разработке имитаторов [1], воспроизводящих динамические характеристики СБ, возникают трудности с ограничением мощности рассеивания непрерывных регуляторов. Авторами исследован новый способ ограничения мощности, рассеиваемой регулирующими элементами (РЭ) непрерывного усилителя мощности (НУМ), и предложено использовать НУМ с включением параллельно нагрузке непрерывных регулирующих элементов (НРЭ) и стабилизировать ток, протекающий через НРЭ.

Для проведения вычислительного эксперимента в пакете MicroCAP 7.1 были разработаны имитационные модели подсистем и схемы имитатора СБ с НУМ параллельного типа (рис. 1). В схеме моделирования используются следующие PSpice модели элементов: операционный усилитель К544УД2А (X1-X4), биполярные транзисторы BC307A (VT2, VT3-VT11, VT13, VT15), BC107B (VT1, VT12, VT14, VT16), полевой транзистор IRFP250 (VT17).

Имитатор СБ с НУМ параллельного типа состоит из измерителя тока (ИТ1) нагрузки, выходной сигнал которого поступает на прямой вход усилителя напряжения (УН1). На инвертирующий вход УН1 с выхода функционального преобразователя (ФП) поступает эталонное напряжение $U_Э$, определяющее вольтамперную характеристику имитатора. ФП состоит из источника опорного тока (ИОТ), резистивной матрицы, транзисторных ключей и преобразователя тока в напряжение (ПТН). С выхода УН1 сигнал подается на корректирующее устройство (КУ1), которое обеспечивает устойчивость непрерывного стабилизатора тока, образованного УН1, КУ1, НУМ и ИТ1. Питание схемы производится от идеального источника тока (ИИТ). Измеритель тока ИТ2 служит для контроля состояния НУМ. Индуктивности $L1$ и $L2$ имитируют паразитную индуктивность соединительных проводов и повышают точность моделирования динамических характеристик имитатора СБ.

В соответствии с разработанной авторами методикой [2] были рассчитаны корректирующие устройства: КУ1, обеспечивающее устойчивость стабилизатора тока и имитатора в целом, и КУ2, которое обеспечивает воспроизведение имитатором требуемого адмитанса (полной внутренней проводимости) СБ.

В процессе моделирования имитатора СБ непрерывного типа были получены следующие характеристики:

– ВАХ ИСБ и приведенная погрешность воспроизведения ВАХ (рис. 2);

– графики мощности;

– адмитансные частотные характеристики (АдЧХ) и погрешности их воспроизведения;

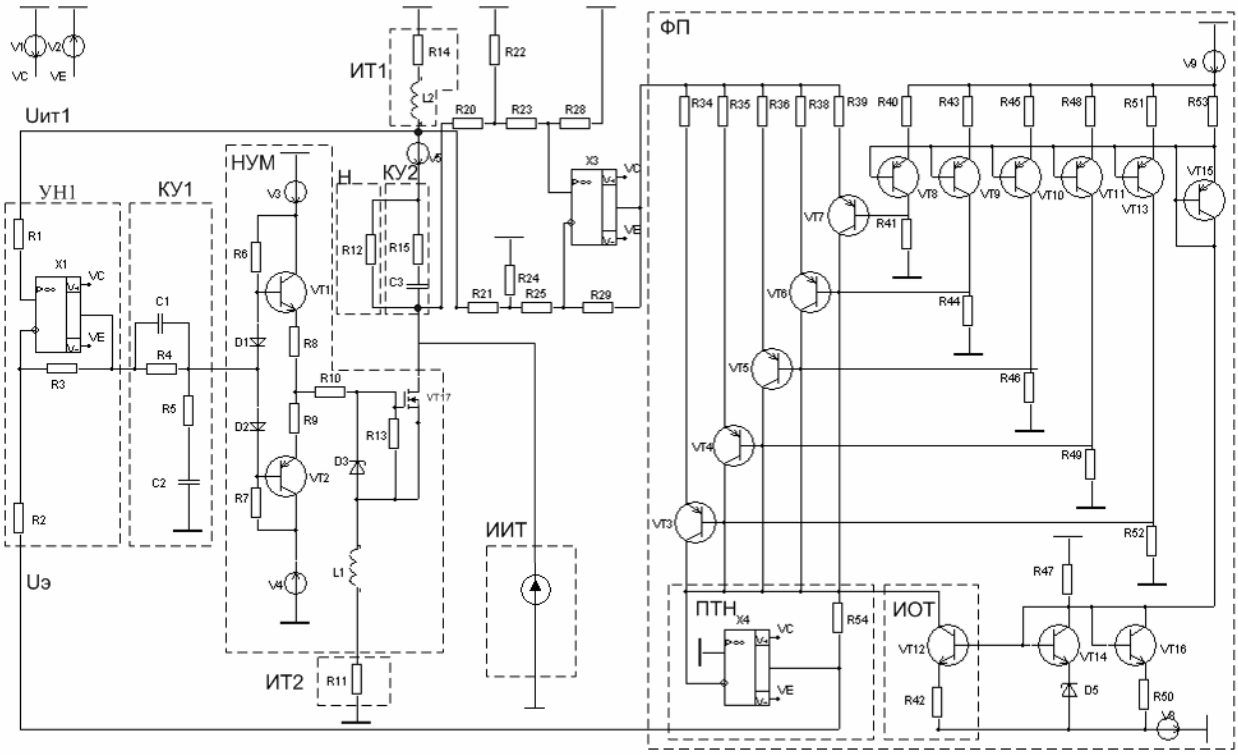


Рис. 1. Схема моделирования имитатора СБ с НУМ параллельного типа

– переходные процессы при коммутации нагрузки в широком диапазоне (от режима короткого замыкания до холостого хода).

Оценка точности воспроизведения имитатором требуемой ВАХ производится по величине приведенной ошибки $\delta_{прU}$ по напряжению $\delta_{прU} = \Delta U / U_{xx}$, где $\Delta U(I)$ – абсолютная ошибка воспроизведения (разность между заданным и действительным значениями напряжения при данном токе I нагрузки); U_{xx} – напряжение холостого хода.

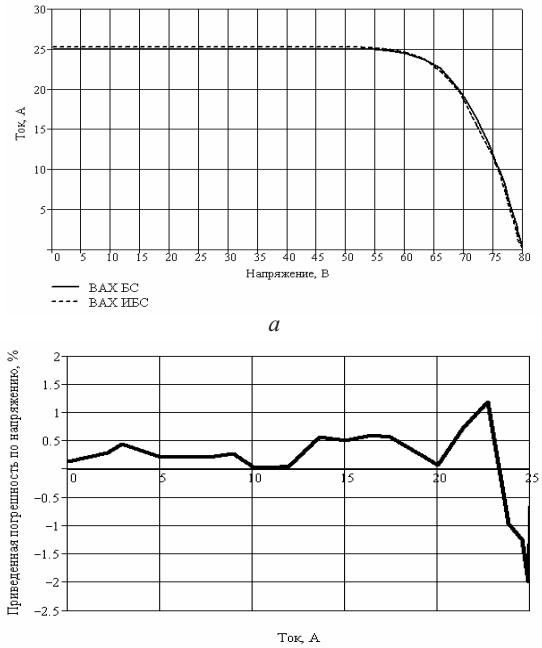


Рис. 2. ВАХ ИСБ непрерывного типа и погрешность ее воспроизведения: *а* – ВАХ имитируемой СБ и имитатора СБ; *б* – приведенная ошибка по напряжению $\delta_{прU}$

График ошибки отображает, что максимальная погрешность воспроизведения ВАХ имеет место в режиме короткого замыкания и не превышает 2 %, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к имитаторам СБ.

Погрешность воспроизведения АдЧХ имитатора СБ (рис. 3) непрерывного типа найдена по выражению

$$\delta(f) = \frac{Y_{БС}(f) - Y_{ИБС}(f)}{Y_{БС}(f)} \cdot 100\ \%.$$

Относительная ошибка $\delta(f)$ не превышает 4,6 %, что обеспечивает заданную точность воспроизведения АдЧХ СБ.

В ИСБ параллельного типа максимальная рассеиваемая мощность соответствует области холостого хода и достигает весьма существенной величины (рис. 4).

В режиме холостого хода регулирующий элемент рассеивает всю мощность источника питания (рис. 5).

Для ограничения мощности, рассеиваемой на непрерывном регулирующем элементе при широкодиапазонном регулировании нагрузки, авторами предложено ввести импульсный источник питания, осуществляющий стабилизацию тока через НРЭ.

Импульсный стабилизатор тока (ИСТ) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) состоит из следующих основных устройств (рис. 6): источника опорного напряжения (ИОН), измерителя тока (ИТ2), усилителей напряжения (УН2 и УН3), корректирующего устройства (КУ3), генератора пилообразного напряжения (ГПН), источника питания (ИП), ключа (КЛ) и фильтра (Ф).

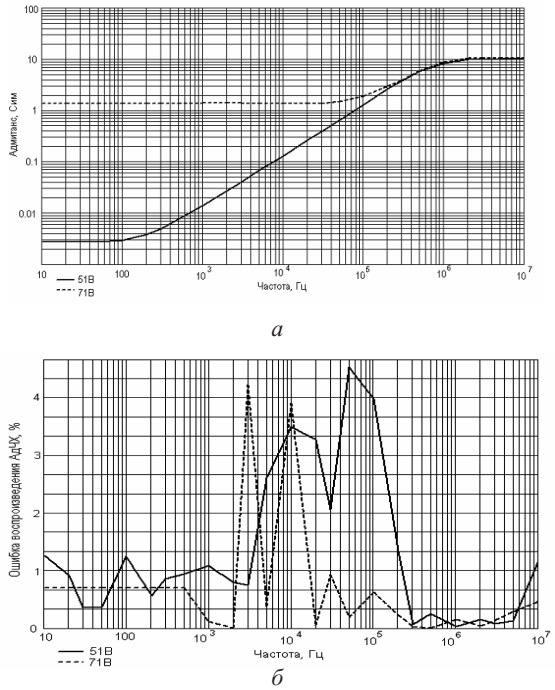


Рис. 3. АдЧХ ИСБ непрерывного типа в двух точках ВАХ и погрешности их воспроизведения: *а* – АдЧХ ИСБ в двух точках ВАХ (51В, 71В); *б* – ошибка воспроизведения АдЧХ ИСБ

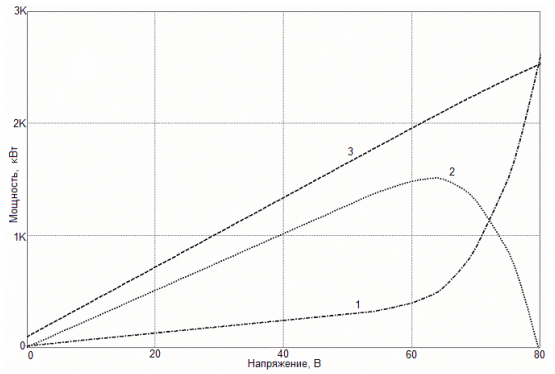


Рис. 4. Графики мощностей имитатора СБ: *1* – мощность, рассеиваемая РЭ НУМ; *2* – полезная мощность; *3* – потребляемая мощность

В схеме моделирования ИСТ (рис. 6) напряжение с выхода ИОН сравнивается с усиленным напряжением ИТ2, что приводит к стабилизации тока $I_{НРЭ}$ через НРЭ. Мощность, рассеиваемая НРЭ, $P_{НРЭ} = U_{Н} \cdot I_{НРЭ}$ и линейно возрастает (рис. 7) с увеличением напряжения на нагрузке.

Величина $I_{НРЭ}$ выбирается такой величины, чтобы обеспечить приемлемую мощность рассеивания НРЭ.

Расчет параметров корректирующего устройства КУ3 произведен в предположении, что полюса передаточной функции разомкнутого контура ИСТ определяются параметрами LC-фильтра, а инерция остальных устройств ИСТ пренебрежительно мала.

В процессе моделирования ИСБ с параллельным включением импульсного и непрерывного усилителей мощности были получены следующие характеристики:

– графики мощности;

– ВАХ ИСБ и погрешность ее воспроизведения;

– АдЧХ в двух точках ВАХ и погрешности их воспроизведения;

– переходные процессы при коммутации нагрузки в широком диапазоне.

Стабилизация тока через НРЭ увеличивает максимальную погрешность до 2,1 % (рис. 8), что несколько больше чем в случае ИСБ непрерывного типа, но отвечает предъявляемым к имитатору требованиям.

Ошибка воспроизведения АдЧХ не превышает 5 % (рис. 9), что практически совпадает с погрешностью ИСБ непрерывного типа.

Анализируя графики переходных процессов в отдельных подсистемах ИСБ при широкодиапазонной коммутации нагрузки и со стабилизацией тока через регулирующий элемент $I_{НРЭ}$ = 6А (рис. 10), можно сделать следующие выводы:

– введение ИСТ увеличивает длительность фронта нарастания напряжения на нагрузке при переходе из режима короткого замыкания в режим холостого хода, так как НУМ входит в режим насыщения и длительность переходного процесса определяется быстродействием ИСТ;

– необходимо применять технические решения, увеличивающие быстродействия ИСТ при коммутации нагрузки в широком диапазоне;

– в переходном режиме мощность рассеивания НРЭ в среднем не превышает максимальной мощности рассеивания НРЭ в статическом режиме, кратковременная импульсная перегрузка не страшна НРЭ.

В целом по результатам моделирования схемы ИСБ с ИСТ можно сделать следующие выводы:

– введение ИСТ позволяет существенно ограничить мощность, рассеиваемую на регулирующем элементе.

– введение ИСТ не ухудшает точность воспроизведения имитатором вольтамперных характеристик и адмитансных частотных характеристик СБ.

– рассмотренную схему построения ИСБ целесообразно применять в случаях, когда напряжение холостого численно превышает ток короткого замыкания, то есть при выполнении условия $\frac{I_{КЗ}}{U_{XX}} < 1$.

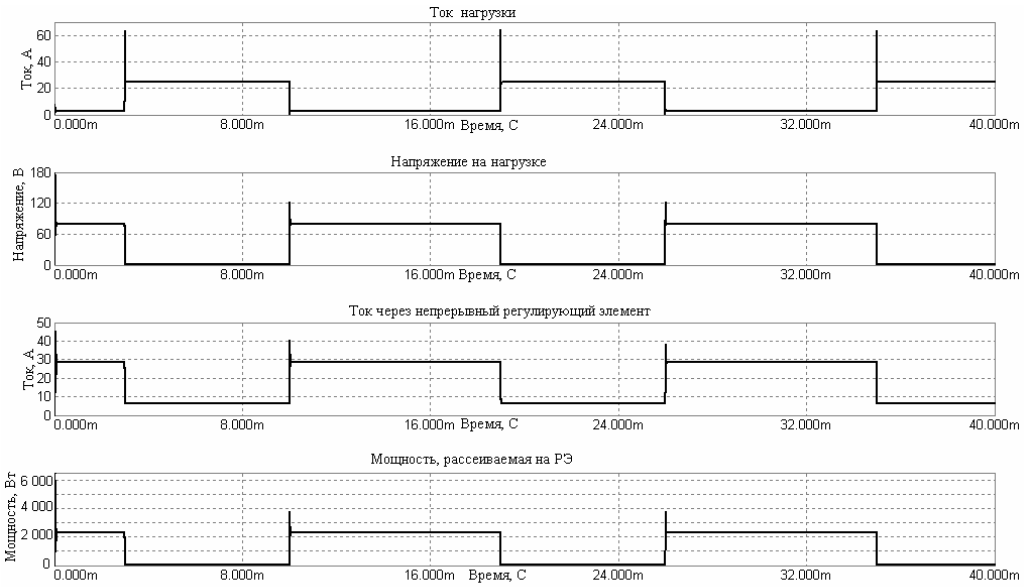


Рис. 5. Графики переходных процессов при широкодиапазонной коммутации нагрузки

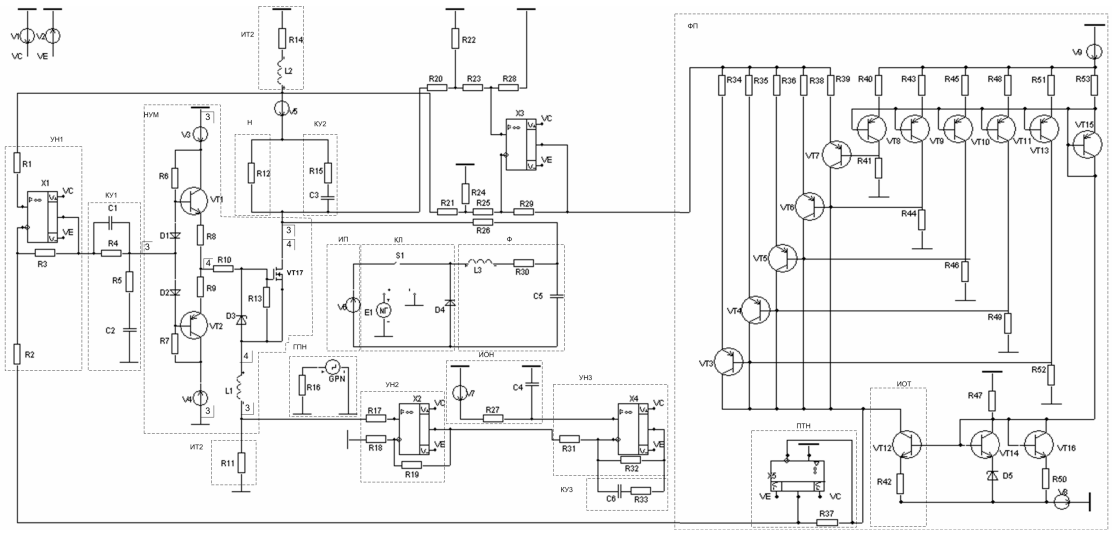


Рис. 6. Схема моделирования имитатора СБ с импульсным стабилизатором тока

Библиографический список

1. Мизрах, Е. А. Моделирование имитатора солнечных батарей с каскадным включением импульсного и непрерывного усилителей мощности / Е. А. Мизрах, А. С. Сидоров // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университет имени академика М. Ф. Решетнева / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Вып. 1 (14). Красноярск, 2007.

2. Мизрах, Е. А. О синтезе адмитансных частотных характеристик имитатора солнечной батареи / Е. А. Мизрах, А. С. Сидоров, Р. В. Балакирев // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Вып. 2 (9). Красноярск, 2006.

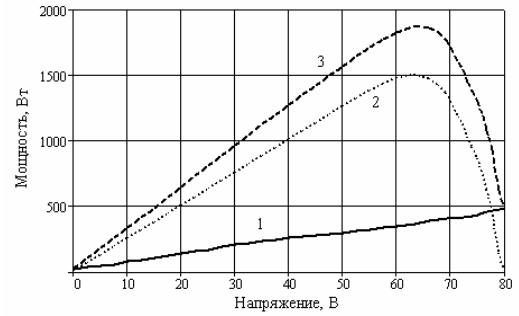
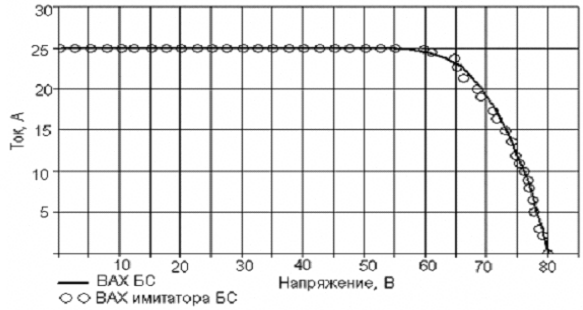
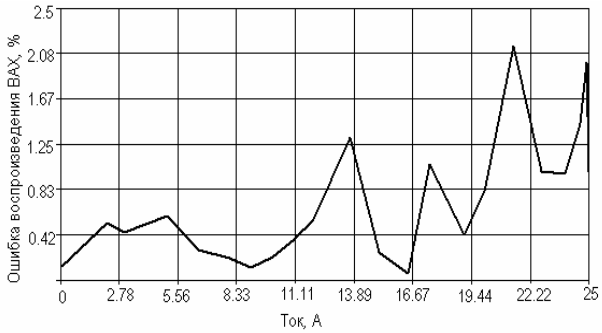


Рис. 7. Графики мощностей в ИСБ с ИСТ:
1 – мощность, рассеивания НРЭ; *2* – полезная мощность;
3 – потребляемая мощность

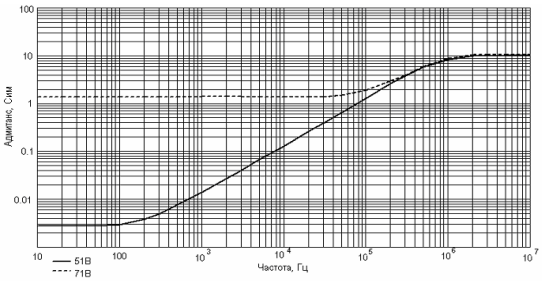


а

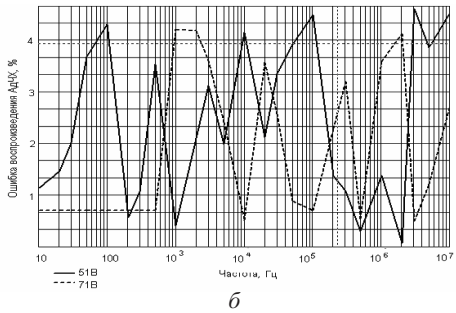


б

Рис. 8. Характеристики ИСБ параллельного типа со стабилизацией тока через НРЭ:
а – ВАХ имитируемой СБ и имитатора СБ;
б – приведенная ошибка по напряжению $\delta_{прU}$



а



б

Рис. 9. Частотные характеристики ИСБ параллельного типа со стабилизацией тока через НРЭ:
а – АдЧХ ИСБ в двух точках ВАХ (51В, 71В); *б* – ошибка воспроизведения АдЧХ ИСБ

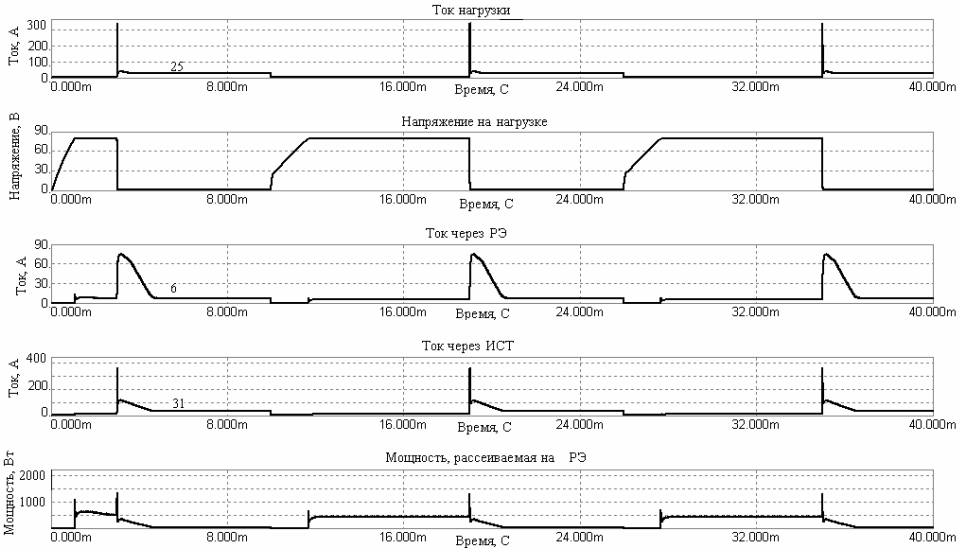


Рис. 10. Графики переходных процессов при широкодиапазонной коммутации нагрузки

E. A. Mizrakh, A. S. Sidorov

THE ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC ARRAY SIMULATOR WITH CASCADE PARALLEL CONTINUOUS POWER AMPLIFIERS

The results of analysis of photovoltaic array simulator with parallel continuous power amplifiers are presented.

УДК 629.783.051

В. Н. Школьный

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПОДСИСТЕМ СБОРА ИНФОРМАЦИИ БОРТОВОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА М. Ф. РЕШЕТНЕВА

Рассмотрено построение интегрированной подсистемы сбора информации для внешнего и внутреннего контура управления перспективных космических аппаратов (КА) Научно-производственного объединения прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева (НПО ПМ). Проанализированы технические требования, позволяющие оптимизировать информационный обмен. Рассмотрена возможность достижения уровня достоверности информации, достаточного для принятия решения. Приведен пример построения интегрированной подсистемы сбора информации.

Бортовые и наземные системы управления при правильном проектировании образуют единую распределенную в пространстве систему с параллельными асинхронными процессами.

Увеличение числа функций и, следовательно, сложности и стоимости бортовой части целесообразно только при снижении требований к наземным системам управления и достижении положительного технического и экономического эффекта.

На КА, эксплуатируемых в настоящее время, традиционно применяются две системы сбора информации: бортовая информационно-телеметрическая система, основной задачей которой является сбор и передача информации во внешний (наземный) контур управления, и подсистема сбора управляющей информации бортового цифрового вычислительного комплекса (БЦВК) для использования во внутреннем (автономном) контуре управления.

Для вновь разрабатываемых НПО ПМ КА с целью уменьшения нагрузки на наземный комплекс управления (НКУ) ставятся задачи дальнейшего повышения автономности КА, снижения объема передаваемой информации при оптимизации построения бортовых средств управления, в частности создания интегрированной системы сбора и обработки информации на борту, принятия решений на борту и т. д.

Анализ современных тенденций развития бортовых информационно-телеметрических систем и подсистем сбора информации (ПСИ) для бортовых управляющих вычислительных комплексов, реально сложившегося функционального использования телеметрической и управляющей информации, тенденции сходимости схемотехнических решений, применяемой элементной базы высокой степени интеграции, унификации датчиково-преобразующей аппаратуры, требований минимизации массогабаритных и энергетических затрат позволяет сделать вывод о необходимости применения единой интегрированной подсистемы сбора информации для внешнего и внутреннего контура управления КА.

Исходя из условий применений интегрированной ПСИ, расширения ее функциональных возможностей сформулированы дополнительные технические требования, позволяющие оптимизировать информационный обмен как во внутреннем, так и во внешнем контурах управления космическим аппаратом:

1. Интегрированная ПСИ должна обеспечивать сбор информации со всех типов датчиков, используемых как во внутреннем, так и во внешнем контуре управления:

– определение состояния двухуровневых телеметрических (ТМ) датчиков;

– 8-разрядная оцифровка показаний температурных ТМ датчиков;

– 8-разрядная оцифровка показаний однополярных аналоговых ТМ датчиков;

– 12-разрядная оцифровка показаний двухполярных аналоговых ТМ датчиков.

2. Информационно-логическое сопряжение с бортовой аппаратурой: прием и запоминание импульсных сигналов, 16-разрядных, 32-разрядных слов, 512-разрядных массивов, числоимпульсных кодов.

3. Формирование ТМ структуры интерфейса «борт-земля».

4. Допусковый контроль ТМ датчиков.

5. Запоминание результатов измерения и результатов допускового контроля.

6. Прием и исполнение команд управления.

7. Сопряжение интерфейсов с командно-измерительной системой (КИС) и БЦВМ.

Важнейшим аспектом создания интегрированной ПСИ является обеспечение достоверности информации, необходимой для принятия решения по управлению.

Решения по управлению могут приниматься как с целью изменения режима работы спутника или его целевой аппаратуры, так и парирования аномальных ситуаций на борту. В любом случае ошибка при принятии решения может привести к достаточно серьезным последствиям: от срыва выполнения целевой задачи и вывода КА из системы до полной потери аппарата.

Одной из важных составляющих принятия правильного решения по управлению является использование достоверной информации. Сам процесс обеспечения потребителей во внутреннем и внешнем контурах управления достоверной информацией является достаточно сложным и многоуровневым, начиная с уровня разработки общих требований к объему параметров, необходимых для управления и контроля КА в целом, уровня выбора и схемной реализации контрольных параметров, при разработке бортового оборудования, создания бортовой кабельной сети сбора и передачи ТМ информации, уровня собственно бортовой аппаратуры сбора и обработки информации и заканчивая уровнем средств доставки и предоставления информации потребителю (радиолиния, средства наземной автоматизированной обработки телеметрической информации), которые зачастую не разрабатываются для каждого конкретного КА, но являются черезвычайно важными с точки зрения обеспечения потребителя достоверной информацией. В общем случае можно рассматривать следующие факторы, приводящие к получению недостоверной информации:

– необратимый отказ в преобразователе, линии передачи или схеме обработки параметра;

– воздействие кондуктивных и электромагнитных помех;

– единичные сбои.

Для каждого из этих факторов существуют известные методы защиты от получения недостоверной информации, например, резервирование, экранировка линий связи, использование мажоритарных схем, математическая обработка измерений и т. д.

Примером интегрированной ПСИ может являться аппаратура сбора и выдачи телеметрической информации (АСВТМИ), входящая в состав бортового информационно-вычислительного комплекса (БИВК).

Контроллер телеметрии реализован в секции мультиплексора на базе модулей мультиплексора и моста (см. рисунок).

В состав контроллера входят следующие узлы:

1) микроконтроллер ADSP1281, имеющий в своем составе оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) данных и ОЗУ программ;

2) постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) программ, состоящее из двух банков FLASH;

3) ОЗУ моста, которое представляет собой память с одновременным доступом со стороны микроконтроллера и каналов А, Б ВМ БИВК;

4) мультиплексор обмена с контроллерами секций каналов основного и резервного набора измерительных модулей (всего четыре направления);

5) канал связи с КИС;

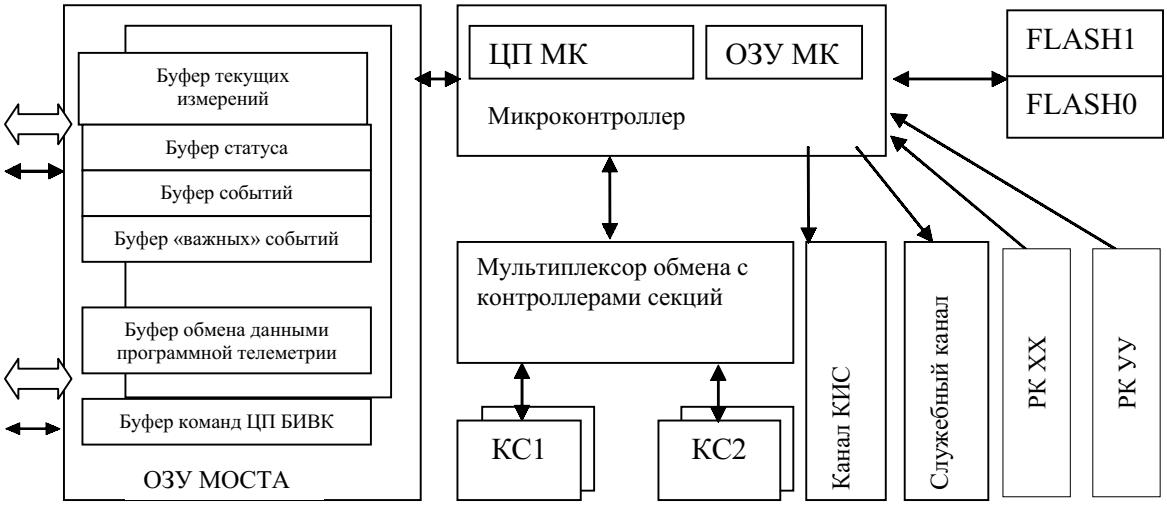
6) служебный канал, используемый для наземной отработки;

7) линии приема внешних разовых команд РК ХХ и РК УУ.

Структурно телеметрическая часть БИВК состоит из двух идентичных наборов измерительных модулей (ИМ): основного и резервного. Измерительная информация снимается только с одного из каждой пары «основной-резервный» модулей.

Модули внутри набора сгруппированы в измерительные секции, каждая секция связана отдельным интерфейсом с двумя мультиплексорами сбора телеметрической информации (ТИ). Опрос и обработка данных, а также раскладка данных в кадры для передачи в канал КИС выполняется на основании набора контекстных таблиц: первой – таблицы задания номеров измерительных каналов (ТНК), второй – таблицы алгоритмов обработки (ТАО).

Все измерительные модули работают параллельно. Измерительный цикл (50 мс) разбит на интервалы по 200 мкс. Таким образом, цикл каждого измерительного модуля содержит 250 интервалов. Интервал (200 мкс) обеспечивает измерение сигнала с одного ТМ датчика для аналоговых и температурных модулей либо одной группы из 5 входов для дискретных модулей. Для опроса датчиковой аппаратуры доступны 224 интервала за цикл,



Упрощенная структурная схема одного канала контроллера телеметрии

остальные зарезервированы для служебных целей: опроса калибровочных входов и обработки накопленной информации.

Порядок опроса определяется для каждого измерительного модуля персональной таблицей ТНК, содержащей для каждого измерительного интервала номер опрашиваемого входа и признак необходимости контроля обрыва кабельной сети для аналоговых модулей. Последовательным опросом одного и того же входа можно «растянуть» опрос и уменьшить влияние переходного процесса в линии или увеличить квант процессорного времени на обсчет предыдущего отсчета. Опрашивая один и тот же вход несколько раз в течение одного цикла, можно повысить частоту опроса для отдельных датчиков.

Полученные от измерительного модуля данные обрабатываются в контроллере секции подпрограммой, адрес которой находится в ТАО по индексу, соответствующему номеру канала. Для аналоговых параметров подпрограмма может включать цифровую фильтрацию или усреднение за цикл опроса, а для дискретных – выбор порога и длительности времени переключения для фиксации состояния (защиты от дребезга). Выходные буфера данных на этом этапе – одно 16-битное слово для каждого аналогового канала на весь цикл измерения (50 мс), 1 бит для каждого измерения каждого дискретного сигнала.

Значение каждого сигнала температуры или аналогового сигнала представляет собой 12 бит и упаковывается в одно 16-разрядное слово. При передаче аналоговых измерений в мультиплексор производится нормализация до 8 бит.

Кроме результатов измерений ТМ-параметров существуют следующие типы данных, для которых отводятся канальные интервалы и место в буфере ОЗУ данных передачи:

– аналоговые данные – значения калибровок, значения потребляемой мощности;

– дискретные данные – флаги состояния модулей, контрольные коды самотестирования.

Пересылка накопленных отсчетов производится асинхронно по запросу мультиплексора и не прерывает цикл опроса. Мультиплексор на основании контекстных таблиц раскладки формирует телеметрические кадры.

Аппаратное усреднение при опросе суммирует ряд последовательных, идущих друг за другом измерений одного канала и позволяет уменьшить влияние высокочастотного (свыше 15 КГц) шума и переходных процессов во входных аналоговых цепях. Программное интегрирование усредняет значение ряда значений измерений, разнесенных по циклам измерения, и позволяет уменьшить влияние низкочастотных (5–200 Гц) помех на аналоговые входы.

Нормализация аналоговых данных. Нормализация данных выполняется в следующем порядке:

1. Если обнаружены неисправности измерительного модуля или кабельной системы, выходному значению присваивается соответствующий код ошибки, и процедура нормализации завершается.

2. Сумма, накопленная в буфере промежуточного значения, уменьшается на величину значения 0 на калибровочном входе соответствующего модуля.

3. Если результат меньше, чем нижняя граница рабочего диапазона измерений, выходному значению присваивается кодовое значение ошибки выхода за нижнюю границу нормализации.

4. Если результат превышает верхнюю границу рабочего диапазона измерений, выходному значению присваивается кодовое значение ошибки выхода за верхнюю границу нормализации.

5. В остальных случаях результат уменьшается на величину базового смещения сигнала из ТАО (нижняя граница рабочего диапазона измерений). Полученная разность умножается на коэффициент нормализации. Коэффициент нормализации рассчитывается как 250, деленное на разность между верхней и нижней границами рабочего диапазона измерений.

6. Полученный процентный код в диапазоне от 0 до 249 принимается за выходное значение.

Примечание. Программное масштабирование измеренных значений аналоговых сигналов позволяет сохранить заданную точность измерений на различных участках рабочего диапазона датчиков, что позволяет унифицировать типономиналы применяемых датчиков. Нормализация до 8 бит позволяет уменьшить плотность потока данных аналоговых измерений при сохранении веса младшего дискрета 0,4 % от величины рабочего диапазона измерений.

Коды ошибок: 250 – резерв; 251 – обрыв в бортовой кабельной сети (БКС); 252 – ошибка выхода за нижнюю границу нормализации; 253 – ошибка выхода за верхнюю границу нормализации; 254 – резерв; 255 – резерв.

Дискретные каналы. Сигналы от дискретных датчиков считываются группами по 5. Все параметры съема для каждого из физических сигналов внутри группы одинаковы. Измерение уровня входного сигнала производится по двум порогам, результат может быть определен для каждой группы соответствующим параметром в ТАО по любому из порогов либо по двум сразу (режим триггера Шмидта). Выходные значения каждого модуля измерения дискретных сигналов упаковываются в один 80-битный буфер. Кроме текущих логических состояний, индицируется отдельными флагами наличие событий и запомненных состояний. Флаги событий и запомненных состояний сигнализируют о переходе сигнала в отслеживаемое состояние, в течение измерительного цикла, на время не менее, чем определено в ТАО.

При обнаружении события мультиплексор формирует запись в буфере событий, содержащую информационный срез текущего измерительного цикла, если событие помечено как «важное», то при наличии свободного места в буфере важных событий формируется также запись в буфере важных событий.

Информация о запомненных состояниях за цикл, полученная от измерительных модулей, добавляется (логическое ИЛИ) к содержимому зоны запомненного состояния цифровых датчиков буфера обмена данными программной телеметрии, что позволяет гарантированно отслеживать кратковременные изменения состояний дискретных датчиков.

Для передачи информации в НКУ АСВТМИ формирует ТМ сообщения в структуре телеметрических фор-

матов. Формат – это последовательность транспортировочных кадров (ТК). Аппаратура позволяет пользователю формировать до 8 форматов длиной от 1 до 32 кадров. Длина формата определяется пользователем для каждого формата отдельно. Любой из 8 форматов может состоять из любых доступных запрограммированных пользователем кадров.

Структура 8 типов форматов определяется в контекстной таблице «ТФКИС». В этой же таблице задается номер формата по умолчанию, этот формат является исходным после включения. Смена текущего формата может производиться программным путем от вычислительного модуля.

Структура транспортировочного кадра следующая:

– информационное поле кадра – 295…1 063 байт (551 по умолчанию);

– контрольная сумма кадра для информационного поля по алгоритму CRC16.

Контрольная сумма кадра (КСТК) расположена в последних 2 байтах кадра и подсчитывает контрольную сумму информационного поля, не включая саму контрольную сумму и первые байты информационного поля, количество которых определяется специальной константой.

Таким образом, АСВТМИ за счет аппаратной и программной обработки измерений, формирования служебных признаков и контрольной суммы позволяет существенно повысить достоверность информации, передаваемой в бортовой и наземный контур управления, увеличить автономность КА, снизив тем самым загрузку НКУ.

V. N. Shkolniy

OPTIMIZATION OF ON-BOARD CONTROL SUBSYSTEM CONSTRUCTION OF PROMISING SPACECRAFTS OF FSUE «ACADEMICIAN M. F. RESHETNEV NPO PM»

It is dealt integrated data gathering sub-system construction for external and internal (control) loop of promising NPO PM spacecrafts. Technical performance requirements enabled to optimize data exchange are analyzed. It is dealt scope for attainment of data authencity level that is sufficient for decision making. For illustration is cited the integrated data gathering sub-system construction.

УДК 519.68

Т. Р. Ильина, Г. Б. Хоролич

ЗАДАЧА ПЛАНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ НЕРЕГУЛЯРНОГО ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАКАЗОВ НА ОБСЛУЖИВАНИЕ

Выполнена формализация задачи планирования распределения транспортных ресурсов в условиях нерегулярного поступления заказов на обслуживание. Для данной оптимизационной задачи предложен регулярный поисковый алгоритм отыскания решения.

Рассмотрим систему, имеющую транспортные ресурсы для обслуживания заявок, поступающих нерегулярно в некоторые случайные моменты времени. Примерами таких систем являются предприятие, занятое выпуском мелкосерийной продукции, сеть обслуживания торговых точек, станция скорой помощи и другие подобные системы. В таких системах возникает задача многократного распределения ресурсов в произвольный момент времени. Если речь идет о производстве, то возникает задача распределения внутрицехового транспорта, обеспечивающего производственными ресурсами оборудование, занятое производственными операциями, либо задача распределения межцехового транспорта, предназначенного для обслуживания производственного процесса между цехами. Проблема поддержки непрерывности производственных процессов является актуальной для предприятий с мелкосерийным типом производства. Анализ таких предприятий показывает, что время, когда изделие находится непосредственно в обработке, составляет не более десяти процентов от времени изготовления изделия [1]. Остальное время приходится на процессы перемещения и хранения изделий и их составных частей. Если рассматривается сеть обслуживания торговых точек, то возникает задача распределения транспортных средств, занятых развозом товаров в условиях меняющегося рынка – это и изменение сети обслуживания, и появление новых товаров, и изменения в спросе. При работе станции скорой помощи возникает задача распределения машин по поступающим вызовам. Во всех этих примерах для успешной работы системы (отсутствия простоев оборудования, дефицита товаров, своевременного получения медицинской помощи) должно иметь место эффективное распределение транспортных ресурсов.

Таким образом, возникает необходимость частого решения специфических задач планирования загрузки транспортных ресурсов, причем в условиях дефицита времени, что затрудняет использование известных моделей и методов, которые обычно не учитывают новых условий и требуют значительного времени для вычислений [2].

Рассмотрим систему с n объектами $x_1, x_2, \ldots, x_n$ и m транспортными средствами.

Под маршрутом j-го транспортного средства $l_{k_j}^j$, $j = 1, 2, \ldots, m$ будем понимать последовательность k_j элементов $x_1, x_2, \ldots, x_{k_j}$ в том порядке, в каком транспортное средство их обходит.

Под выполнимым маршрутом, в зависимости от решаемой задачи, может пониматься условие непрерывной работы всех объектов маршрута, это может быть условие ограничения среднего времени ожидания или требование обслуживания таким образом, чтобы объекты с высоким приоритетом не простаивали и другое. В общем случае, условие выполнимости маршрута можно записать в виде некоторого ограничения на элементы маршрута $\varphi(l_{k_j}^j) \geq 0, \quad j = \overline{1, m}$.

Введем в рассмотрение множество L всех выполнимых маршрутов системы. Естественно потребовать, чтобы маршруты выбирались из L таким образом, чтобы все объекты системы были обслужены. Тогда распределение транспортных средств системы можно представить в виде задачи оптимизации:

$$\sum_{j=1}^{m} k_j \to \max,$$
$$\varphi(l_{k_j}^j) \geq 0, \quad j = 1, 2, \ldots, m, \tag{1}$$
$$l_{k_j}^j \in L, \quad j = 1, 2, \ldots, m.$$

Рассмотрим решение этой задачи, понимая выполнимость маршрута как непрерывность работы всех объектов маршрута.

Каждый объект x_i, $i = 1, 2, \ldots, n$ в некоторый момент времени характеризуется двумя числами (t_i, τ_i), где t_i время достижения транспортным средством объекта x_i, τ_i доступное время ожидания. Для производства это время, в течение которого работа оборудования не прерывается благодаря имеющемуся запасу сырья и комплектующих. Для сети торговых точек это время бездефицитной работы объекта. Для скорой помощи это нормативное время, в течении которого пациент с его заболеванием может ожидать приезда машины.

Точки $x_1, x_2, \ldots, x_k$ $(k \leq n)$ образуют выполнимый маршрут l_k длины k, если для всех i, $i = 2, 3, \ldots, k$ выполняется условие

$$\tau_i \geq \sum_{s=1}^{i} t_s. \tag{2}$$

Выполнимый маршрут длины k обеспечивает бесперебойную работу k объектам, т. е. время ожидания i-й точки должно превосходить суммарное время достижения всех предшествующих точек.

Для выполнимого маршрута $l_k = (x_1, x_2, \ldots, x_k)$ введем величину $\Delta_k = \tau_k - \sum_{j=1}^{k} t_j$, время, которое транспортное средство может использовать на обслуживание других имеющихся точек, помимо точек маршрута l_k.

Выполнимый маршрут $x_1, x_2, \ldots, x_j, x_{j+1}, \ldots, x_k$ допускает расширение в точке x_j, если найдется такая точка $y(t_y, \tau_y)$, что маршрут $x_1, x_2, \ldots, x_j, y, x_{j+1}, \ldots, x_k$ будет выполнимым.

В этом случае точка $y(t_y, \tau_y)$ должна удовлетворять условиям

$$\tau_y \geq \sum_{s=1}^{j} t_s + t_y,$$
$$t_y \leq \tau_p - \sum_{s=1}^{p} t_s, \; p = j+1, \ldots, k. \tag{3}$$

Точку $y(t_y, \tau_y)$ будем называть вписанной в маршрут l_k в точке j.

Подмаршрутом выполнимого маршрута l_k длины s называется такой выполнимый маршрут $l_s = y_1, y_2, \ldots, y_s$, $s < k$, который получается из него путем удаления $(k - s)$ точек.

Любой подмаршрут маршрута l_k можно расширить до маршрута длины k, так как существует по крайней мере один маршрут длины k, это – l_k.

Множество всех выполнимых маршрутов обозначим L. L_k множество выполнимых маршрутов длины k,

$$\bigcup_{k=1}^{q} L_k = L, \; q \leq n.$$

Выполнимый маршрут l_{k+1}, полученный расширением маршрута l_k на одну точку, называется соседним маршрутом для l_k. Множество соседних маршрутов для l_k обозначим $\tilde{L}_{k+1}$, $\tilde{L}_{k+1} \subset L_{k+1}$.

Множество точек, каждую из которых можно вписать в маршрут l_k до образования соседнего маршрута, обозначим Y_k, $Y_k \subset (X \setminus X_k)$, где X_k – множество точек маршрута l_k.

Выполнимый маршрут $l_k^{`} = x_1^{`}, x_2^{`}, \ldots, x_k^{`}$ будем называть монотонным маршрутом порядка k, если для всех $l_k \in L_k$ таких, что $\Delta_k^{`} \leq \Delta_k$, следует $Y_k^{`} \subset Y_k$.

Монотонный маршрут l_k является монотонным, если любой подмаршрут этого маршрута будет монотонным.

Монотонный маршрут характеризуется большим временем ожидания для каждой точки маршрута.

Рассмотрим простой случай, когда имеется только одно транспортное средство, $m = 1$. В этом случае задача сводится к поиску максимального выполнимого маршрута l_k, что приводит к решению следующей оптимизационной задачи:

$$k \to \max,$$
$$\tau_i \geq \sum_{s=1}^{i} t_s, \quad i = 1, 2, \ldots, k. \tag{4}$$

Пусть решением задачи (4) является выполнимый маршрут максимальной длины p. Так как выполнимых маршрутов одинаковой длины может быть несколько, то и маршрутов с максимальной длиной может быть больше чем один. Обозначим множество маршрутов максимальной длины Q_p.

Выберем маршрут $l^0 = l_2$ (длиной $k = 2$), $l_2 = x_i, x_j$, для которого

$$\Delta = \max_{i,j} (\tau_j - (t_i + t_j)), \; i, j = 1, 2, \ldots, n \quad i \neq j.$$

Для маршрута l_k $(k > 2)$ рассмотрим соседние маршруты, образованные с помощью точек множества Y_k. Из всех соседних маршрутов выберем маршрут l_{k+1}, для которого $\Delta_{k+1} = \Delta^*$, где

$$\Delta^* = \max_{y \in Y_k} \Delta_y. \tag{5}$$

Теорема. Если множество Q_p решений задачи (4) содержит хотя бы один монотонный маршрут любого по-

рядка, то локальный поиск из точки l_2 с выбором соседнего маршрута по системе окрестностей $\widetilde{L}_k$, $k = 3, ..., p$, по свойству (5) дает точное решение задачи (4).

Пусть маршрут $l_p^* = x_1^*, x_2^*, ..., x_p^*$, $l_p^* \in Q_p$, является монотонным маршрутом любого порядка. Покажем, что маршрут l^0 с величиной $\Delta = \Delta_2$ последовательным расширением можно привести к длине p. Выделим из оптимального маршрута l_p^* любой подмаршрут l_k^* длины k, $k = 2, 3, \ldots, p$ для которого вычислим величину Δ_k^*. В этом случае выполнится $\Delta_k^* \le \Delta_k$, так как Δ_k максимальное для всех выполнимых маршрутов длины k. Так как маршрут l_k^* монотонный, то выполнится $Y_k^* \subset Y_k$, Y_k^*, Y_k – множества точек, которые можно вписать в маршруты l_k^* и l_k. Расширение маршрута l_k^* существует, так как это подмаршрут маршрута длины p. И тогда Y_k не пустое множество и, следовательно, существует расширение маршрута l_k.

В случае, если не удается гарантировать наличие монотонного маршрута, можно свести задачу поиска максимального маршрута к задаче целочисленного математического программирования.

Пусть требуется на множестве объектов $x_1, x_2, \ldots, x_n$, каждый из которых характеризуется двумя числами (t_i, τ_i), найти выполнимый маршрут максимальной длины. Введем в рассмотрение булевы переменные: $\delta_{ij} = 1$, если объект i обслуживается ранее объекта j, $\delta_{ij} = 0$ в противном случае, $i, j = 1, 2, \ldots, n$.

Для каждого объекта введем величину z_j, $z_j = 1$, если объект j будет обслужен и $z_j = 0$ в противном случае, $j = 1, 2, \ldots, n$. Тогда задачу (3) можно представить в следующем виде:

$$\begin{gathered} \sum_{j=1}^{n} z_j \to \max, \\ z_j(\delta_{ij} + \delta_{ji}) = z_j, \\ z_j \tau_j \ge (\sum \delta_{ij} z_i t_i + t_j) z_j. \end{gathered} \tag{6}$$

Если $z_j = 0$, то ограничения нет, в правой части каждого ограничения суммируется время достижения объектов, уже обслуженных до j-го. Второе ограничение гарантирует выполнимость маршрута.

Рассмотрим теперь случай, когда $m > 1$. Распределение производственных единиц производится по нескольким транспортным средствам. В результате получается система выполнимых маршрутов

$$\begin{gathered} \{l_{k_j}^j\},\ j = 1, 2, ..., m, \\ X_{k_i} \cap X_{k_s} = \otimes, \\ i, s = 1, 2, ..., m, \quad i \ne s. \end{gathered} \tag{7}$$

Задача распределения транспортных средств (1) по выполнимым маршрутам сводится к следующей постановке. Найти такую систему маршрутов $\{l_{k_j}^j\}$, $j = 1, 2, ..., m$, чтобы

$$\begin{gathered} \sum_{j=1}^{m} k_j \to \max, \\ \tau_i^j \ge \sum_{s=1}^{i} t_s^j,\ i = 1, 2, ..., k_j, \\ j = 1, 2, ..., m. \end{gathered} \tag{8}$$

Под системой маршрутов системы (7) будем понимать систему $\{l_{p_j}^j\}, p_j \le k_j, j = 1, 2, ..., m$. Из системы маршрутов (7) выберем такую подсистему маршрутов $\{l_{p_j}^j\}, p_j \le k_j$, $j = 1, 2, ..., m$, чтобы из точек этой подсистемы можно было составить один выполнимый маршрут l_k, $k = \sum_{j=1}^{m} p_j$. Из оставшейся системы опять выберем такую подсистему. (Возможно на некоторых шагах для некоторых j, $p_j = 0$).

Тогда окончательно получим, что систему маршрутов можно представить как совокупность нескольких непересекающихся одномерных выполнимых маршрутов $l_{s_1}, l_{s_2}, ..., l_{s_q}$, $\sum_{i=1}^{q} s_i = \sum_{j=1}^{m} k_j$.

Задачу распределения системы маршрутов можно свести к следующему: на множестве одномерных непересекающихся выполнимых маршрутов найти такую совокупность маршрутов, чтобы все точки этой совокупности образовывали m выполнимых маршрутов, т. е. систему маршрутов, и при этом суммарная длина этой совокупности была бы максимальной.

На множестве X решим одномерную задачу, т. е. найдем максимальный маршрут l_k. Все эти точки можно распределить по m маршрутам, так как всегда можно получить m подмаршрутов из исходного маршрута. На оставшемся множестве точек опять решим одномерную задачу и получим оптимальный маршрут l_{k1}. Теперь можно распределить из этого маршрута p_1 точек, причем $p_1 \le k_1$. И так далее. В итоге либо получим, что все точки исходного множества распределены либо некоторый одномерный маршрут, точки которого уже нельзя будет распределить по маршрутам.

Решение задачи (1) сводится к следующему. На каждом шаге s, на множестве X_k, $X_k \subset X$ находится оптимальный маршрут l_k, точки которого принадлежат множеству X_k^s. Для каждого маршрута системы маршрутов (7) $l_{p_j}^j$, $j = 1, 2, ..., m$ из множества X_k^s ищем точки, расширяющие этот маршрут таким образом, чтобы полученная система маршрутов была максимальной. В итоге получим систему маршрутов $l_{k_j}^j$, $j = 1, 2, \ldots, m$. Поиск осуществляем таким образом, чтобы выполнялось

$$\begin{gathered} \sum_{j=1}^{m} k_j \to \max, \\ X_k^s \subset l_k,\ j = 1, 2, ..., m, \\ l_{k_j}^j \subset L,\ \ j = 1, 2, ..., m. \end{gathered} \tag{9}$$

Для решения задачи (9) можно предложить следующее.

Маршрут l_k является q соседним для маршрута l_p, если точка x_q, $q \in \{1, k\}$ маршрута l_k может быть вписанной в маршрут l_p.

Маршрут l_k может одновременно являться q соседним для нескольких маршрутов системы маршрутов.

Обозначим $\Delta_{q_j}^*$ максимальный запас времени для маршрута j, ($j = 1, 2, \ldots, m$) при вписывании точки x_q в этот маршрут.

$$\Delta_{j_0}^* = \max_j \{\Delta_{q_j}^*\},\ j = 1, 2, ..., m. \tag{10}$$

Из условия (10) определим номер маршрута j_0, для которого маршрут l_k будет q^j соседним.

Просматривая все q, можно либо для каждого q определить маршрут, в который эта точка может быть вписа-

на наилучшим образом, либо для нее не существует маршрута, в который она могла бы быть вписанной. Таким образом, для каждого j-го маршрута найдется множество q^j, $q \in \{1, k\}$ соседних маршрутов L^j, из которого определится наилучшая точка x_{q_j}, которая и будет вписана в этот маршрут. Из l_k удаляются вписанные в систему маршрутов точки и точки, которые никуда не вписались, и из полученного нового маршрута аналогичным образом формируются следующие соседние маршруты. Поиск осуществляется до тех пор, пока либо все точки маршрута l_k будут вписанными в систему, либо больше не удается выделить соседние маршруты. В этом случае получим расширение системы, которое будет наилучшим.

Таким образом, решение задачи с m транспортными средствами сводится к многократному решению задачи одномерного случая.

Библиографический список

1. Егоров, В. А. Транспортно-накопительные системы / В. А. Егоров, В. Д. Лузанов, С. Щербаков. М. : Машиностроение, 1990.

2. Ильина, Т. Р. Модель формирования производственной программы при нерегулярном поступлении заказов / Т. Р. Ильина, О. Э. Семенкина // Интеллектуальные технологии и адаптация. Красноярск : НИИ СУВПТ, 1999.

T. R. Ilina, G. B. Khorolich

VEHICLE DISTRIBUTION PLANNING PROBLEM UNDER CONDITION OF IRREGULAR ORDERING

Vehicle distribution planning problem under condition of irregular ordering is formalized in form of discrete optimization problem. Regular search algorithm solving this problem is suggested.

УДК 681.34

И. В. Ковалев, А. В. Новой

РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ АРХИТЕКТУР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Рассмотрен вопрос повышения надежности программного обеспечения с помощью отказоустойчивых архитектур. Проведена оценка эффективности N-вариантного программирования и метода блоков восстановления при построении отказоустойчивого программного обеспечения, а также сравнительный анализ предложенных методов.

Программное обеспечение (ПО) является неотъемлемой частью современной жизни. Практически любые электронные устройства содержат ПО того или иного вида. Без соответствующего программного обеспечения не возможно представить промышленное производство, системы образования и здравоохранения, финансовые и государственные учреждения. Программное обеспечение является важной частью систем управления и обработки информации. Однако, несмотря на столь широкое применение ПО, нельзя утверждать, что оно является абсолютно надежным. Даже простое ПО, применяемое на домашних персональных компьютерах, может содержать ошибки проектирования, которые могут стать причиной отказа либо программы, либо компьютера. Последствия таких отказов минимальны, как правило, это перезагрузка компьютера и последующая замена ПО на более совершенное. В то же время отказ программного обеспечения, применяемого в критических системах, таких как системы автоматического управления, телекоммуникационные системы и другие, может привести к большим человеческим и экономическим потерям.

В зависимости от сложности программного обеспечения и целей его использования к ПО предъявляются различные требования по уровню надежности [1]. Надежность ПО должна быть тем больше, чем сложнее проблемы оно решает.

Так как предполагается, что любое ПО может содержать ошибки то, необходимо использовать средства проектирования, которые бы обеспечивали устойчивость ПО к сбоям его компонентов [1]. К таким средствам относятся отказоустойчивые архитектуры, целью которых является предотвращение отказов программного обеспечения [1; 2].

Методами построения отказоустойчивых архитектур являются N-вариантное программирование (NVP) и блоки восстановления (RB) [2]. Оба метода относятся к мультиверсионным методам обеспечения отказоустойчивости, которые основываются на использовании двух или более версий компонентов программного обеспечения. Версии реализуются с помощью различных алгоритмов и разными проектировщиками, что уменьшает вероятность появления одинаковых ошибок. Поэтому если одна версия отказывает на специфических данных, то, по крайней мере, одна из альтернативных версий должна обеспечить корректный результат. Показателем, характеризующим версии, служит вероятность безотказной работы

(надежность версий) или в случае экспоненциального распределения времени безотказной работы – интенсивность отказов.

Для расчета надежности NVP и RB архитектур будем использовать основные теоремы теории вероятности, а именно, основываясь на теореме сложения и теореме умножения [3, 4], можно найти выражение для вероятности безотказной работы программного обеспечения. Будем рассматривать такие версии ПО, которые не подлежат восстановлению в случае отказа. Такой случай характерен для ПО, применяемого на космических и воздушных аппаратах.

Расчет надежности NVP архитектуры. В соответствии с общей спецификацией различными командами разработчиков рассматриваются несколько версий компонентов программного обеспечения. Эти версии выполняются параллельно на отдельных компьютерах [2]. Результаты их работы сравниваются с помощью алгоритма голосования, и уже он выдает согласованный конечный результат. Результат голосования будет тем точнее, чем больше версий выдадут верный результат. Например, голосование абсолютным большинством требует, чтобы строго больше половины версий вернули идентичный результат.

Построим модель для N-вариантного программного обеспечения с тремя версиями и алгоритмом голосования – голосование абсолютным большинством. Введем следующие обозначения: R – надежность ПО, p_1, p_2, p_3 – вероятности безотказной работы версий, p_V – вероятность безотказной работы алгоритма голосования и N – число версий.

В соответствии с выбранным алгоритмом голосования ПО будет работать правильно только в том случае, если одновременно откажет не более одной версии. Рассмотрим событие A – программное обеспечение работает. Это событие выполняется при одном из следующих условий:

событие B – версии 1 и 2 вернули верный результат, версия 3 отказала;

событие C – версии 1 и 3 вернули верный результат, версия 2 отказала;

событие D – версии 2 и 3 вернули верный результат, версия 1 отказала;

событие E – все версии вернули верный результат.

События B, C, D и E несовместны, поэтому по теореме сложения вероятностей вероятность события A есть

$$p(A) = p(B) + p(C) + p(D) + p(E).$$

Вероятности событий B, C, D и E с учетом алгоритма голосования находятся по теореме умножения вероятностей для независимых событий [2]:

$$p(B) = p_1p_2(1-p_3)p_V,\ p(C) = p_1p_3(1-p_2)p_V,$$
$$p(D) = p_2p_3(1-p_1)p_V,\ p(E) = p_1p_2p_3p_V.$$

Тогда вероятность безотказной работа ПО равна

$$R = p(A) = p_V(p_1p_2 + p_1p_3 + p_2p_3 - 2p_1p_2p_3).$$

Аналогичные рассуждения проводятся для любого N, так для ПО с пятью версиями отказ наступит, если одновременно откажут более двух версий. Вероятность безотказной работы для $N = 5$ равна

$$R = p_V(p_1p_2p_3p_4p_5 + p_1p_2p_3p_4(1-p_5) + p_1p_2p_3(1-p_4)p_5 + p_1p_2(1-p_3)p_4p_5 + p_1(1-p_2)p_3p_4p_5 + (1-p_1)p_2p_3p_4p_5 + p_1p_2p_3(1-p_4)(1-p_5) + p_1p_2(1-p_3)p_4(1-p_5) + p_1(1-p_2)p_3p_4(1-p_5) + (1-p_1)p_2p_3p_4(1-p_5) + p_1p_2(1-p_3)(1-p_4)p_5 + p_1(1-p_2)p_3(1-p_4)p_5 + (1-p_1)p_2p_3(1-p_4)p_5 + p_1(1-p_2)(1-p_3)p_4p_5 + (1-p_1)p_2(1-p_3)p_4p_5 + (1-p_1)(1-p_2)p_3p_4p_5).$$

Если версии имеют одинаковую вероятность безотказной работы, то надежность ПО рассчитывается по формуле

$$R = p_V \sum_{i=0}^{N-k} C_N^{k+i} p^{k+i} (1-p)^{N-k-i},$$

где $k = \mathrm{ceil}((N+1)/2)$ – минимальное число версий, возвращающих верный результат, ceil() – оператор округления до наибольшего целого числа, C – число сочетаний.

Алгоритм голосования абсолютным большинством является достаточно простым для реализации, но он не учитывает историю предыдущих отказов и вероятность отказов самих версий. Наиболее эффективным будет такой универсальный алгоритм, который сможет выбрать правильный результат даже при одном верном решении. Рассчитаем надежность ПО с тремя версиями при таком алгоритме голосования. ПО будет работать корректно, если: все версии вернут верный результат, две любые версии вернут верный результат, а одна откажет и одна версия вернет верный результат, а две другие откажут. Надежность ПО находят по следующей формуле

$$R = p_V(p_1p_2p_3 + p_1p_2(1-p_3) + p_1(1-p_2)p_3 + (1-p_1)p_2p_3 + p_1(1-p_2)(1-p_3) + (1-p_1)p_2(1-p_3) + (1-p_1)(1-p_2)p_3).$$

При таком алгоритме голосования удобно перейти к противоположному событию (рассматривать случай, когда ПО откажет), так как оно распадается на меньшее число вариантов. Отказ ПО произойдет после отказа всех версий. Надежность ПО находят по формуле

$$R = p_V(1-(1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)).$$

Для любого N надежность программного обеспечения:

$$R = p_V\left(1 - \prod_{i=1}^{N}(1-p_i)\right).$$

Зависимость надежности ПО от надежности его версий и алгоритма голосования представлена на рис. 1, при условиях $p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = p_5 = p$, $N = 5$, $p_V = 0{,}9$, кривая *1* – используется универсальный алгоритм голосования, кривая *2* отображает голосование абсолютным большинством. Как и следовало ожидать, надежность ПО с универсальным алгоритмом голосования выше. Такой алгоритм может быть основан на методе изменяющихся вероятностей, а вероятности безотказной работы версий использоваться как начальные условия для метода.

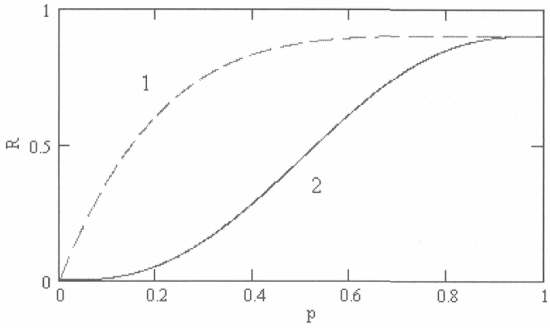


Рис. 1. Надежность ПО в зависимости от алгоритма голосования

График надежности ПО с алгоритмом голосования абсолютным большинством при изменении числа версий (надежность версий одинакова, $p = 0{,}8$, $p_V = 0{,}9$) представлен на рис. 2. С ростом числа версий надежность ПО стремится к надежности алгоритма голосования. В таком случае изменение надежности ПО произойдет только при изменении характеристик версий или алгоритма голосования. При выборе этого алгоритма голосования следует использовать нечетное число версий, это обеспечивает оптимальное соотношение числа версий – надежность.

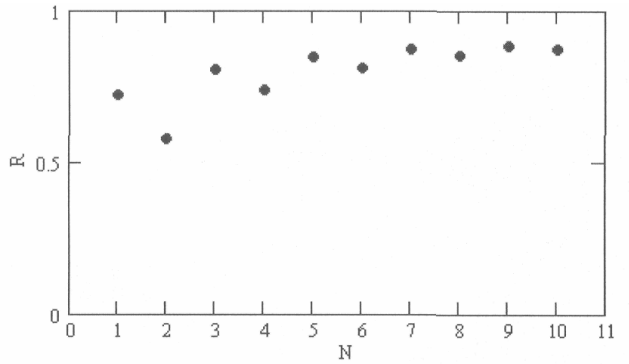


Рис. 2. Надежность ПО в зависимости от числа версий

В том случае если известна интенсивность отказов версий л, то p_i заменяется на [4] $p_i = e^{-\lambda_i t}$. Все формулы остаются справедливыми.

Надежность программного обеспечения с блоками восстановления. Согласно методу блоков восстановления, каждый программный компонент содержит тест, проверяющий его работу. Компонент имеет подпрограмму, которая повторяет вычисления, если тест обнаружил неправильное выполнение. Но повторные вычисления выполняются другой версией компонента, который построен на другой интерпретации требований, предъявляемых к компоненту. Компонент имеет несколько версий (блоков восстановления), выполняющих одинаковые функции, но реализующих разные алгоритмы [2]. Отказ такого программного обеспечения произойдет только в том случае, если в резерве компонента не останется версий, или приемочный тест пропустит ошибочный результат.

Построим модель программного обеспечения с тремя блоками (версиями) восстановления. Как и прежде R – надежность программного обеспечения, p_1, p_2, p_3 – вероятности безотказной работы версий, $p_{\text{АТ}}$ – вероятность безотказной работы приемочного теста, N – число версий. Сделаем следующее допущение: $(1 - p_{\text{АТ}})$ есть вероятность отклонения правильного ответа.

Рассмотрим событие A – программное обеспечение работает устойчиво. Событие A будет выполняться, пока не откажет последняя версия, т. е. при одном из следующих условий:

1) событие B – первая версия работает верно, и приемочный тест принимает результат. Вероятность этого события $p(A) = p_1 p_{\text{АТ}}$;

2) событие C – работает вторая версия, версия возвращает верный результат, и тест его принимает. Замена версий произойдет в случае отказа первой версии и обнаружения этого тестом (вероятность ситуации – $(1-p_1)p_{\text{АТ}}$) или в случае отклонения правильного ответа, несмотря на верное выполнение первой версии (вероятность ситуации – $p_1(1-p_{\text{АТ}})$). Вероятность события C: $p(C) = ((1-p_1)p_{\text{АТ}} + p_1(1-p_{\text{АТ}}))\, p_2 p_{\text{АТ}}$;

3) событие D – работает третья версия, результат верный, и он принимается. Переход к третьей версии осуществится если:

– откажет первая версия → тест обнаружит отказ → переход ко второй версии → затем откажет вторая версия → тест обнаружит отказ → переход к третьей версии, вероятность перехода – $(1-p_1)p_{\text{АТ}}(1-p_2)p_{\text{АТ}}$;

– откажет первая версия → тест обнаружит отказ → переход ко второй версии → вторая версия вернет верный ответ → тест отклонит верный результат → переход к третьей версии, вероятность перехода – $(1-p_1)p_{\text{АТ}}p_1(1-p_{\text{АТ}})$;

– первая версия возвращает верный результат → тест отклоняет ответ → переход ко второй версии → отказ второй версии → тест обнаруживает отказ → переход к третьей версии, вероятность перехода – $p_1(1-p_{\text{АТ}})(1-p_2)p_{\text{АТ}}$;

– первая версия возвращает верный результат → тест отклоняет ответ → переход ко второй версии → вторая версия возвращает верный ответ → тест отклоняет ответ → переход к третьей версии, вероятность перехода – $p_1(1-p_{\text{АТ}})p_2(1-p_{\text{АТ}})$.

Вероятность события D:

$$p(D) = ((1-p_1)p_{\text{АТ}}(1-p_2)p_{\text{АТ}} + (1-p_1)p_{\text{АТ}}\, p_1(1-p_{\text{АТ}}) + \\ + p_1(1-p_{\text{АТ}})(1-p_2)p_{\text{АТ}} + p_1(1-p_{\text{АТ}})\, p_2(1-p_{\text{АТ}}))\, p_3 p_{\text{АТ}}.$$

Так как события B, C и D являются не совместными, то надежность программного обеспечения находится как сумма вероятностей этих событий [3]:

$$R = p(A) = p(B) + p(C) + p(D) = p_1 p_{\text{АТ}} + ((1-p_1)p_{\text{АТ}} + \\ + p_1(1-p_{\text{АТ}}))\, p_2 p_{\text{АТ}} + ((1-p_1)p_{\text{АТ}}(1-p_2)p_{\text{АТ}} + \\ + (1-p_1)p_{\text{АТ}}\, p_1(1-p_{\text{АТ}}) + p_1(1-p_{\text{АТ}})(1-p_2)p_{\text{АТ}} + \\ + p_1(1-p_{\text{АТ}})\, p_2(1-p_{\text{АТ}}))\, p_3 p_{\text{АТ}}.$$

Проводя аналогичные рассуждения для любого N, находится обобщенная формула для надежности программного обеспечения с блоками восстановления:

$$R = \sum_{j=1}^{N} p_j\, p_{\text{АТ}} \prod_{i=1}^{j-1} \left((1 - p_i)\, p_{\text{АТ}} + p_i \left(1 - p_{\text{АТ}}\right) \right).$$

Зависимость надежности ПО от надежности его версий и приемочного теста представлена на рис. 3, при условиях $N = 3$, $p_1 = p_2 = p_3 = p$.

График изменения надежности ПО с увеличением числа версий при тех же условиях что и для NVP (рис. 2) представлен на рис. 4. Надежность программного обеспечения с блоками восстановления выше по сравнению с NVP. Максимальный уровень надежности достигается уже при трех версиях по сравнению с семью для NVP. Дальнейшее увеличение числа версий не приводит к повышению надежности, это происходит из-за приемочного теста, который ограничивает надежность ПО. Изменение надежности может произойти только при изменении вероятности безотказной работы версий или теста.

Таким образом, если характеристики версий компонентом программного обеспечения заданы в виде вероятностей безотказной работы и являются постоянными на всем протяжении работы ПО, то для проектирования отказоустойчивого программного обеспечения эффективней использовать RB метод по сравнению с NVP. Во-первых, RB требует меньше версий, следовательно, сто-

имость ПО будет ниже. И, во-вторых, требования, предъявляемые к приемочному тесту, а именно тест проверяет результат на приемлемость, а не само значение, гораздо ниже, чем к алгоритму голосования.

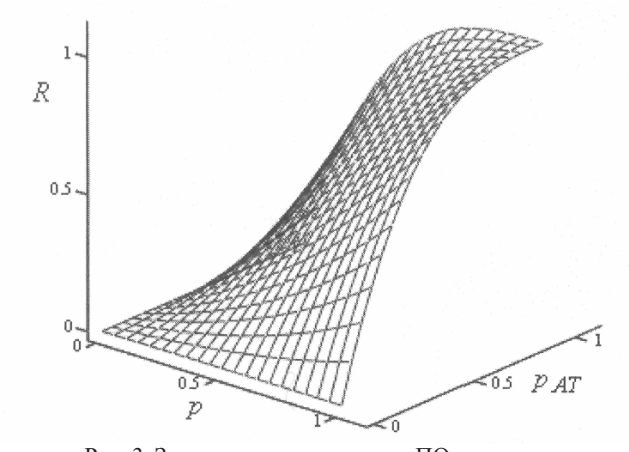


Рис. 3. Зависимость надежности ПО от p и p_{AT}

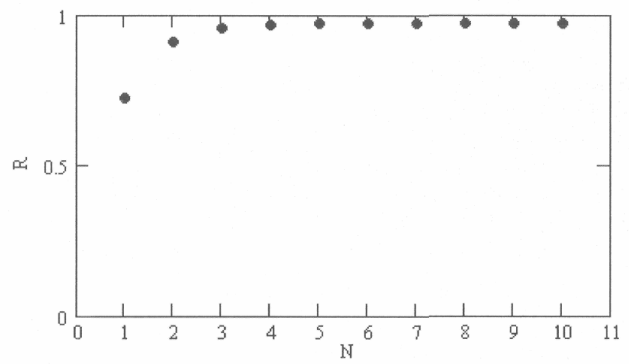


Рис. 4. Надежность ПО в зависимости от числа версий

Если для характеристики версий и приемочного теста используется интенсивность отказов л, то надежность программного обеспечения с блоками восстановления рассчитывается по формуле

$$R(t)=\sum_{j=1}^{N} e^{-\lambda_j t} e^{-\lambda_{AT} t} \prod_{i=1}^{j-1}\left(\left(1-e^{-\lambda_i t}\right) e^{-\lambda_{AT} t}+e^{-\lambda_i t}\left(1-e^{-\lambda_{AT} t}\right)\right),$$

где λ_i – интенсивность отказа i версии, λ_{AT} – интенсивность отказа приемочного теста.

Графики изменения надежности ПО со временем для NVP и RB метода представлены на рис. 5. Применение RB метода дает большую надежность ПО на всем интервале, кроме того, интервал времени при котором $R = 1$ шире, чем для NVP, что дает большую уверенность в методе блоков восстановления.

Рассмотрены два метода для проектирования отказоустойчивых архитектур программного обеспечения: N-вариантное программирование и блоки восстановления. Получены формулы для расчета надежности программного обеспечения с NVP и RB архитектурами. Метод блоков восстановления является эффективней, чем N-вариантное программирование независимо оттого, что является характеристикой версий вероятность безотказной работы или интенсивность отказов (см. рис. 2, 4 и 5).

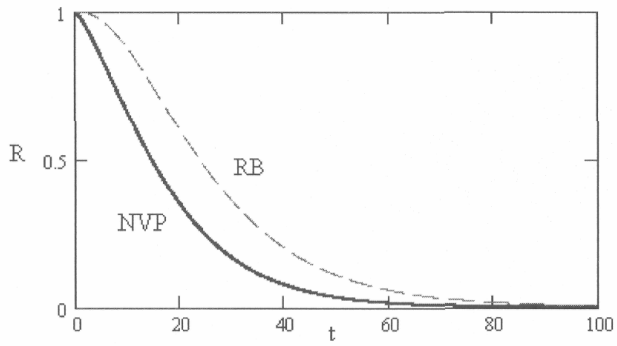


Рис. 5. Изменение надежности программного обеспечения со временем

Изменение надежности программного обеспечения происходит при изменении надежности версий, алгоритма голосования или приемочного теста и числа версий. Однако значительное увеличение числа версий не приводит к повышению надежности программного обеспечения (см. рис. 2 и 4). Это происходит из-за алгоритма голосования или приемочного теста. Для NVP и RB метода существует оптимальное количество версий, которое даст максимальную надежность программного обеспечения. Как правило, это количество версий для метода блоков восстановления меньше, что говорит о его преимуществе.

Таким образом, при выборе метода для построения отказоустойчивой архитектуры программного обеспечения, применяемого в условиях, которые не позволят восстановить работоспособность версий, следует из N-вариантного программирования и блоков восстановления выбирать метод блоков восстановления.

Библиографический список

1. Благодатских, В. А. Стандартизация разработки программных средств / В. А. Благодатских, В. А. Волнин, К. Ф. Поскакалов ; под ред. О. С. Разумова. М. : Финансы и статистика, 2006. 288 с.

2. Соммервилл, И. Инженерия программного обеспечения / И. Сомервилл ; пер. с англ. А. А. Минько, А. А. Момотюк. 6-е изд. М. : Вильямс, 2002. 624 с.

3. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. 5-е изд. М. : Высш. шк., 1998. 576 с.

4. Половко, А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров. 2-е изд., перераб. и доп. СПб. : БХВ-Петербург, 2006. 704 с.

I. V. Kovalev, A. V. Novoy

RELIABILITY CALCULATION OF SOFTWARE FAULT-TOLERANT ARCHITECTURE

The question of software reliability growth by means of fault-tolerant architecture is considered. Efficiency of N-version programming and recovery blocks method is estimated at construction of software fault-tolerant. Contrastive analysis of the offered methods is carried.

УДК 512.5

Л. А. Мартынова

ОПИСАНИЕ ИДЕАЛОВ ЛИЕВА КОЛЬЦА $NF_4(K)$

Рассмотрено описание идеалов лиева кольца и благодаря доказанной теореме о соответствии описание присоединенных подгрупп.

Цель исследования – дать описание лиева кольца и установить взаимно однозначное соответствие между идеалами лиева кольца $NF_4(K)$ и нормальными подгруппами присоединенной группы.

Определим $T(r)$ и $Q(r)$ [1]. Если $r \in \Phi$, то совокупность корней $s \in \Phi^+$, для которых s–r-линейная комбинация простых корней с неотрицательными коэффициентами, обозначается через $\{r\}^+$. Корень s называется углом подмножества $H \subset N\Phi(K)$, если совокупность $H(s)$ всех s-координат из H отлична от нуля и $H(r) = 0$ при $s \neq r \in \Phi^+$, $s \in \{r\}^+$. Положим также, что

$$T(r) = \left\langle Ke_s \,\middle\|\, s \in \{r\}^+ \right\rangle,\ Q(r) = \left\langle Ke_s \,\middle\|\, s \in \{r\}^+, s \neq r \right\rangle,$$
$$e_s = e(s),\ s \in \Phi.$$

Сохраним стандартные обозначения для высоты корня r как $h(r)$ [2].

Нам потребуется представление системы корней типа F_4, установленное Н. Бурбаки [3].

Основным результатом исследования является следующая теорема.

Теорема 1. Пусть K – поле характеристики $\neq 2$. Аддитивная подгруппа $H \neq 0$ лиева кольца $NF_4(K)$ является его идеалом тогда и только тогда, когда для любого ее угла r и простого корня p при $r + p \in \Phi$, $T(r + p) \not\subset H$ всегда существует угол s и ненулевой элемент $d \in K$, для которых s-я координата любого элемента из H совпадает с произведением r-ой координаты на d и хотя бы для одного $i = 0, 1, 2$ выполняется условие:

a_i существуют простые корни $p_0 = p, p_1, \ldots, p_i$ такие, что

$$m_j = p_0 + p_1 + \ldots p_j \in F_4^+,\ r + m_j, s + m_j \in F_4^+,$$
$$H \supset (\ldots((H \cdot Ke(p)) \cdot Ke(p_1)) \cdot \ldots) \cdot Ke(p_j),\ j = \overline{0, i};$$
$$H \supset Q(r + m_i) + Q(s + m_i).$$

Доказательство. Нетрудно показать, что если H – идеал лиева кольца или нормальная подгруппа присоединенной группы, r – угол H, $h(r) > 5$ или $r = (0\ 1\ 2\ 2)$, то $Q(r) \subset H$.

Условие для аддитивной подгруппы $H \subset NF_4(K)$ является идеалом, очевидно, равносильно ее замкнутости относительно лиева умножения на корневые подгруппы $Ke(p)$, где p пробегает простые корни. Поэтому описание заключается в выявлении условий, когда $H \cdot Ke(p) \subset H$. Рассмотрим эти условия.

Если $\alpha \in NF_4(K)$, то через $T(\alpha)$ обозначим наименьшую сумму $T(r_1) + T(r_2) + \ldots + T(r_k)$, содержащую α:

$$Q(\alpha) = \sum_{i=1}^{k} Q(r_i).$$

При $s \subset NF_4(K)$ полагаем $T(s) = \sum_{\alpha \in s} T(\alpha)$, $Q(s) = \sum_{\alpha \in s} Q(\alpha)$.

Пусть H – идеал лиева кольца $NF_4(K)$, $\alpha = t_1 2\ e(r_1) + \ldots + t_N 2\ e(r_N) \in H$. Рассмотрим лиево произведение

$$\alpha \cdot Ke(\alpha_1) = K\left(\sum_{r+\alpha_1 \in F_4^+} t_r e(r + \alpha_1)\right),$$

где $t_r = ct_r 2$, $c = \pm 1$ или $c = \pm 2$. Перенумеруем слагаемые в сумме в соответствии с высотой $h(r + \alpha_1)$, слагаемые, соответствующие корням одинаковой высоты, упорядочиваем произвольно, получим

$$\alpha \cdot Ke(\alpha_1) = K(t_1 e(1\ 1\ 0\ 0) + t_2 e(1\ 1\ 1\ 0) + t_3 e(1\ 1\ 1\ 1) + t_4 e(1\ 1\ 2\ 0) + t_5 e(1\ 1\ 2\ 1))\ (mod\ I),$$

где I – идеал, порожденный корневыми подгруппами $Ke(r)$, $h(r) > 5$ или $r = (0\ 1\ 2\ 2)$.

Если $t_1 \neq 0$ или $t_1 = 0$, $t_2 \neq 0$, то $T(1\ 1\ 0\ 0) \subset H$ или, соответственно, $T(1\ 1\ 1\ 0) \subset H$.

Пусть $t_1 = t_2 = 0$, $t_3 \neq 0$. Тогда имеем

$$(\alpha \cdot Ke(\alpha_1)) \cdot Ke(\alpha_2) = Kt_3 e(1\ 1\ 2\ 1)\ (mod\ I) \subset H;$$

$$\alpha \cdot Ke(\alpha_1) = K(t_3 e(1\ 1\ 1\ 1) + t_4 e(1\ 1\ 2\ 0))\ (mod\ I \cup T(1\ 1\ 2\ 1)) \subset H.$$

Таким образом, $Q(1\ 1\ 1\ 1) \subset H$ и либо $T(1\ 1\ 1\ 1) \subset H$, либо коэффициенты при $e(0\ 1\ 1\ 1)$, $e(0\ 1\ 2\ 0)$ обращаются в нуль одновременно для любого элемента из H, и

$$Q(1\ 1\ 1\ 1) + Q(1\ 1\ 2\ 0) \subset H.$$

В случаях $t_i = 0$, $i < j$, $t_j \neq 0$, $j = 4, 5$ $Q(r) \subset H$.

Рассмотрим следующее лиево произведение:

$$\alpha \cdot Ke(\alpha_2) = K\left(\sum_{r+\alpha_2 \in F_4^+} t_r e(r + \alpha_2)\right),$$

где $t_r = ct_r 2$, $c = \pm 1$ или $c = \pm 2$. Учитывая, что идеал $I \subset H$, перепишем равенство в виде

$$\alpha \cdot Ke(\alpha_2) = K(t_1 e(1\ 1\ 0\ 0) + t_2 e(0\ 1\ 1\ 0) + t_3 e(0\ 1\ 1\ 1) + t_4 e(1\ 2\ 2\ 0))\ (mod\ I).$$

Пусть $t_1 \neq 0$, тогда выполняется включение

$$((\alpha \cdot Ke(\alpha_2)) \cdot Ke(б_3)) \cdot Ke(\alpha_3) = Kt_1 e(1\ 1\ 2\ 0)\ (mod\ I) \subset H.$$

По модулю $T(1\ 1\ 2\ 0) \cup I$ имеем

$$\alpha \cdot Ke(\alpha_2) = K(t_1 e(1\ 1\ 0\ 0) + t_2 e(0\ 1\ 1\ 0) + t_3 e(0\ 1\ 1\ 1));$$

$$(\alpha \cdot Ke(\alpha_2)) \cdot Ke(\alpha_3) = K(t_1 e(1\ 1\ 1\ 0) + t_2 e(0\ 1\ 2\ 0) + t_3 e(0\ 1\ 2\ 1));$$

$$((\alpha \cdot Ke(\alpha_2)) \cdot Ke(\alpha_3)) \cdot Ke(\alpha_4) = K(t_1 e(1\ 1\ 1\ 1) + t_2 e(0\ 1\ 2\ 1) + t_3 e(0\ 1\ 2\ 2)).$$

Таким образом, если $T(1\ 1\ 1\ 1) \not\subset H$, то коэффициенты при $e(1\ 0\ 0\ 0)$, $e(0\ 0\ 1\ 0)$ или при $e(1\ 0\ 0\ 0)$, $e(0\ 0\ 1\ 1)$ для всякого элемента из H обращаются в нуль лишь одновременно и либо $Q(1\ 1\ 1\ 0) \subset H$, либо $Q(1\ 1\ 1\ 1) \subset H$.

Допустим $t_1 = t_2 = 0$, $t_3 \neq 0$. Рассмотрим

$$(\alpha \cdot Ke(\alpha_2)) \cdot Ke(\alpha_1) = Kt_3 e(1\ 1\ 1\ 1)\ (mod\ I) \subset H;$$

$$(\alpha \cdot Ke(\alpha_2)) \cdot Ke(\alpha_3) = Kt_3 e(0\ 1\ 2\ 1)\ (mod\ I) \subset H.$$

Таким образом, $Q(0\ 1\ 1\ 1) \subset H$ и, если $T(0\ 1\ 1\ 1) \not\subset H$, то для любого элемента из H коэффициенты при $e(0\ 0\ 1\ 1)$,

$e(1\ 1\ 2\ 0)$ обращаются в нуль лишь одновременно, при этом $Q(0\ 1\ 1\ 1)+Q(1\ 2\ 2\ 0)\subset H$.

Рассмотрим произведение

$$\alpha\cdot Ke(\alpha_3)=K\left(\sum_{r+\alpha_3\in F_4^+} t_r e(r+\alpha_3)\right)$$

для произвольного $\alpha\in H$. Учитывая, что идеал $I\subset H$, имеем

$$\alpha\cdot Ke(\alpha_3)=K(t_1e(0\ 1\ 1\ 0)+t_2e(0\ 0\ 1\ 1)+$$
$$+t_3e(1\ 1\ 1\ 0)+t_4e(0\ 1\ 2\ 0)+$$
$$+t_5e(1\ 1\ 2\ 0)+t_6e(0\ 1\ 2\ 1)+t_7e(1\ 1\ 2\ 1))\ (mod\ I).$$

Допустим, $t_1\neq 0$. Рассмотрим включение

$$((\alpha\cdot Ke(\alpha_3))\cdot Ke(\alpha_1))\cdot Ke(\alpha_3)=Kt_1e(1\ 1\ 2\ 0)\ (mod\ I)\subset H;$$

$$(\alpha\cdot Ke(\alpha_3))\cdot Ke(\alpha_1)=Kt_1e(1\ 1\ 1\ 0)\ (mod\ T(1\ 1\ 2\ 0)\cup I)\subset H;$$

$$(\alpha\cdot Ke(\alpha_3))\cdot Ke(\alpha_3)=Kt_1e(0\ 1\ 2\ 0)\ (mod\ T(1\ 1\ 1\ 0)\cup I)\subset H;$$

$$(\alpha\cdot Ke(\alpha_3))\cdot Ke(\alpha_4)=Kt_1e(0\ 1\ 1\ 1)\ (mod\ T(1\ 1\ 1\ 0)\cup I)\subset H.$$

Получаем, что $Q(0\ 1\ 1\ 0)\subset H$ и, если $T(0\ 1\ 1\ 0)\not\subset H$, то для произвольного элемента из H коэффициенты $e(\alpha_2)$, $e(\alpha_4)$ обращаются в нуль лишь одновременно.

Пусть $t_1=0$, $t_2\neq 0$. Рассмотрев включение

$$((\alpha\cdot Ke(\alpha_3))\cdot Ke(\alpha_2))\cdot Ke(\alpha_3)=Kt_2e(0\ 1\ 2\ 1)\ (mod\ I)\subset H.$$

Получаем, что по модулю $I\cup T(0\ 1\ 2\ 1)$:

$$\alpha\cdot Ke(\alpha_3)=K(t_2e(0\ 0\ 1\ 1)+t_3e(1\ 1\ 1\ 0)+$$
$$+t_4e(0\ 1\ 2\ 0)+t_5e(1\ 1\ 2\ 0));$$

$$(\alpha\cdot Ke(\alpha_3))\cdot Ke(\alpha_2)=K\,(t_2e(0\ 1\ 1\ 1)+t_5e(1\ 2\ 2\ 0)).$$

Таким образом, если $T(0\ 0\ 1\ 1)\not\subset H$, то либо для произвольного элемента из H коэффициенты при $e(\alpha_4)$, $e(r)$, r один из корней $(0\ 1\ 1\ 0)$, $(1\ 1\ 0\ 0)$, $(1\ 1\ 1\ 0)$, обращаются в нуль лишь одновременно и $Q(0\ 0\ 1\ 1)+Q(r)\subset H$, либо коэффициенты при $e(\alpha_4)$, $e(1\ 1\ 1\ 0)$ для любого элемента из H обращаются в нуль лишь одновременно, и верно включение

$$Q(0\ 1\ 1\ 1)+Q(1\ 2\ 2\ 0)\subset H.$$

Положим, что $t_1=t_2=0$, $t_3\neq 0$. Учитывая включение

$$(\alpha\cdot Ke(\alpha_3))\cdot Ke(\alpha_3)=Kt_3e(1\ 1\ 2\ 0)\ (mod\ I)\subset H$$

по модулю $T(1\ 1\ 2\ 0)\cup I$, получаем

$$\alpha\cdot Ke(\alpha_3)=K(t_3e(1\ 1\ 1\ 0)+t_4e(0\ 1\ 2\ 0)+t_6e(0\ 1\ 2\ 1));$$

$$(\alpha\cdot Ke(\alpha_3))\cdot Ke(\alpha_4)=K\,(t_3e(1\ 1\ 1\ 1)+t_4e(0\ 1\ 2\ 1)).$$

Таким образом, если $T(1\ 1\ 1\ 0)\not\subset H$, то либо для любого элемента из H коэффициенты при $e(1\ 1\ 0\ 0)$, $e(0\ 1\ 1\ 0)$ или при $e(1\ 1\ 0\ 0)$, $e(0\ 1\ 1\ 1)$ обращаются в нуль лишь одновременно и $Q(1\ 1\ 1\ 0)\subset H$, либо для произвольного элемента из H коэффициенты при $e(1\ 1\ 0\ 0)$, $e(0110)$ обращаются в нуль лишь одновременно и $Q(1\ 1\ 1\ 1)+Q(0\ 1\ 2\ 1)\subset H$.

Допустим, $t_i=0$, $i<5$, $t_5\neq 0$. Рассмотрим включение

$$(\alpha\cdot Ke(\alpha_3))\cdot Ke(\alpha_4)=Kt_5e(1\ 1\ 2\ 1)\ (mod\ I)\subset H;$$

$$(\alpha\cdot Ke(\alpha_3))\cdot Ke(\alpha_2)=Kt_5e(1\ 2\ 2\ 0)\ (mod\ I\cup T(1\ 1\ 2\ 1))\subset H.$$

Таким образом, по модулю I

$$\alpha\cdot Ke(\alpha_3)=K(t_5e(1\ 1\ 2\ 0)+t_6e(0\ 1\ 2\ 1)).$$

Если $T(1\ 1\ 2\ 0)\not\subset H$, то для произвольного элемента из H коэффициенты при $e(1\ 1\ 1\ 0)$, $e(0\ 1\ 1\ 1)$ обращаются в нуль лишь одновременно, и $Q(1\ 1\ 2\ 0)\subset H$.

В остальных случаях $Q(r)\subset H$.

Рассмотрим $H\cdot K(\alpha_4)$. Для произвольного элемента α из H

$$\alpha\cdot Ke(\alpha_4)=K\left(\sum_{r+\alpha_4\in F_4^+} t_r e(r+\alpha_4)\right)$$

и по модулю I

$$\alpha\cdot Ke(\alpha_4)=K(t_1e(0\ 0\ 1\ 1)+t_2e(0\ 1\ 1\ 1)+$$
$$+t_3e(1\ 1\ 1\ 1)+t_4e(0\ 1\ 2\ 1)+t_5e(1\ 1\ 2\ 1)).$$

Если $t_1\neq 0$ или $t_1=0$, $t_2\neq 0$, то множество $\alpha\cdot Ke(\alpha_4)$ имеет единственный угол $(\alpha_3+\alpha_4)$ или $(\alpha_2+\alpha_3+\alpha_4)$ и $T(\alpha_3+\alpha_4)\subset H$ или $T(\alpha_2+\alpha_3+\alpha_4)\subset H$ соответственно.

Допустим $t_1=t_2=0$, $t_3\neq 0$. Учитывая, что

$$(\alpha\cdot Ke(\alpha_4))\cdot Ke(\alpha_3)=Kt_3e(1\ 1\ 2\ 1)\ (mod\ I)\subset H$$

и по модулю $T(1\ 1\ 2\ 1)\cup I$, получаем

$$\alpha\cdot Ke(\alpha_4)=K(t_3e(1\ 1\ 1\ 1)+t_4e(0\ 1\ 2\ 1)).$$

Таким образом, если $T(1\ 1\ 1\ 1)\not\subset H$, то для произвольного элемента из H коэффициенты при $e(1\ 1\ 1\ 0)$, $e(0\ 1\ 2\ 0)$ обращаются в нуль лишь одновременно и $Q(1\ 1\ 1\ 1)\subset H$.

В случаях $t_i=0$, $i<j$, $t_j\neq 0$, $j=4, 5$ $Q(r)\subset H$.

Необходимость в теореме 1 доказана.

Достаточность получается непосредственной проверкой замкнутости аддитивной подгруппы H относительно лиева умножения на множестве $Ke(\alpha_i)$.

Теорема 1 доказана.

Теорема о соответствии идеалов лиева кольца $NF_4(K)$ и нормальных подгрупп присоединенной группы доказывается заменой в доказательстве теоремы 1 лиева умножения коммутированием.

В этом случае теорема о соответствии имеет следующий вид.

Теорема 2. Пусть K – поле, $2K=K$, $\Phi=F_4$. Идеалы лиева кольца $NF_4(K)$ и только они являются нормальными подгруппами присоединенной группы $\langle NF_4(K),0\rangle$.

Библиографический список

1. Левчук, В. М. Нормальное строение унипотентных подгрупп групп Шевалле и идеалы ассоциированного кольца Ли / В. М. Левчук, Л. А. Мартынова // Конструкции в алгебре и логике. Тверь : ТГУ, 1990. С. 60–66.

2. Carter, R. W. Simple groups of Lie type / R. W. Carter [et al.]. London : J. Wiley, 1972.

3. Бурбаки, Н. Группы и алгебры Ли. IV – VI / Н. Бурбаки. М. : Мир, 1972. С. 310–318.

L. A. Martynova

DESCRIPTION OF IDEALS OF LIE RINGS $NF_4(K)$

It's given the description of ideals of Lie rings $NF_4(K)$ and correspondence ideals of Lie rings to adjoint subgroups.

УДК 519.866

А. В. Медведев

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Рассмотрен подход к экономико-математическому моделированию региональных инвестиционных процессов, в основе которого лежит использование модели оптимального управления, представляющей компромисс между уровнем математической сложности и экономической подробности. Проанализированы особенности регионального экономического развития и принципы его математического моделирования. Приведены алгоритмы управления различными направлениями региональной экономической политики.

Решение задач экономического подъема страны тесно связано с выработкой эффективных механизмов управления стратегическим развитием регионов, координацией различных направлений экономической политики региональных властей. Вместе с тем, при анализе региональной экономики наблюдается ситуация, когда в результате запаздывания, недостоверности и искажения статистических данных как на региональном, так и федеральном уровнях отсутствует точная и своевременная информация о месте и роли различных регионов в социально-экономической системе страны. Это приводит, в частности, к субъективизму и принятию неэффективных решений при управлении региональной экономической политикой. Следует отметить, что и уровень моделирования региональных экономических процессов трудно назвать сбалансированным в смысле их соответствия сложности и адекватности математических моделей.

В работах математиков, с одной стороны, часто применяются излишне агрегированные модели, не рассматривающие конкретные характеристики и экономически обоснованные правила функционирования производственных активов, а также взаимодействия основных экономических агентов, а с другой – зачастую происходит неоправданная с точки зрения постановки задачи их детализация, которая приводит к созданию сложных математических моделей и требует больших вычислительных затрат для решения поставленных задач. Ни то, ни другое не удовлетворяет запросам экономистов-практиков.

В исследованиях же экономистов редко учитывается динамический характер производственных, инвестиционных и финансовых процессов в пользу анализа наборов показателей экономической деятельности производственного предприятия или региона за некоторый отчетный период. Известно, что эти показатели зачастую не являются независимыми, отражают статическую картину экономической деятельности предприятий, отраслей, регионов и т. п., которая осложнена, кроме того, их учетной политикой. В случае же, когда рассматривается экономическая динамика, чаще используются имитационные (траекторные), а не оптимизационные (целеполагающие) модели, что не позволяет относительно быстро выйти на оптимальные или даже субоптимальные траектории экономического развития и требует обработки огромного количества независимых экспертных, статистических, экспериментальных данных для анализа моделируемых процессов. В этой связи актуальной остается задача создания оптимизационных математических моделей экономического развития региона в целом и его подсистем, в частности, представляющих собой компромисс между уровнем их математической сложности и экономической подробности. Особенно важно при этом применение системного подхода, создание экономико-математических моделей, учитывающих экономически обоснованные правила функционирования активов, интересы основных участников экономического развития региона и допускающих разработку методов их аналитического решения и численного анализа.

В условиях рыночной экономики основной задачей управления региональным экономическим развитием является установление сбалансированного взаимодействия экономических субъектов (производителя и потребителя) региона на базе эффективного использования реальных и финансовых ресурсов, полученных в виде выручки от реализации продукции, кредитов, займов, дотаций и других источников. В качестве основной социально-экономической цели управления экономикой региона при этом целесообразно рассматривать устойчивый экономический рост, высокий уровень жизни населения.

Определим, что экономические субъекты региона – это институциональные агенты, заинтересованные в эффективном экономическом развитии данного региона. К ним, в первую очередь, отнесем обобщенного производителя (отрасли, предприятия, бизнес), обобщенного потребителя (население) и региональный управляющий центр (отделы администраций, аналитические центры и т. п.), организующий взаимодействие производителя и потребителя. Указанные экономические субъекты могут ставить перед собой различные частные цели (максимизация чистой прибыли, размеров выплачиваемых дивидендов, налоговых поступлений в регион и различных фондов, инвестиционную привлекательность региона и т. п.). Однако следует отметить, что в условиях несовершенного рынка региональные экономические субъекты не должны руководствоваться частными критериями или даже критерием максимизации прибыли [1; 2]. Как правило, от каждого из субъектов требуется постановка и решение глобальных, обобщающих задач и достижение стратегических целей своей экономической деятельности (максимизации оборота продукции, роста стоимости, благосостояния и т. п.).

Рассмотрим в качестве цели деятельности региона его конечную стоимость или конечное состояние (КС), т. е. размеры всего его имущества (материальных и нематериальных активов, заключенных контрактов, прав собственности) в некотором едином стоимостном (денежном) выражении в заданный момент времени в будущем.

Важной особенностью экономических систем является то, что они, как правило, допускают измерение или приблизительную оценку своего начального состояния (например, из годового баланса всех предприятий выбранных отраслей, статистических показателей развития региональной экономики).

Пусть начальное состояние (НС) региона или составляющих его предприятий определяется на начало выбранного планового периода. Тогда разность (КС – НС) будет представлять собой приращение состояния (стоимости) региона или его добавленную стоимость (ДС). При рассмотрении инновационного производства в регионе его начальное состояние можно выбирать близким к нулю. Учитывая, что НС можно рассматривать как константу, показатель КС можно заменить показателем ДС. Задачу такого распределения экономических ресурсов (фондов) (инвестиций, дотаций, ценных бумаг, труда работников и т. д.) региона, при котором его ДС является наибольшей за некоторый период времени, будем называть основной задачей управления регионом. Критерий максимизации КС (или ДС) представляется как более всего отвечающий интересам региональных экономических субъектов, так как обобщает целевые критерии обобщенного производителя, обобщенного потребителя и регионального управляющего центра или включает их как составную часть. Под эффективным экономическим развитием региона тогда можно понимать одновременное достижение одной или нескольких обобщающих целей каждого субъекта региональной экономики.

В условиях рыночной экономики одной из форм организации эффективного взаимодействия производителя и потребителя является корпорация, основанная на совместном участии и защите интересов ее участников в производственном, инвестиционном и финансовом процессах. Это существенно отличает понятие корпорации от понятия производственного предприятия, рассматривающего в первую очередь интересы производителя. Экономику региона тогда можно представить как экономику некоторой квазикорпорации:

1) регион рассматривается как единая система, все составляющие которой (обобщенный потребитель, обобщенный производитель и управляющий центр) ориентируются на одну цель (эффективную экономику), учитывая интересы друг друга: потребитель – спросом и налогами; производитель – производством и налогами; регулирующий центр – административной и финансовой поддержкой потребителя и производителя;

2) при управлении региональной экономикой используются корпоративные принципы (децентрализация власти, диверсификация центров получения социально-экономического результата, смещение ответственности с верхних уровней управления на нижние, а также ориентация на потребителя в смысле утверждения, что спрос рождает предложение).

Такой подход позволяет перенести разработанные для предприятий и корпораций методы инвестиционного анализа и принципы корпоративного управления для достижения основной цели регионального социально-экономического развития. Указанный подход позволяет учитывать взаимную «заботу» институциональных агентов с увязкой интересов различных производственных секторов и институциональных агентов.

Согласованное взаимодействие различных направлений региональной экономической политики требует анализа большого количества статистических данных, который невозможно осуществить без их автоматизированной обработки. Существующие пакеты экономического и финансового анализа, такие как ИНЭК–Аналитик, Альт–Инвест, Галактика, Project Expert и другие, на сегодняшний день позволяют получать показатели производственной, инвестиционной и финансовой деятельности предприятий в широком диапазоне параметров, в том числе рассматривать динамику экономического развития при заданных в каждый момент характеристиках движения. Это устраивает финансовых аналитиков, о чем говорит широкое использование названных программных продуктов в практической деятельности планово-аналитических служб предприятий. Вместе с тем, в этих пакетах практически отсутствуют возможности непосредственного получения оптимальных значений показателей экономического развития во временной динамике, что не позволяет относительно быстро выйти на оптимальные или субоптимальные траектории экономического развития предприятий. В этой связи необходимо создание оптимизационных моделей региона и основанных на них информационных технологиях поддержки и принятия решений в виде вычислительных пакетов программ, автоматизированных рабочих мест инвестиционных аналитиков, которые позволяли бы в удобном режиме производить экономический анализ, базирующийся на достижении оптимальных траекторий и эффективного управления региональным экономическим развитием.

Особенности регионального экономического развития и принципы его математического моделирования. Из сказанного выше очевидно, что для решения задачи моделирования и автоматизированного управления региональным экономическим развитием целесообразно использовать многокритериальную, динамическую модель оптимального управления, допускающую разработку алгоритмов ее анализа и создания автоматизированных средств обработки экономической информации. При этом модель должна учитывать социально-экономические особенности регионального экономического развития:

– правила функционирования реальных активов (начисления прибыли, амортизацию основных фондов конкурентоспособных отраслей региональной экономики);

– налоговое окружение деятельности производственных предприятий в виде основных налогов, составляющих наибольшую часть отчислений предприятий указанных отраслей;

– распределение и перераспределение финансовых ресурсов в виде трансфертов федерального центра региональному, а также дотаций регионального центра на поддержку производственного и социального секторов региональной экономики;

наличие ограниченного спроса на произведенную продукцию.

Кроме указанных особенностей, существенной является необходимость учета закона временной стоимости денег, который в математической экономике осуществ-

ляется с помощью операции дисконтирования денежных потоков.

Региональная экономика является сложной системой и при ее моделировании требуется использование общесистемных принципов. Большинство экономических задач, описывающих развитие региона, характеризуется динамичностью, т. е. изменением его показателей во времени.

На наш взгляд, более естественно описывать региональные экономические процессы в дискретном времени, что объясняется следующими соображениями. Во-первых, необходимо соотносить отчетные показатели финансово-хозяйственной деятельности предприятий конкурентоспособных отраслей региона за некоторый промежуток времени с определенным моментом (началом, серединой или концом отчетного периода), несмотря на непрерывный характер их изменения. Во-вторых, дискретность присуща экономическим системам, и в частности, предприятиям в силу самой природы многих экономических процессов (например, оплата за доставку и монтаж оборудования может быть осуществлена в один момент времени, сама доставка – в другой, сборка – начата в третий, а непосредственное производство на нем продукции – в четвертый). В-третьих, проведение вычислительного эксперимента допускает лишь конечное число измерений значений выходного сигнала в любом интервале времени. С точки зрения компьютерного моделирования основным достоинством дискретного представления является как раз то, что для задачи в дискретной постановке время расчетов примерно на порядок меньше, чем при использовании численных методов интегрирования дифференциальных уравнений.

Дискретная модель, кроме того, позволяет непосредственно учитывать с помощью дисконтирования эффект запаздывания между вложением инвестиций и отдачей от них, а также между размещением и получением свободных денежных средств. Известно, что расчет основных финансовых показателей – прибыли, налогов, амортизации, фонда заработной платы и других – возможно сделать по линейным алгоритмам, что позволяет описать широкий круг экономических процессов в классе линейных задач. В этой связи математическая постановка задачи оптимизации регионального экономического развития может быть описана в классе многошаговых задач линейного программирования (МЗЛП) с фиксированным левым концом, что определяет и методы ее решения, основанные на принципе Беллмана и принципе максимума Понтрягина или дискретном принципе максимума. Кроме того, можно считать, что широкий круг задач экономической динамики по содержательному смыслу описывается многокритериальной, параметрической МЗЛП.

Региональная экономика как сложная система не может быть описана ни как детерминированная, ни как стохастическая в силу существенного уровня сложности ее структуры по сравнению с техническими объектами, большого числа влияющих на ее деятельность факторов, неопределенности в исходных данных и их природе (когда не известно, являются ли они случайными величинами), в структуре отдельных элементов и даже взаимосвязей между ними, инновационности (а значит, отсутствии статистических аналогов) того или иного проекта и других обстоятельств. В этом случае статистические методы обработки данных могут быть неприменимы, и оправдан подход, основанный на получении гарантированного результата [1], сводящийся, в частности, к получению оценки сверху или снизу для интересующего показателя, например, стоимости ИП.

В качестве критерия качества функционирования предприятия целесообразно рассматривать критерий NPV (чистой приведенной стоимости ИП), основные преимущества которого по сравнению с другими показателями эффективности перечислены, например, в работе Т. В. Тепловой [2].

Очевидно, что активная деятельность участников регионального экономического процесса предполагает неотрицательность их денежных потоков (но не обязательно прибыли!) в течение всего периода действия ИП, что является важным условием его реализуемости и, обеспечивая платежеспособность экономического субъекта, может заменить используемые экономистами многочисленные, как правило, статические показатели эффективности экономической деятельности предприятия, отрасли, региона.

В стоимость ИП включается остаточная стоимость активов на момент завершения инвестиционного проекта и амортизационные отчисления. Амортизационные отчисления рассматриваются как дополнительный источник собственных средств региона – квазикорпорации для инвестирования в воспроизводство (расширение) основных производственных фондов (ОПФ), и поэтому должны быть включены в собственные средства региона.

Для достижения разумного компромисса между уровнями точности и сложности математического моделирования при описании региональных экономических процессов необходимо стремиться использовать минимальный, базовый набор технико-экономических показателей (ТЭП) используемых активов. К таким показателям, прежде всего, следует отнести количество, производительность и срок службы активов, а также рыночные характеристики, такие как стоимость актива, стоимость единицы производимой на нем продукции и спрос на продукцию.

При этом указанный набор числовых характеристик активов обладает следующими свойствами:

1) независимостью;

2) полнотой характеристики одного из двух основных факторов производства – капитала;

3) универсальностью (независимостью от рода экономической деятельности).

Это дает возможность рассчитывать ДП на основе достаточно простых, объективно обусловленных численных характеристик используемых реальных и финансовых активов, а не на основе, например, производственных функций или других модельных или излишне агрегированных экономических характеристик. При этом достаточно реалистичным представляется подход, при котором ТЭП и рыночные характеристики реальных активов, задействованных в региональном инвестиционном проекте, можно агрегировать на соответствующие характеристики конкурентоспособных отраслей региональной экономики. Это позволяет на этапе предварительной оценки региональных инвестиционных проектов достичь комп-

ромисса между уровнем детализации и соответствия получаемых результатов законам функционирования рыночной экономики, а также соотнести получаемые результаты по моделям различного уровня агрегирования.

Для оценки рисков региональных ИП используется следующий подход. Определим зависимость ставки дисконтирования r от степени риска проекта p как сумму безрисковой ставки r_0 доходности ИП (например, ставки рефинансирования ЦБ) и премии за риск $f(p)$: $r = r_0 + f(p)$.

При этом, чем выше рискованность ИП, тем выше рисковая премия. Оценка ИП в условиях инфляции осуществляется либо корректировкой каждого денежного потока по соответствующему индексу инфляции, либо корректировкой коэффициента дисконтирования на индекс инфляции. Таким образом, риски ИП и инфляцию можно учитывать повышением ставки его доходности, т. е. полагать, что доходность ИП включает в себя и степень риска проекта, и индекс инфляции.

Спрос и цена являются основными регуляторами отношений между производителем и потребителем в рыночной экономике. При определенных условиях на функции спроса (количество и вид независимых переменных) решение задачи оптимального управления позволяет найти структурные соотношения эффективного регионального развития (удовлетворения обобщающих целевых критериев региональных экономических субъектов), что дает возможность говорить об автоматическом саморегулировании региональной экономики. Естественным является предположение, что спрос определяется не ценой на товар или доходами обобщенного потребителя, а его относительной покупательной способностью, т. е. отношением цены единицы продукции к доходам потребителя. Иначе говоря, если доход потребителя и цена товара увеличатся (уменьшатся) в одно и то же число раз, то спрос останется неизменным.

В различные периоды реализации региональных инвестиционных проектов интересы их участников могут иметь существенно различную направленность. В этой связи горизонт планирования регионального ИП может быть разделен на несколько связанных между собой последовательно или параллельно временных этапов (отвечающих различным инвестиционным, операционным и подобным процессам), и общая задача оптимального управления решается как задача оптимизации на общем горизонте планирования.

Динамическую, многокритериальную оптимизационную модель региональной экономики можно записать в виде многошаговой задачи линейного программирования ММЗЛМ [3].

Уравнения движения:

$$x(t+1) = A(t)\cdot x(t) + B(t)\cdot u(t) - s(t),\ x(0) = \bar{a}\ .$$

Ограничения:

$$C(t)\cdot x(t) + D(t)\cdot u(t) \le h(t),\ u(t) \ge 0;\ (t = 0, ..., T-1)\ .$$

Целевая функция:

$$J_i = \sum_{t=0}^{T-1}\Big[\big(a(t), x(t)\big) + \big(b(t), u(t)\big)\Big] + \\ + \big(a(T), x(T)\big) \to \max,\quad (i = 1, ..., m). \qquad (1)$$

Здесь $x(t)$, $u(t)$ – фазовые и управляющие переменные модели соответственно, T – горизонт планирования развития региональной экономики. Заметим, что деление переменных в задаче оптимального управления на фазовые и управляющие является условным действием, которое зависит от содержания моделируемого экономического процесса. В задачах планирования инвестиций и оценки бизнеса фазовые (неуправляемые) переменные, как правило, имеют смысл стоимости накопленных (потраченных) с момента начала реализации ИП активов или ресурсов (основных и оборотных средств, денежных средств и т. п.). Управляющие же переменные – это, как правило, определяемые в конкретные моменты времени, текущие стоимости приобретаемых основных и оборотных средств, платежи, дотации, распределяемые инвестиции, т. е. ресурсы, находящиеся в данный момент времени в распоряжении лица, принимающего решение (ЛПР).

Общая структура уравнений движения денежных потоков любого экономического агента во времени может быть представлена в следующем виде:

$$\text{ДП}(t+1) = \text{ДП}(t) + \text{ДП}_{\text{о}}(t) + \text{ДП}_{\text{и}}(t) + \text{ДП}_{\text{ф}}(t)\ , \qquad (2)$$

где ДП(t + 1) – эквивалент денежного потока в момент t + 1; ДП(t) – эквивалент денежного потока в момент t; $\text{ДП}_{\text{о}}(t)$, $\text{ДП}_{\text{и}}(t)$, $\text{ДП}_{\text{ф}}(t)$ – сальдо платежей (оттоков) и поступлений (притоков), связанных соответственно с операционной, инвестиционной и финансовой деятельностью регионального экономического субъекта (предприятия, корпорации, отрасли, малого бизнеса, населения, регионального управляющего центра и т. п.). Конкретное наполнение ДП(t) для каждого экономического агента в математических моделях региона зависит, например, от уровня разделения собственности, от того, являются ли инвестор и производитель одним лицом или разделены, а также некоторых других факторов. Для обобщенного производителя (предприятий, отраслей региональной экономики) в качестве поступлений от основной деятельности могут рассматриваться выручка от реализации продукции, амортизационные отчисления, от инвестиционной – инвестиции в основные и оборотные средства, продажа активов, от финансовой – выпуск ценных бумаг, а в качестве платежей – затраты на оплату труда, налоги, выплата дивидендов и т. п. При этом инвестиции в основные и оборотные средства можно рассматривать и как платежи (затраты), если инвестор и производитель являются одним лицом. Для обобщенного потребителя (населения региона, потребляющего продукцию конкурентоспособных отраслей и работников предприятий) в качестве поступлений рассматривается заработная плата, дотации, социальные выплаты, а в качестве платежей – налоги, покупка продукции. Для управляющего регионального центра региона поступлениями являются налоговые платежи обобщенного потребителя и производителя, а в качестве затрат можно рассматривать предоставляемые федеральным центром дотации на развитие производственного сектора или социальные дотации малоимущим слоям населения. Отметим, что использование переменной ДП(t) в виде выражения (2) позволяет использовать единый измеритель экономически разнородных процессов (начисление прибыли, амортизация, кредитование, дотирование, покупка ценных бумаг, банкротства и реструктуризация предприятий и т. п.), дисконтировать дол-

госрочную составляющую денежных потоков. Это дает возможность адекватно моделировать широкий круг процессов регионального экономического развития для различных экономических агентов – предприятий, корпораций, отраслей производства, потребителей, регионального управляющего центра.

Применение описанного подхода позволяет ставить и решать задачи различного управленческого уровня и сложности. В настоящее время на его основе разработаны и апробированы на реальных инвестиционных проектах некоторые модели регионального экономического развития.

1. Модель ограниченного спросом производства и политики приобретения основных средств предприятием или группой предприятий конкурентоспособной отрасли или нескольких отраслей региональной экономики. Указанная модель позволяет решать задачи долгосрочного развития регионального промышленного сектора с учетом ограниченного спроса на продукцию, зависящего от доходов потребителей. На базе этой модели разработан оптимизационный пакет программ [3], представляющий собой автоматизированное рабочее место инвестиционного аналитика.

2. Модель согласования инвестиционного контракта между инвестором, производителем и региональным управляющим центром [4]. В данной модели, в рамках общего инвестиционного проекта по производству пользующейся спросом продукции, основное внимание уделяется решению краткосрочной задачи взаимодействия инвестора и производителя на этапе согласования их инвестиционного контракта в смысле выбора оптимальной последовательности инвестиций и платежей.

Ниже приводятся алгоритмы управления различными направлениями региональной экономической политики на основе приведенного в работе подхода.

1. Собрать статистическую информацию о показателях экономического развития отраслей в регионах (средние значения срока службы, стоимости, производительности активов, средние по отраслям затраты на оборотные средства, оплату труда, ставки налогов).

2. Провести маркетинговое исследование рынка продукции выбранных отраслей региональной экономики с целью определения стоимости производимой продукции и спроса на продукцию как внутри региона, так и за его пределами.

3. Произвести расчет задачи при заданных характеристиках активов и продукции, а также следующих модельно выбранных параметрах: горизонт планирования, ставка доходности ИП, моменты начала производства, окончания внешнего инвестирования:

1) если NPV проекта равна нулю, то данный проект является неэффективным;

2) если NPV проекта больше нуля, то требуется более глубокое его исследование.

4. Сравнить результат расчета в структурном и количественном аспекте с другими статистически определенными экономическими показателями: накопленной стоимостью и стоимостью приобретаемых (планируемых к приобретению) ОПФ, выручкой от реализации продукции, остаточной стоимостью всех ОПФ, внешними и внутренними инвестициями и их накопленными суммами. Если полученные данные по количественному и структурному балансу распределения характеристик производственных активов и инвестиций близки к реально сложившимся, то можно сделать вывод об эффективном развитии региона в данном экономическом направлении. Если полученные данные по количественному и структурному балансу распределения характеристик производственных активов и инвестиций не совпадают с реально сложившимися, то можно сделать вывод о неэффективном (несбалансированном) развитии региона в данном экономическом направлении, и выбрать в качестве ориентировочных пропорций данные произведенного расчета. Если расчетные данные по структуре или численным значениям некоторых параметров не удовлетворяют ЛПР, то возможно проведение численного эксперимента с целью нахождения диапазона изменения параметров и их комплексов, удовлетворяющих ЛПР. В частности, путем варьирования горизонта планирования, ставки доходности ИП, моментов начала производства, окончания внешнего инвестирования, максимальной суммы инвестиций, начальных средств потребителя, регионального центра, сумм дотаций и других, возможно увеличение NPV ИП или нахождение таких ее значений, которые удовлетворяли бы интересам некоторых экономических субъектов региона.

В результате проведенного анализа определяются оптимальные значения параметров регионального экономического развития с точки зрения объемов и структуры ОПФ по выбранным отраслям, объемов инвестиций и дотаций в них как при условии наличия информации о спросе на продукцию (в функционирующих производственных отраслях), так и при ее отсутствии (инновационное производство), что может позволить региональному центру управлять различными направлениями региональной экономической политики:

1) промышленным: через перераспределение средств регионального бюджета и поддержку выбранных, конкурентоспособных направлений развития и выхода на траекторию устойчивого экономического роста с учетом интересов основных субъектов региональной экономики;

2) инвестиционным: путем установления оптимального режима приобретения основных средств предприятий поддерживаемых секторов региональной экономики и определения требуемых для этого внешних и внутренних инвестиций;

3) налоговым: путем регулирования ставок налогообложения производственного и потребительского секторов;

4) ценовым: путем регулирования цен на продукцию поддерживаемых региональным центром отраслей производства;

5) социальным: напрямую (через дотации работникам производственной сферы для стимулирования платежеспособного спроса населения) и косвенно (через дотации предприятиям малого бизнеса для организации рабочих мест) и некоторыми другими.

Библиографический список

1. Воронцовский, А. В. Инвестиции и финансирование / А. В. Воронцовский. СПб., 1998. 528 с.

2. Теплова, Т. В. Финансовые решения: стратегия и тактика / Т. В. Теплова. М. : Магистр, 1998. 264 с.

3. Линейная динамика : программа для ЭВМ : свидетельство о регистрации № 2004611491 от 17.06.2004. Правообладатели: А. В. Медведев, П. Н. Победаш ; Ворожейкин, А. Ю. Автоматизированное рабочее место инвестиционного аналитика / А. В. Медведев, Е. С. Семенкин. М. : ВНТИЦ, 2006. 7 с. № гос. рег. 50200600629.

4. Медведев, А. В. Модель и оптимальный алгоритм согласования контракта между производителем, инвестором и поставщиком оборудования / А. В. Медведев, П. Н. Победаш // Вестник Красноярского госуниверситета. Вып. 9. 2006. С. 179–188.

A. V. Medvedev

THE ECONOMICAL AND MATHEMATICAL MODELING OF THE REGIONAL INVESTMENT PROCESSES

The approach to the economical and mathematic modeling of the regional investment processes is suggested on the base of decision of optimal control problem. The essential features and the principles of mathematic modeling of this processes are considered. The algorithms of control of the regional economy directions are adduced.

УДК 65.011(075.8)

М. Н. Петров, Н. Г. Треногин

ТЕНЗОРНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-КОМПАНИЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ

На конкретном примере рассмотрен вопрос применения тензорного анализа для управления бизнес-компанией телекоммуникационной отрасли.

Информационная система управления представлена в виде замкнутой структуры однолинейных систем массового обслуживания. Такое представление наиболее полно отражает реальный процесс. Система массового обслуживания является эквивалентом узла информационной сети. Когда структура сети не большая, представленные модели имеют простые решения. Однако уже при численности сети в десять и более узлов решения усложняются из-за большого числа сочетаний и связей между ними. Кроме того, стоит задача синтеза оптимальной структуры информационной сети, что не позволяет сделать теория массового обслуживания. Поэтому для анализа и синтеза информационной структуры управления больших бизнес компаний и уменьшения расчетов предлагается использовать тензорный анализ. На примере продемонстрировано применение тензорного контурного метода анализа для вывода уравнения анализа эффективности управления структуры, состоящей из двенадцати узлов. Каждый узел представлен как отдельная система массового обслуживания, связанная с другими узлами (системами). Суть тензорного анализа изложена в работах Г. Крона [1; 2]. Основные положения использования тензорного анализа для систем и сетей массового обслуживания представлены в работах М. Н. Петрова [3–6].

Согласно правилам тензорной теории [5. С. 27] проведем исследование структуры системы управления бизнес-компании (рис. 1). Для того чтобы не загромождать рисунок, возле каждой ветви приведен лишь ее номер, который затем подставляется в индексы i соответствующих величин L_i и λ_i .

Определяются параметры структуры исходной топологии:

$n = 12$ – число ветвей;

$U = 9$ – число узлов;

$K = 1$ – число подсетей;

$(n-k) = U - K = 9 - 1 = 8$ – число узловых пар;

$k = n - (n-k) = 12 - 8 = 4$ – число контуров.

Для исследования выбирается координатное представление структуры, более удобное для анализа. Структура примитивной сети получается путем разнесения отдельных систем массового обслуживания (сотрудников) на бесконечное расстояние, т. е. системы не связаны между собой. Структура примитивной 12-контурной топологии, которая будет использоваться в качестве вспомогательной, приведена на рис. 2. Таким образом, представлены две разные проекции одной структуры, включающей 12 систем массового обслуживания (рис. 1 и 2).

Далее требуется описать уравнения состояния геометрических объектов (проекций топологии) и установить их связь. Соответственно для описания эффективности деятельности примитивной топологии предлагается использовать следующие понятия:

– λ – вектор, компоненты которого представляют собой удельную эффективность каждого узла в соответствующих ветвях (рис. 2). Причем каждый компонент может являться многомерной функцией, учитывающей производительность, достоверность и др.;

– Lg – вектор, компоненты которого представляют собой эффективность управления в соответствующих ветвях (с позиции общей задачи управления);

– N – квадратная матрица размерностью Ng-строк на Ng-столбцов. Элементы главной диагонали представляют собой значения числа узлов, соответствующей данной ветви (если анализируется один узел, то $N = 1$). Остальные элементы матрицы отражают взаимное косвенное влияние систем массового обслуживания друг на друга (использование общих ресурсов и т. д.).

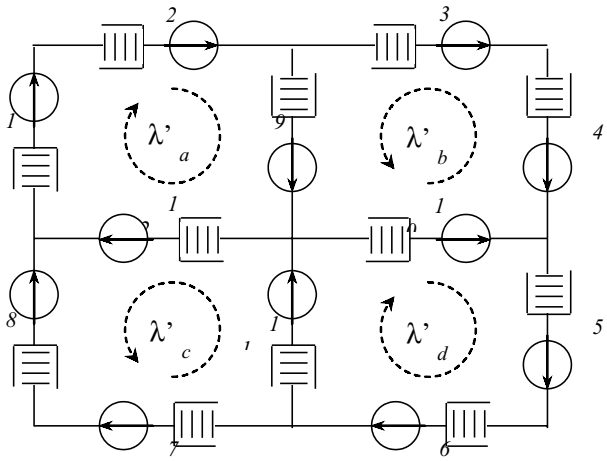


Рис. 1. Исходная контурная структура информационной сети

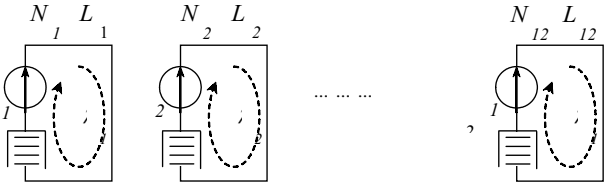


Рис. 2. Структура примитивной 12-контурной топологии

Примем, что в данном примере косвенное влияние между системами массового обслуживания отсутствует, поэтому все недиагональные элементы матрицы N равны нулю.

$$Lg = \begin{bmatrix} Lg_1 \\ Lg_2 \\ Lg_3 \\ Lg_4 \\ Lg_5 \\ Lg_6 \\ Lg_7 \\ Lg_8 \\ Lg_9 \\ Lg_{10} \\ Lg_{11} \\ Lg_{12} \end{bmatrix} \qquad \lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ \lambda_6 \\ \lambda_7 \\ \lambda_8 \\ \lambda_9 \\ \lambda_{10} \\ \lambda_{11} \\ \lambda_{12} \end{bmatrix}$$

$$N = \begin{vmatrix} N_{1,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & N_{2,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & N_{3,3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & N_{4,4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & N_{5,5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{6,6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{7,7} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{8,8} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{9,9} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{10,10} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{11,11} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{12,12} \end{vmatrix}$$

Если λ – удельная эффективность каждого узла, то матричное уравнение состояния примитивной топологии для определения эффективности управления в соответствующих ветвях Lg-вектора, примет вид

$$Lg = N\lambda.$$

Соответственно при объединении примитивных структур в контурную топологию для определения общей эффективности работы сети следует воспользоваться формулой

$$Lg' = N'\lambda'.$$

Таким образом, данное соотношение предлагается в качестве тензора для исследования эффективности деятельности структур управления компанией, так как не изменяется при переходе от одного координатного представления к другому.

Так как матрица Lg – диагональная, то эквивалентная система уравнений состояния примитивной структуры получается перемножением соответствующих компонент матрицы N и вектора λ (рис. 2):

$$\begin{aligned} Lg_1 &= N_{1,1}\lambda_1 \\ Lg_2 &= N_{2,2}\lambda_2 \\ Lg_3 &= N_{3,3}\lambda_3 \\ Lg_4 &= N_{4,4}\lambda_4 \\ Lg_5 &= N_{5,5}\lambda_5 \\ Lg_6 &= N_{6,6}\lambda_6 \\ Lg_7 &= N_{7,7}\lambda_7 \\ Lg_8 &= N_{8,8}\lambda_8 \\ Lg_9 &= N_{9,9}\lambda_9 \\ Lg_{10} &= N_{10,10}\lambda_{10} \\ Lg_{11} &= N_{11,11}\lambda_{11} \\ Lg_{12} &= N_{12,12}\lambda_{12} \end{aligned}$$

Для перехода от примитивной к контурной топологии требуется определить матрицу преобразования. Зададим удельные эффективности в контурной топологии по числу контуров, направления выбранных контурных удельных эффективностей показаны на рис. 1. Выражения удельной эффективности в ветвях примитивной структуры через интенсивности эффективностей в контурах исходной структуре:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \lambda_a \\ \lambda_2 &= \lambda_a \\ \lambda_3 &= -\lambda_b \\ \lambda_4 &= -\lambda_b \\ \lambda_5 &= \lambda_c \\ \lambda_6 &= \lambda_c \\ \lambda_7 &= -\lambda_d \\ \lambda_8 &= -\lambda_d \\ \lambda_9 &= \lambda_a + \lambda_b \\ \lambda_{10} &= \lambda_b + \lambda_c \\ \lambda_{11} &= \lambda_c + \lambda_d \\ \lambda_{12} &= \lambda_a + \lambda_d \end{aligned} \qquad C = \begin{array}{|cccc|} a & b & c & d \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

Транспонированная матрица преобразования:

$$C^T = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

Нахождение геометрических объектов, соответствующих исходной системе. Эффективность управления организаций в целом в контурах исходной системы:

$$Lg' = C^T \cdot Lg = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} Lg_1 \\ Lg_2 \\ Lg_3 \\ Lg_4 \\ Lg_5 \\ Lg_6 \\ Lg_7 \\ Lg_8 \\ Lg_9 \\ Lg_{10} \\ Lg_{11} \\ Lg_{12} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} Lg_1 + Lg_2 + Lg_9 + Lg_{12} \\ -Lg_3 - Lg_4 + Lg_9 + Lg_{10} \\ Lg_5 + Lg_6 + Lg_{10} + Lg_{11} \\ -Lg_7 - Lg_8 + Lg_{11} + Lg_{12} \end{vmatrix}.$$

Значения необходимого числа узлов для эффективного выполнения управления в контурах исходной системы находятся по следующей формуле:

$$N' = C^T NC.$$

В целях экономии места и трудоемкости применяется правило: при умножении любой матрицы M на диагональную (если такое умножение возможно), эта матрица сохраняет свою размерность, а каждый ее ненулевой элемент умножается на диагональный элемент $N_{j,j}$ в соответствующем столбце. Таким образом, после проведения первого умножения:

$$N' = C^T \cdot N \cdot C =$$

$$= \begin{vmatrix} N_{1,1} & N_{2,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{9,9} & 0 & 0 & N_{12,12} \\ 0 & 0 & -N_{3,3} & -N_{4,4} & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{9,9} & N_{10,10} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & N_{5,5} & N_{6,6} & 0 & 0 & 0 & N_{10,10} & N_{11,11} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -N_{7,7} & -N_{8,8} & 0 & 0 & N_{11,11} & N_{12,12} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} N_{1,1} + N_{2,2} + N_{9,9} + N_{12,12} & N_{9,9} & 0 & N_{12,12} \\ N_{9,9} & N_{3,3} + N_{4,4} + N_{9,9} + N_{10,10} & N_{10,10} & 0 \\ 0 & N_{10,10} & N_{5,5} + N_{6,6} + N_{10,10} + N_{11,11} & N_{11,11} \\ N_{12,12} & 0 & N_{11,11} & N_{7,7} + N_{8,8} + N_{11,11} + N_{12,12} \end{vmatrix}$$

Теперь можно найти уравнения состояния исходной структуры (рис. 1). Уравнение состояния исходной сети, записанное в матричной форме имеет тот же вид, что и уравнение состояния примитивной сети:

$$Lg' = N'\lambda'.$$

Эквивалентная система уравнений для анализа исходной топологии:

$$\begin{cases} Lg_1 + Lg_2 + Lg_9 + Lg_{12} = \\ = \left(N_{1,1} + N_{2,2} + N_{9,9} + N_{12,12}\right)\lambda_a + N_{9,9}\lambda_b + N_{12,12} \cdot \lambda_d; \\ -Lg_3 - Lg_4 + Lg_9 + Lg_{10} = \\ = N_{9,9}\lambda_a + (N_{3,3} + N_{4,4} + N_{9,9} + N_{10,10})\lambda_b + N_{10,10}\lambda_c; \\ Lg_5 + Lg_6 + Lg_{10} + Lg_{11} = \\ = L_{10,10}\lambda_b + (N_{5,5} + N_{6,6} + N_{10,10} + N_{11,11})\lambda_c + N_{11,11}\lambda_d; \\ -Lg_7 - Lg_8 + Lg_{11} + Lg_{12} = \\ = L_{12,12}\lambda_a + L_{11,11}\lambda_c + (N_{7,7} + N_{8,8} + N_{11,11} + N_{12,12})\lambda_d. \end{cases}$$

В зависимости от условия задачи после решения системы уравнений необходимо воспользоваться формулами для расчета удельной эффективности и эффективности работы информационной сети в целом.

Предлагается использовать тензорный анализ для исследования эффективности работы структуры информационной структуры управления, бизнес компании (или коммерческой фирмы). На конкретном примере показано, каким образом можно определить эффективность управления. Достоинствами подхода анализа на основе тензорной методологии является следующее:

1) простота вычислений и возможность исследования сложных топологий с большим числом узлов сети (что не позволяют сделать известные методы);

2) синтез топологии структуры информационной сети управления по заранее заданным характеристикам эффективности, с целью получения оптимальной структуры.

Библиографический список

1. Крон, Г. Тензорный анализ сетей / Г. Крон ; под ред. Л. Т. Кузина, Г. П. Кузнецова. М. : Сов. радио, 1978.

2. Крон, Г. Исследование сложных систем по частям – диакоптика / Г. Крон ; под. ред. Баранова. М. : Наука, 1972.

3. Петров, М. Н. Вероятностно-временнные характеристики в сетях и системах передачи интегральной информации / М. Н. Петров ; Краснояр. гос. техн. ун-т. Красноярск, 1997.

4. Петров, М. Н. Тензорная методология исследования нагрузки в информационных сетях / Е. В. Веревкина, О. А. Корякина, М Н. Петров ; под ред. проф. М. Н. Петрова. Красноярск : НИИ СУВПТ, 2004. 105 с.

5. Тензорная методология в информационных сетях / Е. В. Веревкина, М. О. Захарченко, М. Н. Петров ; под ред. проф. М. Н. Петрова. Красноярск : НИИ СУВПТ, 2001. 158 с.

6. Распределенные информационные системы управления в телекоммуникационной отрасли / М. Н. Петров, Н. Г. Треногин ; под ред. проф. М. Н. Петрова. Красноярск : 2006. 345 с.

M. N. Petrov, N. G. Trenogin

THE TENSOR METHOD OF THE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF INFORMATION CONTROL SYSTEMS OF BUSINESS-COMPANIES OF TELECOMMUNICATION BRANCH

It is considered on a concrete example the question of the tensor analysis application for business-company of telecommunication branch management.

УДК 519.872.5, 621.391

М. Н. Петров, Д. Ю. Пономарев

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕТЕЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Моделирование информационных систем различного назначения очень часто сводится к исследованию различных параметров и характеристик систем и сетей массового обслуживания. Теория массового обслуживания предлагает достаточно много возможностей по оценке вероятностно-временных характеристик систем массового обслуживания различного вида, однако объединение систем в единую сеть массового обслуживания приводит к усложнению задачи анализа характеристик систем, особенно при исследовании сетей большой размерности. Предложен метод оценки вероятностно-временных характеристик сетей обработки информации с использованием тензорной методологии, что позволяет обеспечить более простое решение данной задачи.

Развитие современного общества предъявляет все более высокие требования к объемам и качеству информации, передаваемой по телекоммуникационным сетям. При построении любой сети связи, помимо выбора технологии передачи информации, определяются способы и возможности организации качественного обслуживания передаваемой информации. Для решения данной задачи в любом протоколе передачи данных по сетям связи предусмотрены механизмы обеспечения качества обслуживания (QoS – Quality of Service). Основной задачей данного сервиса является разделение входящего потока информации по категориям (классам) обслуживания и, в зависимости от присвоенной категории, обслуживание данного информационного потока по определенным правилам.

В сетях с IP протоколом могут использоваться следующие принципы поддержки QoS: на базе интегрированных служб (IntServ – Integrated Services Architecture) и на базе дифференцированных служб (DiffServ – Differentiated Services Framework). Механизм IntServ ориентирован на периферийное сетевое оборудование, а масштабируемая архитектура DiffServ используется в магистральной части сетей. Модель IntServ применяется совместно с протоколом резервирования ресурсов (RSVP) в качестве рабочего сигнального протокола, а, следовательно, требует решения как вопросов управления запросами при резервировании ресурсов, так и проблемы резервирования в случае отсутствия поддержки протокола RSVP некоторыми устройствами сети. На всем пути передачи информационного потока с определенным классом обслуживания QoS необходимо поддерживать определение параметров передачи, а также обеспечить гибкое управление пропускной способностью, что определяется временным характером резервируемого ресурса и необходимостью периодических обновлений с помощью RSVP-сообщений. Модель IntServ для поддержки QoS определяет три класса обслуживания: гарантированное обслуживание, максимально доступное качество и контролируемая загрузка. В DiffServ по сравнению с IntServ акцент в большей степени сделан не на сигнализации, а на способе обработки потоков в каждом узле маршрута передачи на основе заданного класса обслуживания данного информационного потока.

В сетях с асинхронной обработкой информации, так называемых сетях ATM, изначально закладывались принципы поддержки механизмов QoS. Для этого определялись как уровни адаптации ATM (AAL – ATM Adaptation Layer), так и категории источников нагрузки. Например, AAL2 предназначен для потоков с переменной скоростью передачи и синхронизацией: к такому типу сигнала можно отнести передачу речи с переменной скоростью и сжатого (например, MPEG) видеосигнала. Категории источников также определяют взаимодействие информационного потока и сети через параметры, которым должно соответствовать обслуживание определенного типа для заданного вида информации. Например, категория rt-VBR (Real Time–Variable Bit Rate) предполагает обслуживание потоков с переменной скоростью передачи и определяет необходимость оценки следующих параметров при передаче таких информационных потоков: максимальная пропускная способность, временная задержка передачи ячейки, девиация времени задержки передачи ячейки, вероятность потери ячейки и др.

Кроме рассмотренных технологий можно определить достаточно большой класс технологий и сетей, построенных на их базе, где существует задача нахождения вероятностно-временных характеристик систем с целью поддержания необходимого качества и надежности обслуживания. Кроме того, следует отметить, что сложность решения состоит не только в самих технологиях, но и в структурах сетей, использующих данные технологии, а также в необходимости принятия быстрых решений для задач управления ресурсами сети, как в локальном, так и глобальном масштабах.

Предлагаем использовать метод анализа вероятностно-временных характеристик систем, основанный на следующих предположениях. Во-первых, что поток вызовов с одной и той же интенсивностью λ поступления вызовет при неизменной интенсивности обслуживания одну и ту же загрузку ρ устройств при изменении структуры, и можно считать, что будет выполняться соотношение (инвариант)

$$сл = с'л', \qquad (1)$$

где переменные со штрихом – для одной структуры сети, без штриха – для другой. Во-вторых, объединение систем в единую сеть не вызывает никаких изменений процесса обслуживания информационного потока, т. е. тогда анализ любой сложной системы (сети) будет связан с определением простейшего элемента, его свойств и переносом алгоритма анализа на всю сложную систему (сеть). В-третьих, изменение структуры сети не предполагает качественное изменение основных соотношений между физическими величинами, описывающими простейший

элемент, а определяет только их численное изменение. Данные предположения в литературе получили название постулатов обобщения [1–3].

Тогда, исходя из соотношения (1), применив соотношение между интенсивностями исходной и примитивной сетей $\bar{л} = \bar{C}л'$ и используя известное соотношение $\rho = \lambda t$, где t – среднее время обслуживания одного требования, можно записать $\bar{с}\bar{C}л' = \bar{с}'л'$. Далее, находим соотношение между загрузками примитивной и исходной сетей: $\bar{с}' = \bar{C}^T\bar{с}$ или $\bar{с} = \left(\bar{C}^T\right)^{-1}\bar{с}'$. Следовательно, подставив полученное в выражение $\rho = \lambda t$, получим $\left(\bar{C}^T\right)^{-1}\bar{с}' = \bar{T}\bar{C}л'$. Следовательно, можно записать $\bar{C}^T\left(\bar{C}^T\right)^{-1}\bar{с}' = \bar{C}^T\bar{T}\bar{C}л'$. Окончательно уравнение будет иметь следующий вид:

$$\left(\bar{C}^T\bar{T}'\bar{C}\right)\bar{л} = \bar{C}^T\bar{с}', \qquad (2)$$

где исходная сеть описана в символах примитивной, а, следовательно, известной сети. Далее, решая полученное уравнение относительно λ, находим коэффициенты использования устройств в исходной сети ρ. Данный подход позволяет при минимальных затратах оценить загрузку сетей, обеспечив тем самым определение остальных характеристик сети: распределение вероятностей состояний по отдельным системам: $p_n = f(с)$, а также средней очереди $\bar{N}$ и среднего времени задержки $\bar{T}$. Применительно к сетям связи, исходя из решения уравнения (2) можно найти как вероятность потерь пакетов, время задержки (и его девиацию), так и оценить пропускную способность сети в целом.

Например, сеть передачи информации имеет структуру, представленную на рис. 1. Обозначения «источник» (И) и «получатель» (П) информации абсолютно условны, так как информационный источник «И» может создавать информационные потоки различных типов от определенного количества пользователей или генераторов запросов. Аналогично, получатель информации «П» условно обозначает приемник запросов или оконечную систему обработки заявок (пакетов).

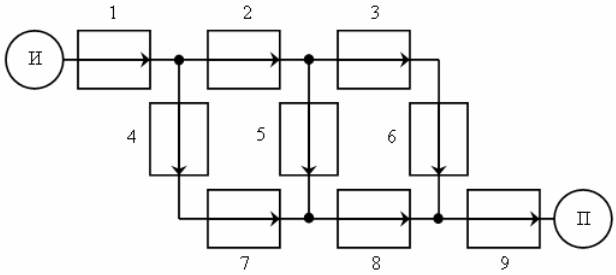


Рис. 1. Исследуемая сеть передачи информации

Таким образом, определив например маршрут для информационного потока определенного типа как пролегающий через узлы 1–2–5–8–9, необходимо найти параметры качества обслуживания, такие как среднее время задержки и вероятность потерь пакетов на данном маршруте. Исходя из теории графов, вероятность потерь будет определяться простым последовательным графом и выражение для этого параметра примет вид

$$p = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_5)(1 - p_8)(1 - p_9), \qquad (3)$$

где p_i – вероятность потери пакета в i-ом узле, находится исходя из модели узла (одно- или многоканальный, с ожиданием или потерями, с приоритетным обслуживанием или нет). Среднее время задержки для определенного выше маршрута можно найти следующим образом:

$$T = T_1 + T_2 + T_5 + T_8 + T_9, \qquad (4)$$

где T_i – время задержки в i-ом узле, аналогично p_i задается моделью узла.

Следует отметить, что в основном как вероятностные, так и временные характеристики описываются выражениями с функциональной зависимостью от загрузки (нагрузки) узла. Поэтому основной задачей при исследовании качественных показателей обработки информации в данной сети является нахождение значений загрузки узлов. Построим модель исследуемой сети для анализа вероятностно-временных характеристик контурным методом с использованием уравнений (1) и (2) [4].

В терминах тензорного анализа модель исследуемой сети (рис. 2) называется исходной сетью. В данной модели для применения контурного метода между узлами 1 и 9 введена мнимая ветвь, которая создает замкнутый контур с интенсивностью $л_a$. Дальнейший процесс исследования заключается в определении примитивной сети. В данном случае примитивная сеть состоит из 9 несвязанных друг с другом узлов сети (рис. 3).

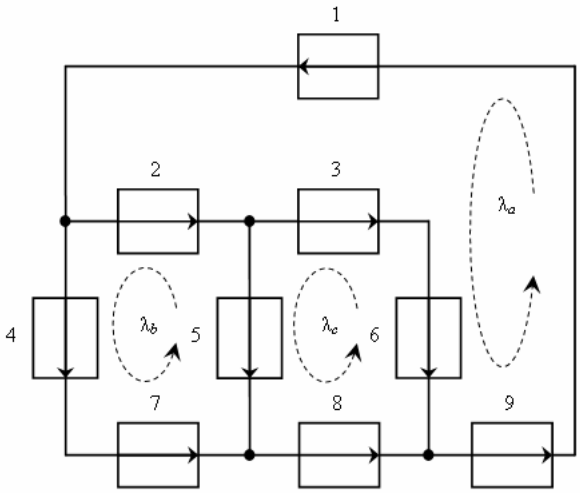


Рис. 2. Модель исследуемой сети

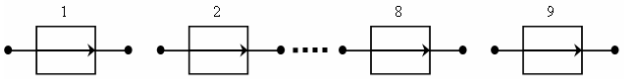


Рис. 3. Примитивная сеть

Зададим среднюю длительность обслуживания в примитивной сети: $\bar{t} = \begin{pmatrix} t_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & t_2 & \dots & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & t_9 \end{pmatrix}$. Тогда, загрузку узлов, выраженную через время обслуживания и интенсивность ветвей можно представить следующим образом: $\begin{pmatrix} с_1' \\ с_2' \\ \\ с_9' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_1 & 0 & & 0 \\ 0 & t_2 & & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & t_9 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} л_1' \\ л_2' \\ \\ л_9' \end{pmatrix}$.

Для исходной сети инвариантное уравнение будет иметь вид $\begin{pmatrix} c_a \\ c_b \\ c_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_{aa} & t_{ab} & t_{ac} \\ t_{ba} & t_{bb} & t_{bc} \\ t_{ca} & t_{cb} & t_{cc} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} л_a \\ л_b \\ л_c \end{pmatrix}$.

Для определения матрицы перехода $\bar{C}$ составляем таблицу соответствия интенсивностей ветвей в примитивной сети и контурных интенсивностей исходной сети (см. таблицу). Следует отметить, что направления контурных интенсивностей определяются самим исследователем и могут быть заданы произвольно, что, следовательно, приводит к влиянию исследователя (наблюдателя) на процесс исследования, при этом результат остается неизменным [1; 2].

Соответствие интенсивностей модели сети

	$л_a$	$л_b$	$л_c$
$л_1$	1		
$л_2$	1	–1	
$л_3$	1		–1
$л_4$		1	
$л_5$		–1	1
$л_6$	1		–1
$л_7$		1	
$л_8$			1
$л_9$	1		

Окончательно матрица перехода $\bar{C}$ будет иметь следующий вид:

$$\bar{C} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Следовательно, переходя от одной сети к другой, для загрузки исходной сети получим следующее выражение, из уравнения (2):

$$\begin{pmatrix} c_a \\ c_b \\ c_c \end{pmatrix} = \bar{C}^T \bar{c}' =$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_1' \\ c_2' \\ \\ c_9' \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} c_1' + c_2' + c_3' + c_6' + c_9' \\ -c_2' + c_4' - c_5' + c_7' \\ -c_3' + c_5' - c_6' + c_8' \end{pmatrix},$$

а для средней длительности обслуживания можно записать

$$\begin{pmatrix} t_{aa} & t_{ab} & t_{ac} \\ t_{ba} & t_{bb} & t_{bc} \\ t_{ca} & t_{cb} & t_{cc} \end{pmatrix} = \bar{C}^T \bar{t}\, \bar{C} =$$

$$= \begin{pmatrix} t_1 + t_2 + t_3 + t_6 + t_9 & -t_2 & -t_3 - t_6 \\ -t_2 & t_2 + t_4 + t_5 + t_7 & -t_5 \\ -t_3 - t_6 & -t_5 & t_3 + t_5 + t_6 + t_8 \end{pmatrix}.$$

Окончательно можно записать следующее уравнение в матричной форме:

$$\begin{pmatrix} c_1' + c_2' + c_3' + c_6' + c_9' \\ -c_2' + c_4' - c_5' + c_7' \\ -c_3' + c_5' - c_6' + c_8' \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} t_1 + t_2 + t_3 + t_6 + t_9 & -t_2 & -t_3 - t_6 \\ -t_2 & t_2 + t_4 + t_5 + t_7 & -t_5 \\ -t_3 - t_6 & -t_5 & t_3 + t_5 + t_6 + t_8 \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} л_a \\ л_b \\ л_c \end{pmatrix}.$$

Решая полученное уравнение относительно λ_a, λ_b, λ_c, можно определить интенсивности поступления вызовов в системы исходной сети:

$$\begin{pmatrix} л_1 & л_2 & л_3 \end{pmatrix} = \bar{л}^T \bar{C}^T = \begin{pmatrix} л_a & л_b & л_c \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix},$$

а коэффициенты использования каждого устройства исходной сети находим через следующее выражение:

$$\begin{pmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \end{pmatrix} = \bar{л}^T \bar{C}^T \bar{t} = \begin{pmatrix} л_a & л_b & л_c \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} t_1 & 0 & & 0 \\ 0 & t_2 & & 0 \\ & & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & t_9 \end{pmatrix}.$$

Теперь, для полученных значений загрузок определяем функциональные зависимости для вероятности потерь и среднего времени задержки в узлах сети и, используя (3), (4) находим качественные показатели для заданного маршрута передачи информации.

Рассмотренный метод анализа позволяет практически для любых сетей, в независимости от применяемых технологий обработки информации, способов организации потоков с различным классом обслуживания и масштабов сети, определять такие необходимые качественные показатели, как вероятность потерь пакетов, среднее время задержки при обслуживании пакета и его дисперсия (джиттер), а также при определенной модификации оценивать пропускную способность узлов обработки

информации. Следует отметить также, что основными достоинствами предложенного метода являются линейная зависимость сложности расчетов от масштаба сети, возможность оценки характеристик сетей при обслуживании разнородных информационных потоков, возможность решения мультикритериальной задачи при оценке параметров телекоммуникационных сетей, а также простота программной реализации [5].

Библиографический список

1. Крон, Г. Тензорный анализ сетей / Г. Крон. М., 1978.

2. Петров, М. Н. Вероятностно-временные характеристики в сетях и системах передачи интегральной информации / М. Н. Петров ; Красн. гос. техн. ун-т. Красноярск, 1997. 270 с.

3. Петров, М. Н. Тензорная методология в информационных сетях / М. Н. Петров, Е. В. Веревкина, М. О. Захарченко. Красноярск : НИИ СУВПТ, 2001. 225 с.

4. Пономарев, Д. Ю. Тензорный метод для телекоммуникационных сетей / Д. Ю. Пономарев // Труды Красн. гос. техн. ун-т. 2006. № 2–3. С. 49–56.

5. Пономарев, Д. Ю. Исследование вероятностно-временных характеристик информационных сетей тензорным методом / Д. Ю. Пономарев // Компьютерные учебные программы и инновации. 2007. № 7. С. 160–161.

M. N. Petrov, D. U. Ponomarev

ABOUT INFORMATION NETWORKS PROBABILITY AND TIME CHARACTERISTICS ESTIMATION METHOD

Information systems modelling often reduce to investigation of different parameters and characteristics of queuing systems and networks. Queuing theory proposed many capabilities for probability and time characteristics estimation for different queuing systems. However, queuing systems connection in queuing network gives difficulty to systems characteristics analysis, especially at investigation of large dimension networks. It is presented information networks probability and time characteristics estimation method with tensor methodology that let provide more simple solution this task.

УДК 62-506.1

М. В. Карасева, В. О. Лесков

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ МУЛЬТИЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ АДАПТИВНО-ОБУЧАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ

Рассмотрены системные аспекты формирования информационной базы мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии, такие как сбор информации о скрытых лексических связях, и применение ее в формировании информационно-терминологического базиса. Предложена система первичной обработки текстов, приведен алгоритм ее работы, а также структура выходных данных.

Проблема эффективного обучения иностранным языкам всегда была актуальна для человечества. Создаются различные методики обучения, а вместе с ними множество учебников, словарей (в том числе электронных), предпринимались попытки создания унифицированных языков достаточно простой и логичной структуры. Результаты этих попыток весьма спорны, но одно можно сказать наверняка: все это было вызвано необходимостью понимания иностранной речи, умения высказаться в рамках специальной области. Кроме того возникла острая необходимость в квалифицированных переводчиках. Но какой бы квалификацией не обладал переводчик, он не в силах постичь все многообразие сфер человеческой деятельности, изобилующее своими специальными терминами, не говоря уже о том, что значения одних и тех же, казалось бы, терминов в разных сферах бывают очень различны. Как показывает практика, контактировать с представителями других языковых групп приходится если не во всех сферах человеческой деятельности, то в большинстве из них, и часто не прибегая к услугам переводчика.

Резюмируя все вышесказанное, можно утверждать, что на сегодняшний день предпочтительно, чтобы специалист самолично мог общаться на иностранных языках с зарубежными коллегами или партнерами, хотя бы в рамках своей рабочей области. В российской практике, к сожалению, данная тенденция развивается медленно. А значит, ярко выражена необходимость в создании эффективных методов обучения специальной лексике.

На сегодняшний день все более часто используют специальные компьютерные программы, обучающие иностранной лексике. Они относительно дешевы и просты при создании по сравнению с бумажными аналогами и не менее эффективны. Такие программы обычно обладают достаточно гибкой структурой, позволяющей обновлять (актуализировать) свои БД, а также заменять их для обучения лексике иных специальных областей.

Примечательно, что процесс обучения с помощью таких программ становиться индивидуальным, и обучаемый способен прервать или возобновить процесс обучения в любое удобное для него время. Не маловажно, что подобные обучающие программы, как правило, имеют ряд дополнительных функций при обучении, в том числе средства мультимедиа. Это также заметно повышает эффективность таких программ.

Единственный минус подобных средств обучения по сравнению с бумажными аналогами состоит в том, что некоторые люди принципиально не приемлют компьютерное обучение как таковое. Причины этого тривиальны: дело в том, что обучение посредством компьютера требует определенной усидчивости и терпения от обучаемого, что не каждый может себе позволить. Естественно, что помимо этого от пользователя требуется умение пользоваться компьютером хотя бы на начальном уровне.

Но, тем не менее, основная часть специалистов, на которых нацелены подобные обучающие программы, не должна испытать никаких затруднений в их освоении, поскольку к современным специалистам предъявляется более высокий уровень требований . А это означает, что подобные обучающие программы еще долго будут востребованы на рынке средств обучения иностранным языкам.

Последнее время очень часто перед современным специалистом ставится требование знать лексику нескольких иностранных языков.

Решение этой задачи посредством описанных выше программных продуктов имеет побочные эффекты. Нередко возникает несоответствие языковых аналогов. Одни аналоги забываются быстрее – другие нет. И это усугубляет процесс обучения.

Конечно, это происходит в первую очередь из-за того, что сам процесс обучения происходит поэтапно. Мультилингвистическая адаптивно-обучающая технология (МЛ-технология) [1] предлагает иной подход к изучению нескольких иностранных языков последовательно, а именно изучение иностранного языка с учетом и при помощи знания другого ранее изученного иностранного языка. МЛ-технология основана на механизмах восприятия и памяти человека и предусматривает адаптацию системы к конкретному пользователю.

В настоящее время в рамках МЛ-технологии проводится ряд исследований, и она как ядро обучающей системы обрастает новыми методами и системами их реализующими.

Построение компьютерной системы, обучающей иностранной лексике (в частности, на основе МЛ-технологии), можно представить в виде ряда последовательных этапов.

Формирование программной оболочки и механизма, обеспечивающего прохождение системы, включает различные механизмы адаптации и дополнительные функции.

Формирование терминологического базиса происходит в несколько этапов:

1) построение лексической базы, адекватно и достаточно полно отражающей специфику некоторой области какого-либо иностранного языка (нескольких иностранных языков, в контексте МЛ-технологии):

– поиск текстов, принадлежащих данной специальной области,

– обработка текстов и сбор мусора,

– построение лексической базы в виде частотного словаря;

2) формирование мультилингвистического информационного терминологического базиса посредством ряда методов, в том числе методов оптимизации структуры базиса.

Достаточно часто для описания технологических процессов и управления ими используется теория Марковских процессов.

Марковский процесс – это процесс, когда для каждого момента времени вероятность любого состояния объекта в будущем обусловлено только состоянием объекта в данный момент и не зависит от того, каким образом объект пришел в это состояние. Говорят еще, что такой процесс обладает Марковским свойством.

Цепочкой Маркова называется Марковский процесс с дискретным временем, заданный в измеримом пространстве.

Для описания Марковских процессов используются модели Маркова, которые включают в себя множество состояний, множество переходов между этими состояниями и вероятностные характеристики этих переходов (переходная вероятность или вероятность перехода). Для удобного использования переходных вероятностей, они часто записываются в матрицу (матрицу переходных вероятностей).

Пример Марковской цепочки – произношение слова «корова» в двух различных вариантах (рис. 1). Согласно этому рисунку слово «корова» с вероятностью 0,7 будет произнесено как [карова], с вероятностью 0,3 как [корова].

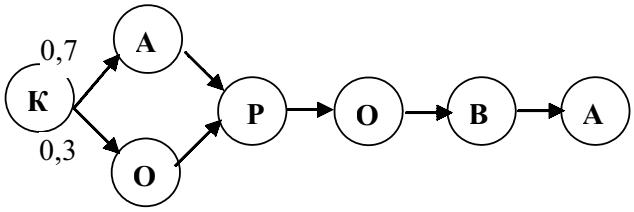


Рис. 1. Пример цепочки Маркова

Все приведенные состояния, кроме начального, являются функциями предыдущего состояния. Совокупность состояний, приведенную в данном примере, логично рассматривать как совокупность биграммам (последовательностей из двух слов), так как каждое состояние (кроме начального) является функцией только от одного предыдущего состояния.

Когда некоторое состояние зависит сразу от нескольких предыдущих, тогда совокупность этих состояний логично рассматривать как совокупность триграмм, тетраграмм и т. д. (последние не часто используются в решении технологических задач, так как построение системы, основанной на них, достаточно ресурсоемко). Здесь уместно говорить о расширении понятия Марковского процесса.

Если цепочка Маркова включает в себя хотя бы одно состояние, которое может быть достигнуто одиночными переходами из нескольких предыдущих (состояние 3,

рис. 1), то такая цепочка называется скрытой Марковской цепочкой (обладает скрытым Марковским свойством).

Условимся называть связи (отражающие возможность перехода в скрытой Марковской цепи) скрытыми Марковскими зависимостями (связями), а в контексте данной статьи, с учетом ее тематики – скрытыми лексическими связями.

Теперь следует заметить, что представленная структура построения компьютерной системы обучения иностранной лексике не учитывает скрытые Марковские зависимости между лексемами (далее – скрытые лексические связи).

Однако очевидно, что такие зависимости (в первую очередь связи между понятиями, а не лексемами) могут служить достаточно сильным ассоциативным механизмом при запоминании некоторого набора лексем языка (языков). А значит, изучение этого механизма и возможностей манипулировать им полностью соответствует целям обучающей системы.

Предположим что, существует механизм использования данных о скрытых лексических связях в построении информационного терминологического базиса.

Тогда необходимо построить систему, которая бы позволяла находить и представлять данные о скрытых лексических связях таким образом, чтобы они могли быть использованы упомянутым ранее механизмом. К такой системе предъявляется два основных требования:

– органично вписываться в общую структуру компьютерной системы обучения (наименьшая ресурсоемкость, синхронизация с отдельными подсистемами);

– универсальность и простота представления данных (механизмы использования могут быть различны, как и требования к представлению их входных данных).

Естественно было бы отнести интегрируемую систему ко второму этапу в построении системы обучения иностранной лексике (предварительная обработка текстов, построение лексической базы).

Также естественно было бы расположить ее в данной структуре либо до применения подсистемы генерации частотного словаря, либо после.

Но если рассмотреть ближе структуру обоих упомянутых систем, то становится очевидным, что они основаны на одном и том же алгоритме обработки текстов – алгоритме «Поиска образа в строке». И поскольку ресурсоемкость задач с применением такого алгоритма прямо пропорционально зависит от объема обрабатываемого текста, встает вопрос о слиянии этих двух систем.

Удачное решение этого вопроса намного сократит ресурсоемкость этапа формирования лексической базы по сравнению с последовательным применением этих двух систем.

Для того чтобы понять как эффективнее и проще организовать представление выходных данных системы, необходимо знать, что эти данные из себя представляют.

Все скрытые лексические связи в тексте могут быть представлены в виде ориентированного взвешенного графа, вершины которого соответствуют отдельным лексемам, ориентированные дуги – самой скрытой лексической связи, а веса – вероятностям перехода между лексемами (рис. 2).

Трактовать такой граф, применительно к приведенному примеру, следует таким образом (табл. 1):

Вершина 1:

Лексема: Computer.

За лексемой «Computer» следуют лексемы:

– «System» с вероятностью 0,7,

– «Design» с вероятностью 0,3.

Аналогично относительно вершин 2, 3, 4, 5.

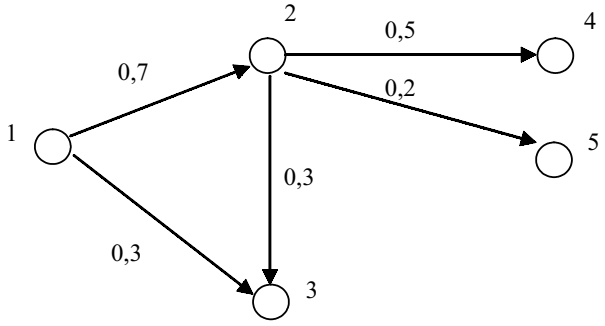


Рис. 2. Пример части орграфа, отражающего скрытые лексические зависимости текста некоторой предметной области

Таблица 1

Частотные характеристики лексем

Вершина	Лексемы	Данные ЧС
1	Computer	0,007
2	System	0,002
3	Design	0,000 6
4	Architecture	0,000 1
5	Method	0,003

Чаще всего орграфы, да и любые другие графы, имеют машинное представление в виде совокупности матрицы смежности и инцидентности. Такие матрицы для орграфа, приведенного на рис. 1, будут иметь следующий вид (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Матрица смежности

№	1	2	3	4	5
1	0	1	1	0	0
2	1	0	1	1	1
3	1	1	0	0	0
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	0	0

Таблица 3

Матрица инцидентности с весами ребер

№	12	13	23	24	25
1	–0,7	–0,3	0	0	0
2	0,7	0	–0,3	–0,5	–0,2
3	0	0,3	0,3	0	0
4	0	0	0	0,5	0
5	0	0	0	0	0,2

Для удобства хранения и наименьшей ресурсоемкости данных о скрытых лексических связях предлагается сле-

дующая модификация матриц смежности и инцидентности, которая представляет собой только одну таблицу и эквивалентна матрице переходных вероятностей, обычно используемой в контексте Марковских цепей (табл. 4).

Таблица 4

Матрица переходных вероятностей

№	1	2	3	4	5
1	0	0,7	0,3	0	0
2	0	0	0,3	0,5	0,2
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0

Такую матрицу следует читать относительно строк, где, например, запись в ячейке M [1, 2] – «0,7» означает, что связь весом 0,7 входит в точку 2 из точки 1, иными словами «0,7» – значение вероятности перехода от лексемы 1 к лексеме 2.

Возможность объединить матрицу смежности и инцидентности появилась благодаря тому, что две вершины орграфа скрытых лексических связей соединяет одно и только одно ребро, что позволяет не индексировать ребра; а о наличии–отсутствии ребра однозначно говорит ненулевое значение соответствующей ячейки матрицы переходных вероятностей.

Выход системы образования частотного словаря может быть представлен, например, в виде небольшой БД (табл. 5):

Это удобно в первую очередь благодаря гибкости и надежности структуры хранения данных, где гибкость заключается в том, что в зависимости от выбранных методов формирования терминологического базиса и методик обучения, можно модифицировать БД, добавив, например, атрибут «транскрипция для каждого языкового аналога». Надежность же обеспечивается самой структурой БД.

Матрица переходных вероятностей и частотные характеристики лексем должны быть синхронизированы, для этого предлагается представить матрицу переходных вероятностей в виде БД и объединить с БД частотного словаря по ID (уникальный номер) (табл. 6).

Таким образом, представление выходных данных системы поиска скрытых лексических связей в виде матрицы переходных вероятностей будет синхронизировано с выходом частотного словаря и наименее ресурсоемко.

Алгоритм представлен на определенном уровне абстракции, поэтому не включает детального описания некоторых пунктов. Поиск образа в строке здесь может быть произведен любым из существующих специальных методов. Автором статьи на основании результатов собственного небольшого исследования области решения подобных задач рекомендуется метод «Быстрого поиска», имеющий минимальную ресурсоемкость.

Таблица 6

Скрытые лексические связи

ID	1	2	3	4	5
1	0	0,007	0,023	0	0
2	0	0	0,03	0,07	0,08
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0

Вход: текст, прошедший предварительную обработку (сбор мусора и т. д.):

1. Выделяется лексема, начиная с первой позиции текста. Назовем ее основной, так как она представляет собой состояние процесса в настоящий момент времени и именно по ней ведется учет частоты для ЧС. Лексема записывается в БД: в ЧС и в матрицу переходных вероятностей в качестве элемента и в качестве нового атрибута (если еще не встречалась как атрибут) с названием идентичным собственному ID основной лексемы, значение атрибута временно приравнивается нулю.

2. Изменяем текущее значение частоты для основной лексемы. Производится соответствующая запись в БД: ЧС.

3. Выделяется лексема, следующая за основной. Назовем ее связанной лексемой. Она являет собой состояние процесса в будущий момент времени и отражает скрытую лексическую связь. Если связанная лексема еще не встречалась в текущей паре, то она записывается в БД: в ЧС как новый элемент со своим ID и матрицу переходных вероятностей как новый атрибут.

4. Изменяем значение частоты для текущей пары лексем. Производится соответствующая запись в БД (матрице переходных вероятностей).

5. Производится поиск (любым из методов поиска образа в строке) лексемы в тексте, идентичной основной лексеме.

6. Если поиск увенчался успехом и искомая лексема найдена, алгоритм переходит в пункт 2 и продолжает работу.

7. Если просмотр текста закончен, и искомая лексема не найдена, то алгоритм переходит в пункт 1, присвоив лексеме, следующей за первым вхождением в текст основной лексемы статус основной. Алгоритм начинает работу уже относительно нее. И работает до тех пор, пока весь текст не будет пройден таким образом до конца.

Выход: БД.

Использование подсистемы обработки текстов, полученной в результате объединения подсистемы генерации

Таблица 5

Частотный словарь

ID	Частота	Английский	Немецкий	Русский
1	0,007	Computer	Computer	Компьютер
2	0,002	System	System	Система
3	0,000 6	Design	Design	Дизайн
4	0,000 1	Architecture	Architektur	Архитектура
5	0,003	Method	Methode	Метод
…	…	…	…	…

частотного словаря и подсистемы поиска скрытых лексических связей является очень удачным решением в построении информационно-терминологического базиса. С одной стороны, появляется возможность задействовать у обучаемого сильные, ранее не доступные, ассоциативные механизмы восприятия памяти, а с другой – ресурсоемкость построения базиса будет значительно ниже, чем при предварительном использовании двух ранее упомянутых подсистем.

Таким образом, за счет использования скрытых лексических связей повышается эффективность системы обучения иностранной лексике в целом. При этом разработаны такие структура и алгоритм работы подсистемы предварительной обработки текстов, при которых использование данной подсистемы при формировании информационно-терминологического базиса будет наименее ресурсоемко.

Разработанная структура выходных данных подсистемы предварительной обработки текстов обеспечивает гибкость и целостность информации.

А в эффективном использовании данных о скрытых лексических связях непосредственно в процессе обучения отрывает возможность для новых исследований в данной области.

Библиографический список

1. Александров, Г. Н. Программированное обучение и новые информационные технологии обучения / Г. Н. Александров // Информатика и образование. 1993. № 5. С. 7–19.

M. V. Karaseva, V. O. Leskov

AUTOMATION OF THE INFORMATIONAL BASIS FORMATION OF THE MULTILINGUAL ADAPTIVE TECHNOLOGY

The system aspects of information basis generating multilingual adaptive-training technology are exact the information gathering about hidden lexical relations and use of this information in forming of information-technology basis are considered. The texts system preprocessing is connected with its algorithm of work and output data structure.

УДК 519.2

Н. В. Степанова, А. Ф. Терпугов

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЦЕНОЙ ПРИ ПРОДАЖЕ СКОРОПОРТЯЩЕГОСЯ ТОВАРА

Находится оптимальный закон управления продажной ценой партии скоропортящегося товара, обеспечивающий получение максимальной прибыли.

Перед любой фирмой, производящей какой-либо товар, всегда встает проблема его сбыта. Эта проблема особенно важна для фирм, производящих товары, не подлежащие длительному хранению, так как перепроизводство товара может привести к потери им товарных качеств в течение торговой сессии, и товар будет снят с реализации или уценен. Недостаточное производство товара приведет к тому, что часть возможной прибыли будет недополучена, т. е. к упущенной выгоде.

Эти проблемы возникают при поставке товара в торговые точки, принадлежащие фирме-производителю, а также у розничных торговцев, покупающих у оптового поставщика партию скоропортящегося товара для его реализации. Во всех этих ситуациях очень большое значение имеют ответы на следующие вопросы:

– какой должен быть объем партии, поставляемой или покупаемой для реализации?;

– по какой розничной цене должен продаваться этот товар?;

– как должна меняться розничная цена в зависимости от остатка непроданного товара?;

– как управлять ценой продажи продукции, чтобы к концу торговой сессии она была полностью реализована?;

– все эти задачи надо решать при вполне естественном критерии оптимальности – максимизации прибыли, получаемой от реализации продукции.

Постановка проблемы. Пусть имеется некоторая скоропортящаяся продукция (например, молоко, сметана, свежая рыба, овощи и т. д.), которая должна быть продана в течение торговой сессии (например, дня). В противном случае товар снимается с реализации и пропадает.

Продавец покупает партию товара объема Q_0 по оптовой цене d и продает ее по розничной цене c. Ставится задача нахождения значений Q_0 и c, при которых средняя прибыль продавца будет максимальной.

Достаточно неприятно, если к концу торговой сессии остается непроданный товар. Выбрасывать его жалко, пускать на переработку в продукцию низкого качества тоже. Поэтому продавцы применяют разнообразные приемы, чтобы реализовать товар до конца торговой сессии, например, в ее конце устраивают распродажу остатков товара по низкой цене. Однако, это не единственная и, по-видимому, не самая лучшая стратегия. Здесь имеется обширное поле для теоретического исследования. В дан-

ной работе мы изучим только одну из таких стратегий управления ценой продажи товара.

Будем считать, что торговая сессия начинается в момент времени 0 и кончается в момент времени T, т. е. она занимает интервал времени $[0,T]$. Обозначим через $Q(t)$, количество товара в момент времени t. Будем также считать, что $Q(0)=Q_0$ фиксировано. Будем предполагать, что поток покупателей является пуассоновским потоком интенсивности $\lambda(c(t))$, зависящей от розничной цены $c(t)$.

Будем считать, что покупатели покупают товар независимо друг от друга, и объем покупки x есть случайная величина с $M\{\xi\}=a_1$ и $M\{\xi^2\}=a_2$.

В одном очень частном случае эта задача уже исследовалась в работе Е. В. Новицкой [1], где закон управления ценой $c(t)$ продажи товара брался из соотношения

$$a_1\lambda(c(t))=\frac{Q(t)}{T-t}. \qquad (1)$$

Основные вероятностные характеристики процесса $Q(t)$ в случае произвольной функции ц(t/T). Исследован общий случай, когда управление розничной ценой определяется соотношением

$$a_1\lambda(c(t))=\frac{Q(t)}{T\varphi(t/T)}. \qquad (2)$$

Найдем характеристики величины количества товара в диффузионном приближении. Процесс $Q(t)$ может быть приближенно описан следующим стохастическим дифференциальным уравнением [1]:

$$dQ(t)=-a_1\lambda(c)dt+\sqrt{a_2\lambda(c)}dw(t), \qquad (3)$$

где $w(t)$ – стандартный винеровский процесс. Именно эту аппроксимацию мы и исследуем ниже.

Объединяя выражения (2) и (3), можно сказать, что диффузионная аппроксимация процесса $Q(t)$ имеет вид

$$dQ(t)=-\frac{Q(t)}{T\varphi(t/T)}dt+\sqrt{\frac{a_2}{a_1}\cdot\frac{Q(t)}{T\varphi(t/T)}}dw(t). \qquad (4)$$

Найдем основные вероятностные характеристики процесса $Q(t)$.

Обозначим $M\{Q(t)\}=\bar{Q}(t)$. Для краткости записи, аргумент t у $Q(t)$ и $\bar{Q}(t)$ мы часто будем опускать.

Усредняя уравнение (4) с учетом того, что приращения винеровского случайного процесса независимы и имеют нулевое математическое ожидание, получим следующее уравнение для $\bar{Q}(t)$:

$$d\bar{Q}(t)=-\frac{\bar{Q}(t)}{T\varphi(t/T)}dt, \qquad (5)$$

которое является дифференциальным уравнением первого порядка с разделяющимися переменными и которое надо решить при начальном условии $\bar{Q}(0)=Q_0$. Его решение имеет вид

$$\bar{Q}(t)=Q_0\exp\left\{-\int_0^t\frac{dx}{T\varphi(x/T)}\right\}=$$
$$=Q_0\exp\left\{-\int_0^{t/T}\frac{dz}{\varphi(z)}\right\}. \qquad (6)$$

В частности, $\bar{Q}(T)=Q_0\exp\left\{-\int_0^1\frac{dz}{\varphi(z)}\right\}$.

Рассмотрим процесс $Q^2(t)$. Используя формулу Ито [2], легко получить уравнение, описывающее этот процесс:

$$d(Q^2(t))=\left(-\frac{2Q^2(t)}{T\varphi(t/T)}+\frac{a_2}{a_1}\cdot\frac{Q(t)}{T\varphi(t/T)}\right)dt+$$
$$+2Q(t)\sqrt{\frac{a_2}{a_1}\cdot\frac{Q(t)}{T\varphi(t/T)}}dw(t). \qquad (7)$$

Обозначим $M\{Q^2(t)\}=Q_2(t)$. Тогда, усредняя уравнение (7), получим

$$dQ_2(t)=\left(-\frac{2Q_2(t)}{T\varphi(t/T)}+\frac{a_2}{a_1}\cdot\frac{\bar{Q}(t)}{T\varphi(t/T)}\right)dt$$

или, с учетом выражения (6)

$$\frac{dQ_2(t)}{dt}=-2\frac{Q_2(t)}{T\varphi(t/T)}+$$
$$+\frac{a_2Q_0\exp\left\{-\int_0^t\frac{dx}{T\varphi(x/T)}\right\}}{a_1T\varphi(t/T)}, \qquad (8)$$

которое надо решить при начальном условии $Q_2(0)=Q_0^2$.

Решая это уравнение, получим

$$Q_2(t)=Q_0^2\exp\left\{-2\int_0^{t/T}\frac{dz}{\varphi(z)}\right\}+$$
$$+\frac{a_2}{a_1}Q_0\exp\left\{-\int_0^{t/T}\frac{dz}{\varphi(z)}\right\}\times \qquad (9)$$
$$\times\left[1-\exp\left\{-\int_0^{t/T}\frac{dz}{\varphi(z)}\right\}\right].$$

Отсюда

$$D\{Q(t)\}=D_Q(t)=Q_2(t)-\bar{Q}^2(t)=$$
$$=\frac{a_2}{a_1}Q_0\exp\left\{-\int_0^{t/T}\frac{dz}{\varphi(z)}\right\}\left[1-\exp\left\{-\int_0^{t/T}\frac{dz}{\varphi(z)}\right\}\right]. \qquad (10)$$

Математическое ожидание выручки и его оптимизация. Рассмотрим случай, когда зависимость $\lambda(c)$ может быть аппроксимирована прямой линией

$$\lambda(c)=\lambda_0-\lambda_1\frac{c-c_0}{c_0}. \qquad (11)$$

Здесь c_0 имеет смысл некоторой «стандартной» цены, так что $\lambda(c_0)=c_0$. Такая аппроксимация возможна, если отклонения цены c от c_0 незначительны.

В этом случае уравнение (2) приобретает вид

$$a_1\lambda(c)=a_1\left(\lambda_0+\lambda_1-\lambda_1\frac{c}{c_0}\right)=\frac{Q}{T\varphi(t/T)},$$

откуда

$$c=c_0\left(1+\frac{\lambda_0}{\lambda_1}-\frac{Q}{a_1\lambda_1T\varphi(t/T)}\right). \qquad (12)$$

Так как в единицу времени в среднем совершается $\lambda(c)$ покупок, средний размер которых равен a_1 по цене c, то среднее значение выручки в единицу времени равно

$$ca_1\lambda(c)=c_0\left(1+\frac{\lambda_0}{\lambda_1}-\frac{1}{a_1\lambda_1}\frac{Q}{T\varphi(t/T)}\right)\times$$
$$\times\frac{Q}{T\varphi(t/T)}. \qquad (13)$$

Усредняя по объему партии товара $Q(t)$, имеющегося в наличии в момент времени t, получим

$$M\{ca_1\lambda(c)\} = c_0\left(1+\frac{\lambda_0}{\lambda_1}\right)\frac{\bar{Q}}{T\varphi(t/T)} - c_0\frac{1}{a_1\lambda_1}\frac{\overline{Q^2}}{T^2\varphi^2(t/T)} = c_0\left(1+\frac{\lambda_0}{\lambda_1}\right)\frac{\bar{Q}}{T\varphi(t/T)} - \frac{c_0}{a_1\lambda_1}\frac{Q_2}{T^2\varphi^2(t/T)}. \quad (14)$$

Подставляя сюда явные выражения для $\bar{Q}$ и Q_2 получим, что средняя выручка в единицу времени равна

$$M\{ca_1\lambda(c)\} = c_0\left(1+\frac{\lambda_0}{\lambda_1}\right)\frac{Q_0}{T\varphi(t/T)}\times \exp\left\{-\int_0^t\frac{dx}{T\varphi(x/T)}\right\} - \frac{c_0Q_0}{a_1\lambda_1T^2\varphi^2(t/T)}\exp\left\{-2\int_0^t\frac{dx}{T\varphi(x/T)}\right\}\times \left[\frac{a_2}{a_1}\left(\exp\left\{\int_0^t\frac{dx}{T\varphi(x/T)}\right\}-1\right)+Q_0\right]. \quad (15)$$

Отсюда средняя выручка за весь период торговой сессии равна

$$S = \int_0^T M\{ca_1\lambda(c)\}dt. \quad (16)$$

Подставляя выражение (15) в уравнение (16) получаем

$$S = \frac{c_0Q_0}{\lambda_1}\left[(\lambda_0+\lambda_1)\int_0^1\frac{1}{\varphi(z)}\exp\left\{-\int_0^z\frac{dx}{\varphi(x)}\right\}dz - \frac{1}{a_1T}\int_0^1\frac{dz}{\varphi^2(z)}\exp\left\{-2\int_0^z\frac{dx}{\varphi(x)}\right\}\times \times\left[\frac{a_2}{a_1}\left[\exp\left(\int_0^z\frac{dx}{\varphi(x)}\right)-1\right]+Q_0\right]\right]. \quad (17)$$

Для упрощения дальнейших вычислений введем вспомогательную функцию $\psi(z)$ вида

$$\psi(z) = \int_0^z\frac{dx}{\varphi(x)}, \quad (18)$$

тогда $\psi'(z) = \dfrac{1}{\varphi(z)}$, а $\psi(0) = 0$.

Теперь выражение для S принимает вид

$$S = \frac{c_0Q_0}{\lambda_1}\times \left[(\lambda_0+\lambda_1)\int_0^1 e^{-\psi(z)}\psi'(z)dz - \frac{1}{a_1T}\left(Q_0-\frac{a_2}{a_1}\right)\times \times\int_0^1 e^{-2\psi(z)}\psi'^2(z)dz - \frac{a_2}{a_1^2T}\int_0^1 e^{-\psi(z)}\psi'^2(z)dz\right].$$

Первый интеграл легко вычисляется

$$\int_0^1 e^{-\psi(z)}\psi'(z)dz = 1-e^{-\psi(1)},$$

так что окончательно

$$S = \frac{c_0Q_0}{\lambda_1}\times \left[\begin{array}{l}(\lambda_0+\lambda_1)\left(1-e^{-\psi(1)}\right)- \\ -\dfrac{1}{a_1T}\left(Q_0-\dfrac{a_2}{a_1}\right)\displaystyle\int_0^1 e^{-2\psi(z)}\psi'^2(z)dz- \\ -\dfrac{a_2}{a_1^2T}\displaystyle\int_0^z e^{-\psi(z)}\psi'^2(z)dz\end{array}\right]. \quad (19)$$

Таким образом, S представляет собой функционал от функции $\psi(z)$, который с точностью до постоянного слагаемого и сомножителя равен

$$\tilde{S} = -\int_0^1\left[\left(\frac{a_1Q_0}{a_2}-1\right)e^{-2\psi(z)}+e^{-\psi(z)}\right]\times \times\psi'^2(z)dz, \quad (20)$$

и нам надо решить задачу $\tilde{S}\Rightarrow \max\limits_{\psi(t)}$ с граничным условием $\psi(0) = 0$.

Мы имеем дело со стандартной задачей вариационного исчисления. Используя уравнение Эйлера [3], можно получить, что $\psi(z)$ удовлетворяет следующему дифференциальному уравнению

$$Ae^{-\psi}(\psi''-\psi'^2)+\left(\psi''-\frac{1}{2}\psi'^2\right) = 0, \quad (21)$$

где $A = \dfrac{a_1Q_0}{a_2}-1$.

Рассмотрим сначала приближенное решение этого уравнения. В реальных ситуациях объем партии товара достаточно велик, и поэтому A>>1. Поэтому в уравнении (21) главную роль играет первое слагаемое. Пренебрегая вторым слагаемым, получим уравнение

$$\psi''-\psi'^2 = 0, \quad (22)$$

которое надо решить при граничном условии $\psi(0) = 0$.

Решение этого уравнения имеет вид

$$\psi(z) = \ln C_1 - \ln(C_1 - z). \quad (23)$$

Отсюда

$$\varphi(z) = C_1 - z, \quad (24)$$

что и дает окончательный вид функции j(z).

Очевидно, что должно быть $C_1 \geq 1$, иначе торговля нашим товаром закончится в момент времени $C_1T < T$, что совершенно не нужно. При $C_1 = 1$ торговля закончится не позже момента времени T, а при $C_1 > 1$ к моменту времени T часть товара может остаться непроданной.

Рассмотрим теперь задачу о выборе оптимальных значений параметра C_1 и величины партии товара, выставляемого на продажу Q_0. Сначала рассмотрим задачу о выборе оптимального значения C_1 при фиксированном Q_0. В дальнейшем будет использовано обозначение $1/C_1 = \tilde{C}$.

Подставляя наше решение в выражение для S, получим

$$S = \frac{c_0Q_0}{\lambda_1}\times \times\left[(\lambda_0+\lambda_1)\tilde{C}-\frac{1}{a_1T}\left(Q_0-\frac{a_2}{a_1}\right)\tilde{C}^2+\frac{a_2}{a_1^2T}\tilde{C}\ln(1-\tilde{C})\right]. \quad (25)$$

Приравнивая нулю производную от S по $\tilde{C}$, получим уравнение

$$\frac{\partial S}{\partial C} = f_1(\tilde{C}) = \lambda_0 + \lambda_1 - \\ -\frac{2}{a_1 T}\left(Q_0 - \frac{a_2}{a_1}\right)\tilde{C} + \frac{a_2}{a_1^2 T}\left[\ln(1-\tilde{C}) - \frac{\tilde{C}}{1-\tilde{C}}\right] = 0. \quad (26)$$

Заметим, что $0 \le \tilde{C} < 1$. Далее, $f_1(0) = \lambda_0 + \lambda_1 > 0$ и $\lim\limits_{\tilde{C}\to 1-0} f_1(\tilde{C}) = -\infty$. Вычисляя производную от $f_1(\tilde{C})$ по $\tilde{C}$, получим

$$f_1'(\tilde{C}) = -\frac{2}{a_1 T}\left(Q_0 - \frac{a_2}{a_1}\right) - \\ -\frac{a_2}{a_1^2 T}\left(\frac{1}{1-\tilde{C}} + \frac{1}{(1-\tilde{C})^2}\right) < 0. \quad (27)$$

Таким образом, при изменении $\tilde{C}$ от 0 до 1, $f_1(\tilde{C})$ монотонно убывает от $\lambda_0 + \lambda_1 > 0$ до $-\infty$. Это говорит о том, что уравнение (26) имеет единственный корень, лежащий в промежутке от 0 до 1. Его можно найти только численно.

При этом следует иметь в виду, что обычно λ_1 очень велико, так что на самом деле $\tilde{C}$ и C_1 близки к 1.

Оптимизация по объему партии товара. Существует также оптимальный объем партии товара Q_0, выставляемый на продажу. Так как себестоимость единицы продукции равна d, то прибыль, получаемая от продажи партии товара объема Q_0 с учетом выражения (25) равна

$$P = \int_0^T M\{ca_1\lambda(c)\}dt - dQ_0 = \\ = \frac{c_0 Q_0}{\lambda_1}\left[(\lambda_0+\lambda_1)\tilde{C} - \frac{1}{a_1 T}\left(Q_0 - \frac{a_2}{a_1}\right)\tilde{C}^2 + \frac{a_2}{a_1^2 T}\tilde{C}\ln(1-\tilde{C})\right] - \\ -dQ_0. \quad (28)$$

Оптимальный объем партии Q_0 определяется из условия $\partial P/\partial Q_0 = 0$, что приводит к уравнению

$$\frac{c_0}{\lambda_1}\left[\begin{array}{l}(\lambda_0+\lambda_1)\tilde{C} - \frac{1}{a_1 T}\left(Q_0 - \frac{a_2}{a_1}\right)\tilde{C}^2 + \\ + \frac{a_2}{a_1^2 T}\tilde{C}\ln(1-\tilde{C})\end{array}\right] - \\ -d - \frac{c_0 Q_0}{a_1\lambda_1 T}\tilde{C}^2 = 0. \quad (29)$$

Теперь нужно решить систему двух уравнений (26) и (29). Упростим ее.

Умножая уравнение (26) на $\tilde{C}$ приведем его к виду

$$(\lambda_0+\lambda_1)\tilde{C} - \frac{1}{a_1 T}\left(Q_0 - \frac{a_2}{a_1}\right)\tilde{C}^2 + \\ + \frac{a_2}{a_1^2 T}\tilde{C}\ln(1-\tilde{C}) = \\ = \frac{1}{a_1 T}\left(Q_0 - \frac{a_2}{a_1}\right)\tilde{C}^2 + \frac{a_2}{a_1^2 T}\frac{\tilde{C}^2}{1-\tilde{C}}. \quad (30)$$

В квадратных скобках уравнения (29) стоит та самая комбинация, что и в первой строке соотношения (30). Заменяя ее той комбинацией, которая стоит во второй строке уравнения (30), получим

$$\frac{c_0}{\lambda_1}\left[\frac{1}{a_1 T}\left(Q_0 - \frac{a_2}{a_1}\right)\tilde{C}^2 + \frac{a_2}{a_1^2 T}\frac{\tilde{C}^2}{1-\tilde{C}}\right] - \\ -d - \frac{c_0 Q_0}{\lambda_1 a_1 T} = 0.$$

При раскрытии скобок слагаемые, содержащие Q_0, сокращаются, и мы получаем уравнение относительно $\tilde{C}$:

$$-\frac{c_0 a_2}{\lambda_1 a_1^2 T}\tilde{C}^2 + \frac{c_0 a_2}{\lambda_1 a_1^2 T}\frac{\tilde{C}^2}{1-\tilde{C}} - d = 0,$$

или, в более простом виде,

$$\frac{\tilde{C}^3}{1-\tilde{C}} = \frac{d}{c_0}\frac{a_1^2}{a_2}\lambda_1 T. \quad (31)$$

Это уравнение сводится к кубическому уравнению и легко решается численно.

Легко получить, что с ростом выражения $\frac{d}{c_0}\frac{a_1^2}{a_2}\lambda_1 T$ значения $\tilde{C}$ быстро приближаются к 1. Так как $\lambda_1 T$ обычно велико, то эта ситуация и имеет место на практике.

В этом случае приближенно уравнение (31) можно заменить уравнением

$$\frac{1}{1-\tilde{C}} = \frac{d}{c_0}\frac{a_1^2}{a_2}\lambda_1 T,$$

откуда получаем приближения для $\tilde{C}$ и C_1:

$$\tilde{C} \approx 1 - \frac{c_0 a_2}{d a_1^2 \lambda_1 T}, \quad C_1 \approx 1 + \frac{c_0 a_2}{d a_1^2 \lambda_1 T}. \quad (32)$$

Зная $\tilde{C}$ из уравнения (29) легко находится и оптимальный объем партии товара Q_0:

$$Q_0 = \frac{a_2}{a_1} + (\lambda_0+\lambda_1)\frac{a_1 T}{2\tilde{C}} + \\ + \frac{a_2}{2a_1\tilde{C}}\left[\ln(1-\tilde{C}) - \frac{\tilde{C}}{1-\tilde{C}}\right]. \quad (33)$$

Для выяснения того, когда можно пользоваться этим приближением, рассмотрим вопрос о точном решении уравнения (21). Можно показать, что его решение может быть записано в следующем виде:

$$z = \frac{C_1}{\sqrt{A(A+1)}}\left[\begin{array}{l}\sqrt{A(A+1)} - \\ -\sqrt{Aw(Aw+1)} + \\ +\frac{1}{2}\ln(2A+1+2\sqrt{A(A+1)}) - \\ -\frac{1}{2}\ln(2Aw+1+2\sqrt{Aw(Aw+1)})\end{array}\right], \quad (34)$$

$$\varphi = C_1\sqrt{\frac{(Aw+1)w}{A+1}},$$

которая в параметрической форме дает зависимость между z и φ. При этом параметр w меняется в пределах $0 \le w \le 1$.

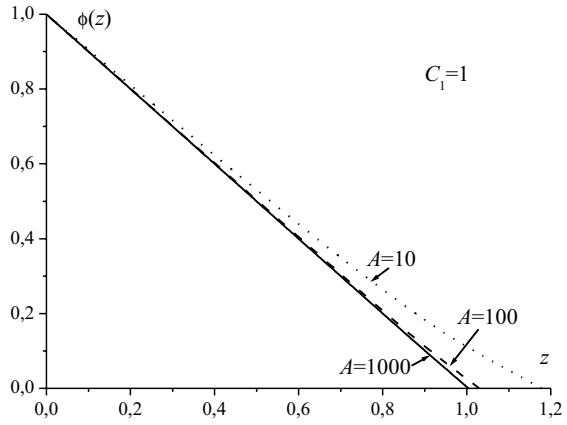
Заметим, что при $A \to \infty$ эта система переходит в

$$\begin{cases} z = C_1 - C_1 w, \\ \varphi = C_1 w, \end{cases}$$

откуда получается, что $\varphi(z) = C_1 - z$, т. е. та же самая зависимость, что и в приближенном решении.

Для выяснения вопроса о том, при каких значениях параметра A приближенное решение достаточно точно,

приведем графики зависимости φ от z при различных значениях параметра A (см. рисунок).



Графики зависимости φ от z

Уже при A = 100 различие между точным и приближенным решениями невелико, а при A = 1 000 это различие практически незаметно. Для $C_1 > 1$ выводы аналогичны. Поэтому можно утверждать, что приближенным решением можно пользоваться при $A \geq 100$.

Заметим еще, что в основном различие между точным и приближенным решениями проявляется при $z \approx 1$, т. е. в конце торговой сессии, когда t близко к T.

Таким образом, найден оптимальный закон изменения продажной цены товара в зависимости от времени и количества непроданного товара, а также оптимальный объем партии товара, выставляемого на продажу.

Библиографический список

1. Новицкая, Е. В. Оптимизация розничной продажи скоропортящейся продукции / Е. В. Новицкая, А. Ф. Терпугов. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2004. 94 с.

2. Терпугов, А. Ф. Математика рынка ценных бумаг / А. Ф. Терпугов. Томск : Изд-во НТЛ, 2004. 163 с.

3. Фильчаков, П. Ф. Справочник по высшей математике / П. Ф. Фильчаков. Киев : Изд-во «Наукова думка», 1973. 743 с.

N. V. Stepanova, A. F. Terpugov

THE OPTIMAL CONTROL OF RETAIL PRICE OF PERISHABLE GOODS

The optimal control of retail price of perishable goods that gives the maximum of profit is found.

УДК 519.8

А. А. Кузнецов, А. В. Журов

ВЗВЕШЕННЫЙ ПРОГНОЗ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Предложена модель взвешенного прогноза на основе временных рядов.

Пусть дан временной ряд

$$X = \{x_0, x_1, ..., x_i, ..., x_t\},$$

где x_i $(i = 0, 1, 2, ..., t)$ – значения ряда, взятые через равные промежутки времени t_i.

Для прогнозирования значений временного ряда используются различные методы и модели $M_1, M_2, ..., M_k$ (например, регрессионные, адаптивные и т. д.) [1].

Будем считать, что применительно к ряду X данные методы являются адекватными [1]. Пусть также известно, что в результате проведения n экспериментов в прошлом модель M_j обеспечивала наилучший прогноз m_j раз.

На основе ретроспективного прогноза для каждой модели M_j (j =1, 2, …, k) рассчитаем относительную ошибку прогноза δ_j для ряда X.

Затем вычислим прогнозные значения $y^{(j)}{}_{t+l}$ (l = 1, 2, …) по каждому методу M_j.

Предложено построить взвешенный прогноз, учитывающий прогнозные значения и ошибки каждой из моделей. Рассмотрим два подхода.

1. **Взвешенный прогноз на основе матрицы парных сравнений** [2]. На основе значений m_j и n вычислим матрицу парных сравнений $P_{k \cdot k}$, значения которой равны $p_{js} = \dfrac{m_j}{m_s}$:

$$P_{k \cdot k} = \begin{pmatrix} m_1 / m_1 \;.....\; m_1 / m_k \\ m_2 / m_1 \;.....\; m_2 / m_k \\ ..... \\ m_k / m_1 \;.....\; m_k / m_k \end{pmatrix}.$$

Далее рассчитаем весовые коэффициенты w_j для каждой модели M_j:

$$w_j = \frac{\sum_{s=1}^{k} p_{js}}{\sum_{j=1}^{k}\sum_{s=1}^{k} p_{js}}.$$

Нетрудно проверить, что $\sum_{j=1}^{k} w_j = 1$.

После чего получаем взвешенный прогноз y_{t+l}:

$$y_{t+l} = \sum_{j=1}^{k} w_j y^{(j)}{}_{t+l}. \qquad (1)$$

2. Взвешенный прогноз на основе ошибок ретроспективного прогноза. Вычислим суммарную относительную ошибку:

$$\delta = \sum_{j=1}^{k} \delta_j .$$

Весовые коэффициенты w_j в данном случае будут равны

$$w_j = \frac{\delta - \delta_j}{(k-1)\delta}.$$

Нетрудно убедиться, что $\sum_{j=1}^{k} w_j = 1$. Взвешенный прогноз осуществляем по формуле (1).

Библиографический список

1. Федосеев, В. В. Экономико-математические методы и прикладные модели / В. В. Федосеев [и др.]. М. : ЮНИТИ, 2002.

2. Андрейчиков, А. В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. М. : Финансы и статистика, 2002.

A. A. Kuznetsov, A. V. Zhurov

THE WEIGHED FORECAST ON BASIS OF ANALYSIS OF TIME SERIES

It is offered a model of the weighed forecast on basis of analysis of time series.

УДК 330.142.211

А. Н. Антамошкин, В. В. Кукарцев, А. А. Бойко

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ

Описана математическая модель выбора оптимального варианта воспроизводства основных производственных фондов машиностроительных предприятий.

Радикальная перестройка промышленного производства, основанная на логике развития производственных сил, на этапе перехода к системе предпринимательства с использованием различных форм собственности ориентирует промышленную организацию на экономически обоснованное использование всех элементов производства. Их четкое взаимодействие при рациональной структуре средств производства позволяет обеспечить нормальную отдачу средств, вложенных в предприятие.

Главной составляющей средств производства является основной капитал, имеющий наиболее высокую долю в структуре имущественного комплекса. Основной капитал, непосредственно участвуя в создании материальных ценностей, определяет все параметры функционирования промышленного предприятия.

В связи с кризисным состоянием материально-технической базы производства, физическим и моральным износом основных производственных фондов (ОПФ) большинства промышленных предприятий, достигающим 90 %, возрастает практическая потребность в научно-методическом обеспечении управленческих решений связанных с обновлением ОПФ. Проблема обновления требует колоссальных инвестиций в воспроизводство и, соответственно, методологических и методических инструментов выбора стратегий обновления.

Эффективное управление ОПФ машиностроительного предприятия связано с наличием и применением экономико-математических методов и моделей, позволяющих выбрать оптимальный вариант управления воспроизводством оборудования.

Машиностроительное предприятие для осуществления процесса производства имеет различные технологические группы оборудования (токарное, фрезерное, сверлильное, шлифовальное). Для производства планируемого объема продукции необходимо осуществить выбор и реализацию оптимального варианта воспроизводства ОПФ, который обеспечит выполнение производственного плана в заданные сроки с минимальными затратами.

При реализации этой задачи необходимо учитывать разнообразные варианты воспроизводства ОПФ, каждый из которых характеризуется набором определенных показателей, исходным состоянием и уровнем использования ОПФ предприятия.

Существуют следующие варианты воспроизводства ОПФ: простое нормативное, простое ускоренное, расширенное экстенсивное нормативное, расширенное экстенсивное ускоренное, расширенное интенсивное нормативное, расширенное интенсивное ускоренное, расширенное экстенсивно-интенсивное нормативное, расширенное экстенсивно-интенсивное ускоренное.

Каждый из вариантов воспроизводства ОПФ характеризуется следующими параметрами: мощностью установленного оборудования, коэффициентом прогрессивности приобретаемого оборудования и режимом

сменности работы предприятия. Мощность установленного оборудования необходима для определения избытка или недостатка установленного оборудования для выполнения заданной производственной программы. Коэффициент прогрессивности приобретаемого оборудования показывает, какой тип воспроизводства, экстенсивный или интенсивный, используется для покрытия дефицита мощности. Режим сменности работы предприятия показывает уровень эксплуатации оборудования во времени и определяет его срок службы и интенсивность амортизационных отчислений.

Требуется, изменяя указанные выше параметры, определить вариант воспроизводства ОПФ, который обеспечивает выполнение заданной производственной программы с минимальными затратами.

Для математической формализации данной задачи введем следующие обозначения:

$l = \overline{1, N}$ – вариант воспроизводства ОПФ;

x_i, $i = \overline{1, m}$, где x_i – количество установленного оборудования *i*-й технологической группы;

Q_i – объем производственной программы по *i*-й технологической группе оборудования;

y_i – уровень производительности оборудования *i*-й технологической группы;

z_i – коэффициент загрузки оборудования *i*-й технологической группы;

k_i – средний коэффициент прогрессивности оборудования *i*-й технологической группы;

f_i – действительный (расчетный) годовой фонд времени работы единицы оборудования;

M_i – фактическая производственная мощность по *i*-й технологической группе оборудования;

c_i – цена единицы оборудования *i*-й технологической группы;

k – коэффициент затрат на транспортировку, строительство и монтаж оборудования;

$k_i^{'}$ – коэффициент затрат на ремонт оборудования;

$k^{'}$ – норма амортизационных отчислений;

f – номинальный годовой фонд времени работы единицы оборудования;

n – режим сменности работы предприятия;

T_i – средний возраст оборудования в *i*-й технологической группе;

t_{sj} – середина интервала *j*-й возрастной группы оборудования ($j = \overline{1, J}$);

d_{ij} – удельный вес оборудования *j*-й возрастной группы в *i*-й технологической группе;

$C = C_1 + C_2 + C_3$ – совокупные затраты на воспроизводство оборудования всех технологических групп;

C_1 – затраты на приобретение, транспортировку, строительство и монтаж оборудования;

C_2 – затраты на все виды ремонта оборудования;

C_3 – амортизационные отчисления;

$C_i^{'}$ – балансовая стоимость оборудования *i*-й технологической группы;

$x_i^{'}$ – количество приобретенного оборудования *i*-й технологической группы.

Для определения фактической мощности установленного оборудования *i*-ой технологической группы оборудования сначала определяем действительный (расчетный) годовой фонд времени работы единицы оборудования:

$$f_i = \begin{cases} f(1-0,02), \text{ если } n = 1, \\ 2f(1-0,03), \text{ если } n = 2, \\ 3f(1-0,04), \text{ если } n = 3. \end{cases}$$

Номинальный годовой фонд времени работы единицы оборудования – величина нормативная, зависящая от продолжительности рабочей смены и количества рабочих дней в неделю.

Далее определяем коэффициент прогрессивности оборудования *i*-й технологической группы по формуле

$$k_i = \frac{x_i + x_i^{'} k_i^{'}}{x_i + x_i^{'}}.$$

Для старого оборудования коэффициент прогрессивности принимается равным 1, а для современного коэффициент прогрессивности приобретаемого оборудования – $k_i^{'}$.

Известно, что ремонт не обеспечивает стопроцентного восстановления уровня производительности машин и оборудования, поэтому с течением времени этот уровень снижается. Поэтому уровень производительности оборудования y_i зависит от срока его функционирования и является функцией от среднего возраста оборудования:

$$y_i = f(T_i).$$

Поскольку на предприятиях установлены машины и оборудование, имеющие различный срок функционирования и относящиеся к разным технологическим группам, для того чтобы определить уровень их производительности обычно рассчитывают средний возраст оборудования в каждой *i*-й технологической группе по формуле

$$T_i = \sum_{j=1}^{J} t_{sj} d_{ij}, \; i = \overline{1, m}.$$

Коэффициент загрузки оборудования *i*-й технологической группы – величина нормативная, зависящая от уровня организации производства и типа производства (единичное, серийное, массовое).

Принимаем во внимание количество установленного на начальный момент времени оборудования *i*-й технологической группы.

В итоге определяем фактическую мощность установленного оборудования *i*-ой технологической группы оборудования по следующей формуле

$$M_i = x_i \cdot y_i \cdot z_i \cdot k_i \cdot f_i.$$

Далее определяем избыток или недостаток мощности по каждой технологической группе оборудования:

$$\Delta_i = M_i - Q_i.$$

Количество приобретаемого оборудования будет зависеть от принимаемого варианта воспроизводства *l*:

$$x_i^{'l} = x_i^{'l}(k_i, y_i, z_i) = \frac{\Delta_i}{y_i \cdot z_i \cdot k_i \cdot f_i}, \; l = \overline{1, N}.$$

Затем необходимо найти затраты по каждому варианту воспроизводства.

Затраты на приобретение, транспортировку, строительство и монтаж оборудования определяются по формуле

$$C_1^l = \sum_{i=1}^{m} x_i^{'l} \cdot c_i \cdot k, \; l = \overline{1, N}.$$

Цена единицы оборудования i-й технологической группы зависит от его прогрессивности: чем современней оборудование, тем оно дороже.

Затраты на все виды ремонта оборудования определяются по формуле

$$C_2 = \sum_{i=1}^{m} C_i^{'} \cdot k_i^{'}.$$

Коэффициент затрат на ремонт оборудования изменяется в зависимости от среднего возраста оборудования в i-й технологической группе, т. е. чем оборудование старше, тем чаще оно выходит из строя и требует ремонта. Коэффициент затрат на ремонт зависит от среднего срока службы:

$$k_i^{'} = F(T_i)\ .$$

Балансовая стоимость оборудования i-й технологической группы определяется по формуле

$$C_i^{'} = \sum_{i=1}^{m} x_i \cdot c_i \cdot k\ .$$

Амортизационные отчисления можно найти, используя формулу

$$C_3 = \sum_{i=1}^{m} C_i^{'} \cdot k^{'}\ .$$

Далее определяем варианты воспроизводства оборудования i-й технологической группы, вариант воспроизводства един для всех технологических групп ($l = \overline{1, N}$):

1. Простое нормативное воспроизводство ОПФ ($n = 1$).

Дефицита оборудования нет, приобретения оборудования нет:

$$C_1 = 0\ ,\ C_2 > 0\ ,\ C_3 > 0\ .$$

2. Простое ускоренное воспроизводство ОПФ ($n > 1$).

Увеличение сменности:

$$C_1 = 0\ ,\ C_2 > 0\ ,\ C_3 > 0\ .$$

3. Расширенное экстенсивное нормативное воспроизводство ОПФ ($n = 1$).

Докупка оборудования:

$$k_i = 1\ ,\ C_1^{'} > 0\ ,\ C_2^{'} > 0\ ,\ C_3 > 0\ .$$

4. Расширенное экстенсивное ускоренное воспроизводство ОПФ ($n > 1$).

Увеличение сменности и докупка нового оборудования:

$$k_i = 1\ ,\ C_1^{'} > 0\ ,\ C_2^{'} > 0\ ,\ C_3 > 0\ .$$

5. Расширенное интенсивное нормативное воспроизводство ОПФ ($n = 1$).

Одна смена, приобретение более прогрессивного оборудования:

$$k_i > 1\ ,\ C_1^{'} > 0\ ,\ C_2^{'} > 0\ ,\ C_3 > 0\ .$$

6. Расширенное интенсивное ускоренное воспроизводство ОПФ ($n > 1$).

Увеличение сменности, приобретение более прогрессивного оборудования:

$$k_i > 1\ ,\ C_1^{'} > 0\ ,\ C_2^{'} > 0\ ,\ C_3 > 0\ .$$

7. Расширенное экстенсивно-интенсивное нормативное воспроизводство ОПФ ($n = 1$).

Одна смена:

$$k_i = 1 \wedge k_i > 1\ ,\ C_1^{'} > 0\ ,\ C_2^{'} > 0\ ,\ C_3 > 0\ .$$

8. Расширенное экстенсивно-интенсивное ускоренное воспроизводство ОПФ ($n > 1$).

Увеличение сменности:

$$k_i = 1 \wedge k_i > 1\ ,\ C_1^{'} > 0\ ,\ C_2^{'} > 0\ ,\ C_3 > 0\ .$$

Тогда целевая функция будет выглядеть следующим образом:

$$\sum_{i=1}^{m} \begin{cases} c_i \cdot x_i + c_i^{'} \cdot x_i^{'l} \to \min\limits_{x_i^{'l}} \\ x_i^{'l} \geq \dfrac{\Delta_i}{y_i \cdot z_i \cdot k_i \cdot f_i} \end{cases}.$$

Решая полученную оптимизационную задачу можно выбрать оптимальный по стоимости вариант воспроизводства ОПФ.

Также задача может быть решена для любого момента времени в планируемом периоде.

A. N. Antamoshkin, V. V. Kukartsev, A. A. Boyko

MATHEMATICAL MODEL OF REPRODUCTION OF THE BASIC PRODUCTION ASSETS

Mathematical model of the select optimal variant of reproduction of the basic production assets is described.

УДК 630.36

Е. Н. Окладникова, Е. В. Сугак, Д. А. Игнатьев

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрено определение вероятности состояния готовности при различных сочетаниях параметров системы технического обслуживания для установившегося и неустановившегося режимов эксплуатации, а также решение задач оптимизации системы технического обслуживания по графу состояний технического объекта, использование экономико-математических критериев для определения продолжительности работы объекта между отказами.

Обеспечение безопасности человека, объектов и окружающей среды представляет собой многокритериальную проблему, требующую для своего решения учета многочисленных факторов, обстоятельств, условий и параметров, часто конкурирующих и противоречивых, имеющих разную масштабность, разную значимость, по-разному проявляющихся и действующих во времени. В этой сфере человеческой деятельности существуют определенные законы, управляющие взаимодействием человека и окружающей среды, которые, к сожалению, до настоящего времени остаются малоизученными [1].

В числе основных причин роста числа аварий и техногенных катастроф – высокий уровень износа основных фондов и исчерпание проектных ресурсов машин и оборудования, низкий уровень инвестиций и недостаточная нормативно-правовая база в области природно-техногенной безопасности [2]. Особенностью развития техногенной среды за последнее время является также принципиальное изменение ее системных свойств [2; 3]: возникновение рисков, обусловленных длинными причинно-следственными связями, междисциплинарный характер рисков, глобальные изменения техногенного характера, высокая чувствительность к «слабым воздействиям», сокращение возможностей прогнозирования развития аварий и катастроф традиционными методами и др.

В настоящее время разрыв между потенциальной опасностью техносферы и возможностью противостоять техногенным угрозам существенно возрос и поэтому система знаний о закономерностях в состояниях защищенности человека и окружающей среды от опасностей, сопутствующих развитию цивилизации, фактически стала самостоятельной научной дисциплиной. Наметился переход от анализа опасностей к анализу рисков, от изучения явлений, не зависящих от человека, (природных катастроф) к анализу техногенных, экологических и социальных катастроф, непосредственно связанных с деятельностью человека и являющихся следствием принимаемых решений. Это с неизбежностью приводит к необходимости использования системного подхода при проектировании и эксплуатации потенциально опасных технических объектов, анализу техногенных рисков и промышленной безопасности с использованием методов системного анализа, теории надежности, исследования операций, теории принятия решений, многокритериальной оптимизации [4–6].

Новые методы анализа и проектирования, исходя из определяющих требований безопасности и рисков, потребуют развития дополнительных разделов в традиционных теориях. При этом в анализ безопасности и рисков войдут нормы проектирования и расчетов с учетом аварийных и катастрофических ситуаций (проектных, запроектных и гипотетических) [1].

Научные исследования и некоторые организационно-правовые решения последнего времени подготовили условия для создания системы управления риском возникновения аварийных ситуаций, перехода к оптимизации и нормированию допустимых рисков [5; 6].

Во многих практически значимых случаях оптимальность параметров системы технического обслуживания объекта может быть оценена решением одной из двух задач:

– обеспечением требуемого уровня безопасности (т. е. значения какого-либо показателя надежности, например вероятности отказа) при минимальных потерях и затратах на техническое обслуживание (прямая задача оптимизации);

– обеспечение максимального из возможных уровня безопасности при ограниченных потерях и затратах (обратная задача оптимизации).

Для наиболее сложных и дорогостоящих технических объектов, отказ которых может привести к серьезным последствиям, показатели надежности и безопасности, как более важные характеристики, обычно рассматриваются в качестве ограничения, а затраты – как целевая функция оптимизации. Поэтому в большинстве случаев решается прямая задача оптимизации.

Решение задач оптимизации техногенного риска включает, как правило, построение графа состояний, составление модели функционирования и определение таких параметров системы, при которых затраты на техническое обслуживание будут минимальны.

Оптимизация техногенного риска и определение оптимальных параметров системы технического обслуживания потенциально опасных технических объектов определяется видом и сложностью самого объекта, характером и важностью выполняемых функций, числом и видом его возможных состояний, тяжестью последствий отказов, а также стратегией эксплуатации и технического обслуживания.

Например, в модели нерезервированного объекта с периодическим техническим обслуживанием возможны три состояния и переходы четырех видов (рис. 1):

– из работоспособного состояния (или состояния готовности к применению) 1 в состояние технического обслуживания 2 с периодичностью $t_{ТО}$ и, соответственно, с интенсивностью переходов $\lambda_{12} = 1/t_{ТО}$);

– из состояния готовности 1 в состояние отказа 3 с интенсивностью переходов, равной интенсивности отказов λ (или параметру потока отказов): $\lambda_{13} = \lambda$;

– из состояния технического обслуживания 2 в состояние готовности 1 с интенсивностью, которая определяется продолжительностью технического обслуживания $\tau_{ТО}$: $\lambda_{21} = 1/\tau_{ТО}$;

– из состояния отказа 3 в состояние технического обслуживания 2 (переход, обусловленный обнаружением скрытого отказа при техническом обслуживании) с интенсивностью переходов λ_{32}.

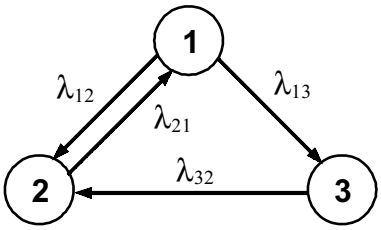


Рис. 1. Граф состояний объекта с периодическим техническим обслуживанием: *1* – работоспособное состояние (готовность к работе); *2* – техническое обслуживание; *3* – скрытый отказ (до проведения технического обслуживания)

Основным показателем надежности можно считать вероятность работоспособного состояния (состояния готовности) P_1, а при анализе безопасности основным параметром является вероятность отказа (технический риск) $Q = P_3$. Периодичность $t_{ТО}$ и продолжительность технического обслуживания или диагностики $\tau_{ТО}$, а также интенсивность отказов λ и, соответственно, интенсивности переходов λ_{12}, λ_{13}, λ_{21} задаются регламентом или могут быть получены по результатам экспериментальных исследований и испытаний, и при построении модели их можно считать известными. Для нахождения неизвестной интенсивности переходов λ_{32} можно воспользоваться свойствами марковских процессов с непрерывным временем [4].

$$\lambda_{32} = \frac{1}{t_{ТО} - \dfrac{1}{\dfrac{1}{t_{ТО}} + \lambda}} = \frac{1 + \lambda t_{ТО}}{\lambda t_{ТО}^2}. \qquad (1)$$

Система дифференциальных уравнений для ориентированного графа состояний (рис. 1) имеет вид

$$\begin{cases} \dfrac{dP_1(t)}{dt} = -(\lambda_{12} + \lambda_{13}) P_1(t) + \lambda_{21} P_2(t) = \\ = -\left(\lambda + \dfrac{1}{t_{ТО}}\right) P_1(t) + \dfrac{1}{\tau_{ТО}} P_2(t); \\ \dfrac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_{12} P_1(t) - \lambda_{21} P_2(t) + \lambda_{32} P_3(t) = \\ = \dfrac{1}{t_{ТО}} P_1(t) - \dfrac{1}{\tau_{ТО}} P_2(t) + \dfrac{1 + \lambda t_{ТО}}{\lambda t_{ТО}^2} P_3(t); \\ \dfrac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_{13} P_1(t) - \lambda_{32} P_3(t) = \\ = \lambda P_1(t) - \dfrac{1 + \lambda t_{ТО}}{\lambda t_{ТО}^2} P_3(t). \end{cases} \qquad (2)$$

Так как система (2) линейно зависима, то для решения одно из уравнений необходимо заменить нормирующим условием вида: $P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) = 1$. Кроме того, необходимо задаться начальными условиями, например $P_1(0) = 1$, $P_2(0) = P_3(0) = 0$.

Пусть $P_1(t)$ имеет изображение $P_1(x)$, тогда в соответствии со свойством дифференцирования оригинала – свойство преобразования Лапласа: если $f(t), f'(t), f''(t), \ldots, f^{(n)}(t)$ – оригинал и его производные, и $f(t) \xrightarrow{L} F(x)$, то $f'(t) \xrightarrow{L} xF(x) - f(0)$:

$$\frac{dP_1(t)}{dt} \xrightarrow{L} xP_1(x) - P_1(0). \qquad (3)$$

Применив преобразование Лапласа и к другим вероятностям, задаваясь начальными условиями при $t = 0$ $P_1(0) = 1$, $P_2(0) = P_3(0) = 0$ и учитывая, что $1 \xrightarrow{L} 1/x$, система (2) принимает вид

$$\begin{cases} xP_1(x) - 1 + (\lambda_{12} + \lambda_{13}) P_1(x) - \lambda_{21} P_2(x) = 0, \\ xP_2(x) - \lambda_{12} P_1(x) + \lambda_{21} P_2(x) - \lambda_{32} P_3(x) = 0, \\ P_1(x) + P_2(x) + P_3(x) - \dfrac{1}{x} = 0. \end{cases} \qquad (4)$$

Решение системы линейных алгебраических уравнений (4) имеет вид

$$P_1(x) = \\ = \frac{\lambda_{32} x + x^2 + \lambda_{21} x + \lambda_{32}\lambda_{21}}{x\left(\lambda_{32} x + \lambda_{32}\lambda_{12} + \lambda_{32}\lambda_{13} + x^2 + \lambda_{12} x + \lambda_{13} x + \lambda_{21} x + \lambda_{21}\lambda_{13} + \lambda_{32}\lambda_{21}\right)}, \qquad (5)$$

$$P_2(x) = \\ = \frac{\lambda_{12} x + \lambda_{32}\lambda_{12} + \lambda_{32}\lambda_{13}}{x\left(\lambda_{32} x + \lambda_{32}\lambda_{12} + \lambda_{32}\lambda_{13} + x^2 + \lambda_{12} x + \lambda_{13} x + \lambda_{21} x + \lambda_{21}\lambda_{13} + \lambda_{32}\lambda_{21}\right)}, \qquad (6)$$

$$P_3(x) = \\ = \lambda_{13} \frac{x + \lambda_{21}}{x\left(\lambda_{32} x + \lambda_{32}\lambda_{12} + \lambda_{32}\lambda_{13} + x^2 + \lambda_{12} x + \lambda_{13} x + \lambda_{21} x + \lambda_{21}\lambda_{13} + \lambda_{32}\lambda_{21}\right)}. \qquad (7)$$

Для нахождения вероятностей $P_1(t)$, $P_2(t)$ и $P_3(t)$ необходимо произвести обратное преобразование Лапласа. Однако полином в знаменателе формул (5)–(7) при $x_1 = 0$ обращается в нуль, т. е. в точке $x = 0$ происходит разрыв функций. Кроме того, оставшаяся часть полинома знаменателя (в скобках) имеет вторую степень и, следовательно, имеется еще две точки разрыва (полюса):

$$x_2 = -0{,}5\Big[\lambda_{32} + \lambda_{13} + \lambda_{21} + \lambda_{12} - \big(\lambda_{32}^2 - 2\lambda_{32}\lambda_{13} - 2\lambda_{32}\lambda_{21} - 2\lambda_{32}\lambda_{12} + \\ + \lambda_{13}^2 - 2\lambda_{21}\lambda_{13} + 2\lambda_{13}\lambda_{12} + \lambda_{21}^2 + 2\lambda_{21}\lambda_{12} + \lambda_{12}^2\big)^{1/2}\Big], \qquad (8)$$

$$x_3 = -0{,}5\Big[\lambda_{32} + \lambda_{13} + \lambda_{21} + \lambda_{12} + \big(\lambda_{32}^2 - 2\lambda_{32}\lambda_{13} - 2\lambda_{32}\lambda_{21} - 2\lambda_{32}\lambda_{12} + \\ + \lambda_{13}^2 - 2\lambda_{21}\lambda_{13} + 2\lambda_{13}\lambda_{12} + \lambda_{21}^2 + 2\lambda_{21}\lambda_{12} + \lambda_{12}^2\big)^{1/2}\Big]. \qquad (9)$$

Для устранения данной проблемы использовался метод теории вычетов [7]. Так как $P_1(x)$, $P_2(x)$ и $P_3(x)$ – правильные рациональные дроби, вероятности определяются как сумма вычетов в полюсах:

$$P_1(t) = \sum_{k=1}^{3} \operatorname*{Res}_{x_k}\left[P_1(x)\exp(xt)\right],$$

где $\operatorname*{Res}_{x_k}\left[P_1(x)\exp(xt)\right] = \lim\limits_{x \to x_k}\left[P_1(x)\exp(xt)(x - x_k)\right]$, (10)

$$P_2(t) = \sum_{k=1}^{3} \operatorname*{Res}_{x_k}\left[P_2(x)\exp(xt)\right],$$

где $\operatorname*{Res}_{x_k}\left[P_2(x)\exp(xt)\right] = \lim\limits_{x \to x_k}\left[P_2(x)\exp(xt)(x - x_k)\right]$, (11)

$$P_3(t)=\sum_{k=1}^{3}\operatorname*{Res}_{x_k}\left[P_3(x)\exp(xt)\right],$$

где $\operatorname*{Res}_{x_k}\left[P_3(x)\exp(xt)\right]=\lim_{x\to x_k}\left[P_3(x)\exp(xt)(x-x_k)\right]$, (12)

где n – количество полюсов (точек разрыва).

После преобразований по выражениям (10)–(12) с использованием пакета System solve Mathcad v13 получено аналитическое решение системы (2), которое позволяет рассчитывать вероятности состояний объекта при различных сочетаниях заданных параметров периодичности и продолжительности технического обслуживания и интенсивности отказов.

Графические зависимости вероятности состояния готовности от времени (срока эксплуатации объекта) при различных значениях продолжительности и периодичности технического обслуживания представлены на рис. 2.

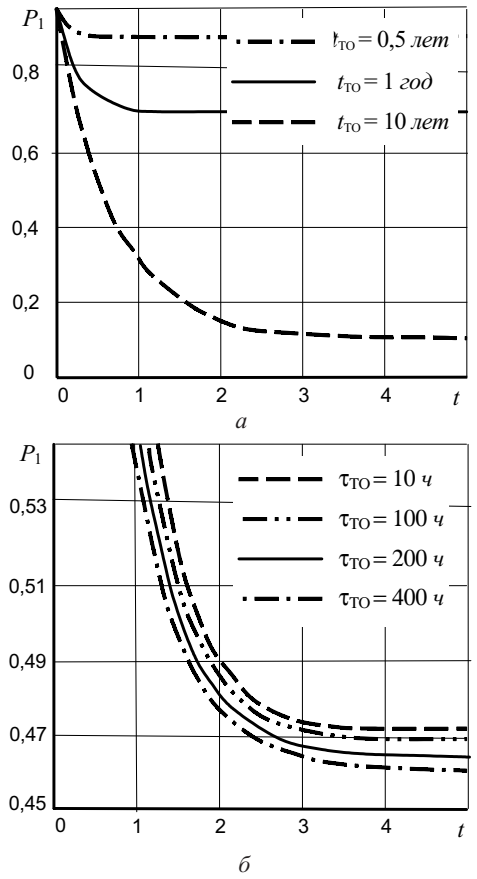


Рис. 2. Зависимость вероятности состояния готовности объекта от срока эксплуатации: *а* – $\tau_{ТО}$ = 10 ч, $\lambda = 10^{-4}$ ч$^{-1}$; *б* – $t_{ТО}$ = 2 года, $\lambda = 10^{-4}$ ч$^{-1}$

Результаты расчетов (табл. 1) показывают, что вероятность состояния готовности и, соответственно, технический риск определяются, в первую очередь, интенсивностью отказов объекта и периодичностью технического обслуживания (рис. 2, *а*), в незначительной степени зависят от продолжительности технического обслуживания (рис. 2, *б*).

Кроме того, результаты расчетов позволяют судить о продолжительности переходных процессов, в течение которой вероятность состояния готовности снижается до некоторой «финальной» вероятности, и, соответственно, о возможности использования для расчетов стационарной модели. Так, например, при $\lambda = 10^{-4}$ ч$^{-1}$ и $t_{ТО}$ = 2 года после 2,5-3 лет эксплуатации значение P_1 в дальнейшем практически не меняется (рис. 2).

Для установившегося режима эксплуатации $dP_1/dt = 0$, $dP_2/dt = 0$, $dP_3/dt = 0$ система дифференциальных уравнений (2) превращается в систему линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases}-(\lambda_{12}+\lambda_{13})P_1+\lambda_{21}P_2=\\=-\left(t_{ТО}^{-1}+\lambda\right)P_1+\tau_{ТО}^{-1}P_2=0,\\ \lambda_{12}P_1-\lambda_{21}P_2+\lambda_{32}P_3=\\=t_{ТО}^{-1}P_1-\tau_{ТО}^{-1}P_2+\left[t_{ТО}-\left(t_{ТО}^{-1}+\lambda\right)^{-1}\right]^{-1}P_3=0\\ \lambda_{13}P_1-\lambda_{32}P_3=\\=\lambda P_1-\left[t_{ТО}-\left(t_{ТО}^{-1}+\lambda\right)^{-1}\right]^{-1}P_3=0.\end{cases}, \quad (13)$$

При дополнении системы (13) нормирующим условием $P_1 + P_2 + P_3 = 1$ решение для финальных вероятностей состояний имеет вид

$$P_1=\frac{t_{ТО}\left(1+t_{ТО}\lambda\right)}{\lambda^2t_{ТО}^2\tau_{ТО}+\tau_{ТО}+2\lambda t_{ТО}\tau_{ТО}+\lambda^2t_{ТО}^3+t_{ТО}+\lambda t_{ТО}^2}, \quad (14)$$

$$P_2=\frac{\tau_{ТО}\left(2\lambda t_{ТО}+\lambda^2t_{ТО}^2+1\right)}{\lambda^2t_{ТО}^2\tau_{ТО}+\tau_{ТО}+2\lambda t_{ТО}\tau_{ТО}+\lambda^2t_{ТО}^3+t_{ТО}+\lambda t_{ТО}^2}, \quad (15)$$

$$P_3=\frac{\lambda^2t_{ТО}^3}{\lambda^2t_{ТО}^2\tau_{ТО}+\tau_{ТО}+2\lambda t_{ТО}\tau_{ТО}+\lambda^2t_{ТО}^3+t_{ТО}+\lambda t_{ТО}^2}. \quad (16)$$

Некоторые результаты расчетов по формулам (14)–(16) приведены в табл. 1 (финальные вероятности P_1) и в виде графиков зависимости вероятности состояния готовности объекта P_1 от периодичности технического обслуживания $t_{ТО}$ при различных значениях интенсивности отказов λ и длительности технического обслуживания $\tau_{ТО}$

Таблица 1

Вероятность состояния готовности объекта ($\tau_{ТО}$ = 10 ч)

$t_{ТО}$, лет	λ, ч$^{-1}$	Срок эксплуатации t, лет						Финальная вероятность
		0,1	0,5	1	2	5	10	
0,5	10^{-4}	0,935 8	0,882 6	0,879 8	0,879 7	0,879 7	0,879 7	0,879 7
	10^{-5}	0,995 8	0,995 8	0,995 8	0,995 8	0,995 8	0,995 8	0,995 8
	10^{-6}	0,997 7	0,997 7	0,997 7	0,997 7	0,997 7	0,997 7	0,997 7
1	10^{-4}	0,923 2	0,772 8	0,722 8	0,709 3	0,708 6	0,708 6	0,708 6
	10^{-5}	0,993 8	0,991 8	0,991 8	0,991 8	0,991 8	0,991 8	0,991 8
	10^{-6}	0,998 8	0,998 8	0,998 8	0,998 8	0,998 8	0,998 8	0,998 8
2	10^{-4}	0,918 7	0,702 0	0,572 4	0,491 4	0,473 4	0,472 4	0,472 4
	10^{-5}	0,992 0	0,978 5	0,974 7	0,973 9	0,973 9	0,973 9	0,973 9
	10^{-6}	0,999 1	0,999 1	0,999 1	0,999 1	0,999 1	0,999 1	0,999 1

(рис. 3). Обращает на себя внимание наличие экстремума (максимума), т. е. при заданных значениях λ и $\tau_{ТО}$ существует оптимальная периодичность технического обслуживания и, соответственно, предельное максимальное значение вероятности состояния готовности объекта [8].

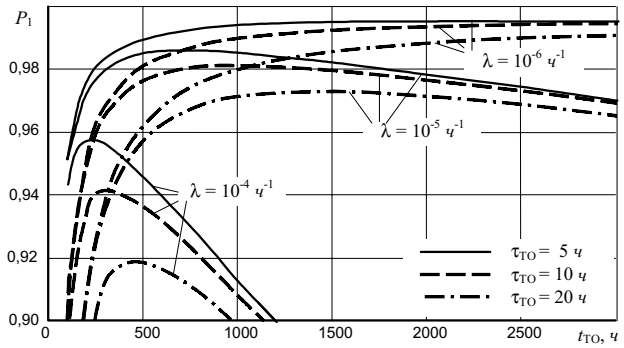


Рис. 3. Зависимость вероятности состояния готовности от периодичности технического обслуживания

Полученные аналитические решения для неустановившегося и решения (14)–(16) для установившегося режимов эксплуатации дают возможность решать задачи оптимизации техногенного риска.

Наряду с критерием предельно допустимой вероятности отказа для определения продолжительности работы изделия между очередными техническими обслуживаниями используются также экономико-математические критерии. При этом требования надежности выполняют роль ограничений.

На современном этапе развития промышленного производства безопасность техносферы трактуется как степень защищенности человека (материальных объектов) от опасностей, исходящих от функционирования технических систем. Для определения уровня безопасности используется интегрированный риск непосредственного воздействия опасности, отражающий конечный предполагаемый эффект в виде ожидаемого ущерба.

Все большее распространение получает подход к определению риска неблагоприятного события, который учитывает не только вероятность этого события (технический риск), но и все его возможные последствия. При этом вероятность события выступает одним из компонентов риска, а мера последствий (ущерб) – другим. Такое «двумерное» определение техногенного риска используется при его количественном оценивании: риск может быть определен как произведение вероятности рассматриваемого события на величину ожидаемых негативных последствий (ущерба).

Тогда задача управления техногенным риском на конкретном техническом объекте при проектировании и эксплуатации может быть формализована как минимизация функции, представляющей собой сумму рисков всех возможных событий в жизни технического объекта:

$$S = \sum_{i=1}^{n} R_i = \sum_{i=1}^{n} p_i U_i \,, \qquad (17)$$

где p_i – вероятность i-го события, U_i – убытки (потери) при реализации i-го события.

Соответственно, задача минимизации функции должна решаться для всего жизненного цикла объекта с учетом наложенных ограничений как на величину вероятности отдельных событий p_i, так и возможных убытков U_i.

Таким образом, разработка алгоритма управления риском на основе количественно-стоимостной оценки ущерба является актуальной в настоящее время и в долговременной перспективе.

Роль экономических показателей в вопросах анализа надежности технических систем делает весьма актуальным вопрос их достоверного определения как на этапах планирования, так и во время эксплуатации технической системы. Ущерб от отказов является важнейшим экономическим показателем надежности и служит связующим и дополняющим звеном, позволяющим учесть сопряженные затраты, зависящие от уровня надежности, при расчете экономической эффективности капитальных вложений и новой техники.

Для установившегося режима и финальных вероятностей состояний оптимальная периодичность технического обслуживания, обеспечивающая минимальное значение величины техногенного риска, определяется, в первую очередь, отношением ущерба от аварийного отказа U и затрат на техническое обслуживание C (или их отношения U/C) (рис. 4).

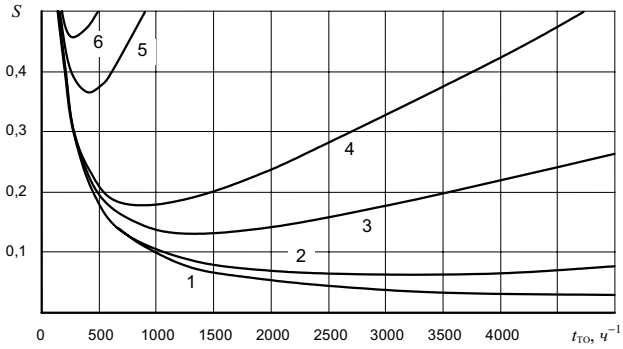


Рис. 4. Зависимость техногенного риска от периодичности технического обслуживания и отношения затрат U/C ($\lambda = 10^{-7}$ ч$^{-1}$, $\tau_{ТО}$ = 100 ч): *1* – U/C = 10; *2* – 100; *3* – 500; *4* – 1 000; *5* – 5000; *6* – 10 000

Результаты расчетов оптимальной периодичности технического обслуживания T_{opt}, обеспечивающие минимальное значение величины техногенного риска S_{min} при заданных параметрах интенсивности отказов λ, продолжительности технического обслуживания ф и отношения убытков (потерь) при аварийном отказе к затратам на техническое обслуживание U/C представлены в табл. 2.

Например, при заданных $\lambda = 10^{-7}$ ч$^{-1}$ и τ = 100 ч, отношении затрат U/C = 100 с учетом финальных вероятностей состояний величина минимального техногенного риска S_{min} = 0,061 3 и оптимальная периодичность технического обслуживания T_{opt} = 3 066 ч ≈ 5 мес.

Полученные аналитические решения для различных режимов эксплуатации позволяют повышать степень готовности системы, решать задачи оптимизации надежности и техногенного риска.

Приведенная методика и результаты расчетов оптимальной периодичности технического обслуживания с использованием экономико-математических критериев позволяют минимизировать техногенный риск и обеспечить оптимальное управление безопасностью потенци-

ально опасных промышленных объектов, дают исходные данные для продления остаточного ресурса систем и для сокращения затрат на техническое обслуживание.

Библиографический список

1. Махутов, М. А. Правовое и нормативное определение и регулирование безопасности объектов техносферы / М. А. Махутов // Безопасность и живучесть технических систем : тр. II Всерос. конф. Красноярск : ИВМ СО РАН, 2007. С. 5–12.

2. Шокин, Ю. И. Проблемы природно-техногенной безопасности регионов Сибири / Ю. И. Шокин [и др.] // ЭКО. 2003. № 8.

3. Владимиров, В. А. Управление риском. Риск. Устойчивое развитие. Синергетика / В. А. Владимиров [и др.]. М., 2000. 431 с.

4. Сугак, Е. В. Надежность технических систем / Е. В. Сугак [и др.]. Красноярск : МГП «Раско», 2001. 608 с.

5. Сугак, Е. В. Системный анализ экологических рисков / Е. В. Сугак // Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф : тр. VIII Всерос. конф. Кемерово, 2005. С. 303–321.

6. Сугак, Е. В. Информационные технологии анализа и оценки социально-экологического риска / Е. В. Сугак // Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании : тр. Междунар. конф. Т. 2. Павлодар, 2006. С. 226–235.

7. Пантелеев, А. В. Теория функций комплексного переменного и операционное исчисление в примерах и задачах / А. В. Пантелеев, А. С. Якимова. М. : Высш. шк., 2001. 445 с.

8. Окладникова, Е. Н. Системный анализ и оптимизация техногенных рисков / Е. Н. Окладникова, Е. В. Сугак // Безопасность и живучесть технических систем : тр. II Всерос. конф. Красноярск : ИВМ СО РАН, 2007. С. 204–209.

Таблица 2

Оптимальная периодичность технического обслуживания

τ, ч	*U*/*C*	Периодичность технического обслуживания T_{opt}, ч		
		$\lambda = 10^{-8}$ ч$^{-1}$	$\lambda = 10^{-7}$ ч$^{-1}$	$\lambda = 10^{-6}$ ч$^{-1}$
10	10	9 992	3 154	992
	100	3 152	990	307
	1 000	990	306	91
	10 000	306	91	23
20	10	14 126	4 456	1 398
	100	4 453	1 395	428
	1 000	1 394	428	123
	10 000	428	123	29
50	10	22 321	7 031	2 196
	100	7 022	2 188	660
	1 000	2 187	659	179
	10 000	659	179	37
100	10	31 543	9 920	3 083
	100	9 902	3 066	907
	1 000	3 064	905	232
	10 000	905	232	41

E. N. Okladnikova, E. V. Sugak, D. A. Ignatev

OPTIMUM SAFETY CONTROL OF INDUSTRIAL OBJECTS

It is considered the definition of ready status probability under various combinations of maintenance system parameters for steady and unsteady operating regime. Also successive sweep of maintenance system at state graph of technical object, and economic mathematical criteria for definition of operating period between failures are reviewed.

УДК 519.8

Д. А. Дегтерев, Э. П. Панков

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СИНДИЦИРОВАННОГО КРЕДИТОВАНИЯ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Предложено решение задачи синдицированного кредитования методом динамического программирования. Показана высокая вычислительная эффективность метода по сравнению с полным перебором.

Задача синдицированного кредитования может быть сформулирована в следующем виде. Имеется заданная потребность в денежных средствах C_j на каждый из n этапов планового периода, которая должна быть восполнена полностью. Также задана продолжительность каждого этапа T_j. В качестве источников финансирования будем рассматривать банковские кредиты. На финансирование каждого этапа должен быть привлечен кредит в сумме S_j на срок равный продолжительности соответствующего этапа в одном из m банков. В конце каждого этапа необходимо возвратить сумму кредита с процентами. Сумма выплат B_j рассчитывается следующим образом:

$$B_j = S_j\left(1+\frac{\sum_{i=1}^{m} r_i x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}\cdot\frac{T_j}{365}\right), \qquad (1)$$

где r_i – процентная ставка за кредит в i-м банке – в процентах в год, а x_{ij} – управляющие переменные: $x_{ij} = 1$, если в i-м банке на j-й период берется кредит, и $x_{ij} = 0$ в противном случае, $x_j = (x_{1j}, \ldots, x_{mj})$, $j = 1, \ldots, n$. Предполагается, что максимальная сумма кредита, выдаваемая каждым банком, одна и та же – норматив устанавливается Центробанком, – и ее величина приблизительно кратна S_j, $j = 1, \ldots, n$. Размер кредита S_j будет складываться из потребности соответствующего этапа C_j и суммы выплат за кредит предыдущего этапа B_{j-1}. Таким образом, сумму выплат можно записать в следующем виде:

$$B_j = (C_j + B_{j-1})\left(1+\frac{\sum_{i=1}^{m} r_i x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}\cdot\frac{T_j}{365}\right). \qquad (2)$$

Сумма кредита S_j в этом случае составит

$$S_j = S_{j-1}\left(1+\frac{\sum_{i=1}^{m} r_i x_{ij-1}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij-1}}\cdot\frac{T_{j-1}}{365}\right)+C_j. \qquad (3)$$

Требуется найти такой вариант последовательности кредитования (в каких банках и на каком этапе должен быть получен кредит), при котором общая сумма выплат за весь плановый период обращается в минимум. При решении необходимо учесть, что на каждом этапе кредит может быть получен в банках отличных от тех, в которых был получен кредит на предыдущем этапе.

Поставленную задачу можно решать различными способами, а не только методом динамического программирования. Характерным для этого метода является определенный методический прием – процесс разделяется на ряд последовательных этапов (шагов) и производится последовательная оптимизация каждого из них, начиная с последнего. Оптимальное управление строится постепенно, шаг за шагом. На каждом шаге оптимизируется управление только этого шага. Вместе с тем на каждом шаге управление выбирается с учетом его последствий, так как управление, оптимизирующее целевую функцию только для данного шага, может привести к неоптимальному эффекту всего процесса. Это основное правило динамического программирования, сформулированное Р. Беллманом, называется *принципом оптимальности*. Использование этого принципа гарантирует, что управление, выбранное на любом шаге, является не локально лучшим, а лучшим с точки зрения процесса в целом.

Сформулируем нашу задачу в терминах динамического программирования. Физическая система S, которой мы будем управлять, представляет собой группу банков с полученными от них средствами. Задание планировать на n этапов дает естественное членение процесса на n шагов. Ситуацию (состояние системы) перед началом j-го шага условимся характеризовать величиной S_j. В состояние S_j система переходит из состояния S_{j-1} под воздействием управления x_{j-1}. Зависимость $S_j(S_{j-1}, x_{j-1})$ состояния системы на j-м шаге от состояния на (j–1)-м и управления в нашем случае имеет вид (3).

В качестве критерия оценки затрат на кредитование в результате примененного управления на каждом шаге будем использовать сумму выплат B_j, рассчитываемую по формуле (1).

Опишем в общем виде процедуру применения метода динамического программирования к решению этой задачи. Поскольку процесс динамического программирования разворачивается с конца, нам придется ввести специальное обозначение для суммы выплат, формирующейся за несколько последних шагов процесса:

$$r(x_j) = \left(\frac{\sum_{i=1}^{m} r_i x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}\right),$$

где B_n – сумма выплат по кредиту за последний шаг, $B_{n-1,\,n}$ – сумма выплат за два последних шага, $B_{j,\,j+1,\,\ldots,\,n}$ – сумма выплат за последние (n–j+1) шага, начиная с j-го и заканчивая n-м.

Процесс оптимизации начинается с последнего n-го шага. Пусть в начале n-го шага система находится в состоянии S_n. Тогда выплата за кредит на последнем шаге составит

$$B_n\left(S_n, x_n\right) = S_n\left(1+\frac{r\left(x_n\right)\cdot T_n}{365}\right). \qquad (4)$$

Согласно уравнению (2) запишем выражение (4) в виде

$$B_n\left(B_{n-1}, x_n\right) = \left(C_n + B_{n-1}\right)\left(1 + \frac{r\left(x_n\right)\cdot T_n}{365}\right). \qquad (5)$$

Предположим, что значение B_{n-1} нам известно, и найдем условное оптимальное управление x^*_n (номера банков). Это управление на последнем шаге находится как значение x_n, при котором величина B_n достигает минимума:

$$B^*_n\left(B_{n-1}\right) = \min_{x_n}\left\{B_n\left(B_{n-1}, x_n\right)\right\}.$$

Так как значение оптимального управления в выражении (5) не зависит от того, какое значение примет B_{n-1}, то для удобства поиска ее можно принять любым неотрицательным числом. Заметим, что любые компоненты вектора x_n могут принимать единичные значения, так как этот шаг единственный из всех, можно планировать так, чтобы он как таковой приносил наименьшие затраты. Таким образом, находим x^*_n, при котором B_n принимает наименьшее значение.

Далее рассмотрим сумму выплат за 2 последних шага $B_{n-1,n}$. Для ее нахождения в формуле (5) представим B_{n-1} в виде выражения (2) и подставим вместо x_n ранее найденное x^*_n:

$$B_{n-1,n}\left(B_{n-2}, x_{n-1}\right) =$$
$$= B_n\left(\left(C_{n-1} + B_{n-2}\right)\left(1 + \frac{r\left(x_{n-1}\right)\cdot T_{n-1}}{365}\right), x^*_n\right) =$$
$$= \left(C_n + \left(C_{n-1} + B_{n-2}\right)\left(1 + \frac{r\left(x_{n-1}\right)\cdot T_{n-1}}{365}\right)\right)\times$$
$$\times\left(1 + \frac{r\left(x^*_n\right)\cdot T_n}{365}\right).$$

Найдем x^*_{n-1}:

$$B^*_{n-1,n}\left(B_{n-2}\right) =$$
$$= \min_{x_{n-1}}\left\{B_{n-1,n}\left(B_{n-2}, x_{n-1}\right)\right\} : \forall x^*_{in} = 1 x_{in-1} = 0.$$

Как и на n-м шаге примем B_{n-2} за единицу. При поиске x^*_{n-1} необходимо иметь в виду, что его компоненты, совпадающие с удиничными компонентами x^*_n, должны быть нулевыми.

Продолжая таким образом, можно найти условную оптимальную выплату за несколько последних шагов процесса и соответствующие им управления: $B^*_{n-2,\,n-1,\,n}(B_{n-3})$, $B^*_{n-3,\,n-2,\,n-1,\,n}(B_{n-4})$ и т. д.

Если мы уже оптимизировали (j+1)-й шаг для любого исхода j-го, т. е. нашли $B^*_{j+1,\,\ldots,\,n}(B_j)$ и x^*_{j+1}, то условная оптимизация j-го шага производится согласно общей формуле

$$B^*_{j,\,j+1,\ldots,n}\left(B_{j-1}\right) =$$
$$= \min_{x_j}\left\{B_{j,\,j+1,\ldots,n}\left(B_{j-1}, x_j\right)\right\} : \forall x^*_{j+1} = 1 x_j = 0,$$

где $B_{j,j+1,\ldots,n}(B_{j-1}, x_j)$ – сумма выплат, достигаемая на последних шагах, начиная с j-го, при любом управлении на j-м шаге и оптимальном управлении на всех последующих. Таким образом определяется условная оптимальная сумма выплат на последних шагах, начиная с j-го и соответствующее условное оптимальное управление.

Применяя последовательно, шаг за шагом, описанную процедуру, мы дойдем, наконец, до первого шага, на котором сумма выплат зависит только от управления, так как сумма кредита первого шага равна плановой потребности первого этапа:

$$B^*_{1,\ldots,n} = \min_{x_1}\left\{B_{1,\ldots,n}\left(x_1\right)\right\}.$$

В результате последовательного прохождения всех этапов от конца к началу найдены условные минимальные выплаты по кредитам на всех n шагах и соответствующие им оптимальные управления.

Чтобы найти суммы кредитов на каждый этап, необходимо снова пройти всю последовательность шагов – на этот раз от *начала к концу*. Для этого воспользуемся формулой (3), подставляя уже найденные нами x^*_j и приняв $S_1 = C_1$. Этот второй проход будет гораздо проще первого, потому что варьировать условия уже не придется.

В результате находится решение задачи: оптимальное управление $x^* = (x^*_1, x^*_2, \ldots, x^*_n)$, сумма кредита $S^* = (S^*_1, S^*_2, \ldots, S^*_n)$ на каждый этап и минимально возможная сумма выплат B^* за весь плановый период.

Для оценки эффективности работы метода динамического программирования в данной задаче сравним его с полным перебором. Для ясности кратко приведем механизм полного перебора для данной задачи.

Сначала определяются все допустимые варианты кредитования (матрица вариантов кредитования). Каждый вариант представляет собой последовательность, в которой каждому этапу соответствует число – номер банка, участвующего в кредитовании. Число вариантов (число строк в матрице) k можно определить по формуле

$$k = m\left(m-1\right)^{n-1},$$

где m – число банков, участвующих в кредитовании, n – число этапов кредитования (число столбцов). Для всех вариантов по формуле (3) рассчитываются сумма кредита на каждый этап и сумма выплат за весь период. Вариант с минимальной суммой выплат принимается за оптимальный.

При реализации полного перебора необходимо вычислить сумму кредита (выплат) для каждого этапа. Количество вычислений в этом случае будет

$$q_{\text{ПП}} = nm\left(m-1\right)^{n-1}.$$

Рассчитаем количество вычислений суммы выплат при оптимизации с помощью алгоритма динамического программирования. На последнем шаге для определения оптимального управления необходимо вычислить m значений суммы выплат (т. е. определить выплату по кредиту в каждом из m банков). На всех остальных шагах вычисляется m–1 значение суммы выплат. Так как необходимо учесть, что вариант, при котором кредит выдается в одном банке подряд два этапа, недопустим. В результате имеем

$$q_{\text{ДП}} = m + \left(m-1\right)(n-1).$$

Рассмотрим отношение $q_{\text{ПП}}$ к $q_{\text{ДП}}$:

$$\frac{q_{\text{ПП}}}{q_{\text{ДП}}} = \frac{nm(m-1)^{n-1}}{m + (m-1)\ \ (n-1)}.$$

Заменяя в знаменателе (m–1) на m, получаем, что трудоемкость полного перебора не менее, чем в $\left(m-1\right)^{n-1}$ раз больше трудоемкости алгоритма динамического программирования. Кроме этого, необходимо принять во внимание, что нахождение матрицы вариантов кредито-

вания при полном переборе тоже требует значительных вычислительных ресурсов. В свою очередь, при динамическом программировании предварительного отбора допустимых вариантов не требуется: на каждом шаге идет простой перебор допустимых управлений.

Таким образом, эффективность приведенного метода при решении данной задачи очень высока. Благодаря этому метод динамического программирования позволяет находить решение и при большой размерности задачи с малыми вычислительными затратами.

D. A. Degterev, E. P. Pankov

THE SOLVING OF THE SYNDICATED CREDITING PROBLEM WITH A METHOD OF DYNAMIC PROGRAMMING

The solving of the syndicated crediting problem with a method of dynamic programming is suggested. High computing efficiency of the offered method in comparison with full search is shown.

УДК 004.032.26 (06)

Е. А. Энгель, И. В. Ковалев

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НЕЧЕТКИМИ НЕЙРОСЕТЯМИ В СИСТЕМАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Описана разработка адаптивных алгоритмов формирования систем интеллектуального анализа данных на базе нечетких нейросетей. Нечеткие нейронные сети (ННС) представляют собой реализацию систем нечеткого логического вывода методами нейронных сетей. Приведены примеры использования ННС для создания прикладных интеллектуальных систем.

Особенности систем интеллектуальной поддержки принятия решений. Анализ функционирования сложных объектов и систем и управление ими составляют основное содержание работы многих специалистов в современном обществе. Общеизвестными являются тенденции увеличения как абсолютного количества управленцев, аналитиков, специалистов в области обработки информации, так и относительного их числа в мире.

Разработка методов, средств и технологий такого анализа и управления составляет предмет исследования многих направлений науки. Разработанные теории позволили и позволяют эффективно решать многие практические задачи как обработки информации, так и управления. Однако всегда существовал и существует значительный класс реальных задач, для которых применение классических математических методов либо невозможно, либо затруднено. Это связано с естественным разрывом между предположениями, на которых базируются те или иные математические методы и свойствами информации о реальных объектах реальной задачи. Примерами таких ограничений могут быть следующие предположения:

– о том, что существует взаимнооднозначное соответствие между реальными объектами и их описаниями, т. е. разным объектам соответствуют разные описания, одному объекту – только одно описание;

– поведение объекта и/или управление им можно выразить в виде системы «Если… то…» правил.

Если задача не «транслируется» в подобного рода ограничения (не поддается формализации), то ее решение с использованием всех наработанных классических математических методов оказывается малоэффективным. Указанные задачи характеризуются следующими свойствами:

– сложной структурой объекта;

– необходимостью быстрого принятия решения на основе переработки больших объемов информации в условиях постоянно меняющихся внешних и внутренних характеристик системы;

– стохастическим и динамическим характером процессов в объекте;

– большой размерностью вектора входных факторов (десятки и сотни);

– наличием качественных, порядковых и количественных факторов;

– мультиколлинеарностью вектора входных факторов;

– дефицитом наблюдений и др.

Вышеперечисленные особенности приводят к повышению сложности алгоритмического описания модели решения плохо формализованных задач. В таком случае говорят о необходимости информационной поддержки решения задачи, т. е. разработки набора методов и технологических решений, позволяющих получить достоверное решение следующих задач:

– разработки и оптимизации информационных моделей для обеспечения лиц, принимающих решение (ЛПР), достаточным объемом актуальной релевантной информации;

– разработки эвристических процедур, позволяющих «отсеивать» заведомо «плохие» варианты решения задачи;

– разработки алгоритмов обработки неколичественной нечеткой информации для принятия на ее основе управленческих решений;

– разработки и реализации информационно-коммуникационной инфраструктуры систем поддержки принятия решений (локальных и корпоративных сетей).

Важным свойством таких систем поддержки принятия решений является наличие двух взаимодействующих компонентов: человека и компьютерной (формальной) системы. Основной проблемой разработки таких систем является учет и моделирование описания сценариев человеком по динамике реальных объектов, анализа и обработки неколичественной нечеткой информации и интерпретации результатов в формальном компоненте системы. При этом возникает также необходимость оптимизации алгоритмов взаимодействия компонентов человеко-компьютерных систем и обработки нечеткой информации для принятия решений. В целом это представляет актуальную научную проблему. Реализация систем интеллектуального анализа данных на базе нечеткой нейросети – синтеза алгоритмов нейроинформатики и нечеткой логики – повышает качество обработки информации и снижает вычислительные затраты. Оптимальный результат обработки информации будет выбрается из широкого набора вариантов по условию наилучшей комплексной оценки эффективности моделей анализа данных.

Методы и алгоритмы построения систем интеллектуальной поддержки принятия решений. Создание и развитие новых методов решения плохо формализованных задач основано на автоматизации некоторых интеллектуальных функций анализа данных. На этом пути в настоящее время общезначимым является использование интеллектуальных информационных алгоритмов. Построение систем интеллектуального анализа данных возможно дедуктивными и индуктивными способами.

Группа BISC в университете Беркли, Калифорния, под руководством Л. Задэ успешно реализует дедуктивный подход – Нечеткую Логику [1].

Группа красноярских ученых использовала индуктивный нейросетевой подход для решения широкого круга задач в различных областях человеческой деятельности [2]. Достижения нейроинформатики в решении технологических задач привели к созданию целого спектра разнообразных нейронных сетей: сетей с прямым распространением сигнала, рекуррентных сетей, радиально базисных сетей.

Группа нейросетевых исследований (Neural Networks Research Group) в Университете Остина, штат Техас, под руководством Р. Мииккулайнена (Risto Miikkulainen) [3] в рамках индуктивного подхода синтезирует нейросетевые и эволюционные алгоритмы, как и группа украинских ученых, разрабатывающих метод группового учета аргументов, предложенный А. Г. Ивахненко [4]. Метод группового учета аргументов был синтезирован с нечеткими алгоритмами.

Современные исследования интеллектуального анализа данных развиваются в направлении от экспериментальных систем до коммерческих систем – BI (Business Intelligence). Коммерческие системы имеют узкую специализацию и функциональный набор, востребованный рынком. NeurOK Data Mining Suite (разработка фирмы НейрОК Интелсофт) – это эффективное решение задач моделирования и обобщения данных, а также прогнозирования и оптимизации на основе технологий нейронных сетей, кластерного анализа и байесовой статистики. Показательно, что крупные производители систем баз данных (Oracle Inc.) включают в состав программного продукта систему описания и интерпретации бизнес-правил в форме продукций «Если… т…» и систему логического вывода действий. Любое действие, которое выводится из бизнес-правил, реализуется в системе как транзакция обработки данных. Система Cognitive «Эксперт» (разработка фирмы Cognitive Technologies Ltd) предназначена для построения информационно-аналитических систем. В. Г. Царегородцев разработал систему нейросетевого анализа данных NeuroPro, которая реализует обычные слоистые нейросети. Разработана система MegaNeuro, послойно формирующая модифицированную нейросеть [5] из обычных однослойных нейросетей на основе метода группового учета аргументов. Эксперименты показывают, что система MegaNeuro эффективнее NeuroPro и нейросетвого пакета Matlab 5,0, поскольку модифицированная нейросеть реализует процедуру дообучения, посредством сохранения основной части настроенной структуры нейросети; оценка константы Липшица модифицированной нейросети на порядок ниже оценки константы Липшица обычной слоистой нейросети; ошибка на тестовом множестве у модифицированной нейросети ниже, чем у обычной слоистой нейросети. Принципиальным отличием разработанной системы интеллектуального анализа данных MegaNeuro является синтез модифицированной нейросети (адаптация метода группового учета аргументов к нейросети) и Нечеткой логики. Созданы развитые архитектуры гибридных систем: нечетких нейронных сетей, нечетких нейронных сетей с генетической настройкой параметров. Гибридные системы включают в себя слои радиально базисных нейронов, логических нейронов, традиционных пороговых суммирующих нейронов. Далее будем называть именно их гибридными системами. Алгоритм их обучения обычно комбинирует соревновательное обучение (по алгоритму победителя), генетическую оптимизацию параметров и классический метод обратного распространения ошибки. Опыт решения задач распознавания образов [6] и классификации [7] показывает, что для идентификации каждого класса объекта требуется обученная модифицированная нейросеть. Указанное обстоятельство и универсальные аппроксимационные свойства нейросетей хорошо укладываются в понятие функции принадлежности. Реализация последней как модифицированной нейросети позволяет избегать априорных предположений о характере распределения данных. Поскольку модифицированная нейросеть реализует процедуру дообучения, посредством сохранения основной части настроенной структуры нейросети, возможна автоматическая корректировка функции принадлежности, т. е. создание базы знаний, обновляемой автоматически по мере поступления новой информации. При данном способе сохраняются все преимущества индуктивного (нейроинформатика) и дедуктивного (нечеткая логика) подходов. Селективная нечеткая нейросеть, реализуемая ПП MegaNeuro имеет ряд отличий от существующих аналогов: структурно она представляет собой совокупность обученных мо-

дифицированных нейросетей и слоя специализированных нейронов, осуществляющих нечеткий вывод.

Метод построения селективной нечеткой нейросети. Объектом анализа в представляемой работе являются нечеткие нейронные сети с селективной оптимизацией параметров. Они обладают комплексной структурой и сложными алгоритмами обучения, интегрирующими структурные части различных нейронных сетей.

Оценка свойств объектов предметной области представляется в виде процедуры измерения в полном ортогональном семантическом пространстве. Для этого вводится понятие семантического пространства s_t как частного случая лингвистической переменной A с фиксированным терм-множеством значений $T(A) = \{a_1, a_2, ..., a_t\}$. Рассматривается частный случай семантических пространств – полные ортогональные сематнические пространства $G(L)$. Такие пространства можно интерпретировать, в частности, как множество шкальных значений нечетких лингвистических шкал. Рассматривается задача оценки степени нечеткости полного ортогонального семантического пространства. Для этого вводится понятие *ближайшей совокупности характеристических функций* следующим образом.

Рассматривается некоторая совокупность из t функций принадлежности $s_t \in G(L)$. Пусть $s_t = \{\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_t\}$. Будем называть совокупность из t характеристических функций $\hat{s}_t = \{h_1, h_2, \ldots, h_t\}$ *ближайшей совокупностью характеристических функций*, если

$$h_j(u) = \begin{cases} 1, & \text{если } \text{м}_j(u) = \max\limits_{1 \le i \le t} \text{м}_i(u) \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (1 \le j \le t).$$

Очевидно, что при описании объектов в рамках $\hat{s}_t$ неопределенность отсутствует.

Под мерой неопределенности $s_t \in G(L)$ будем понимать значение функционала $\text{x}(s_t)$, определенного на элементах $G(L)$ и принимающего значения в [0,1] (т. е. ξ: $G(L) \to [0,1]$), удовлетворяющего следующим условиям (аксиомам):

А1. $\xi(s_t) = 0$, если s_t представляет собой совокупность характеристических функций;

А2. Пусть $s_t, s'_{t'} \in G(L)$, t и t' могут быть равны или не равны друг другу. Тогда

$$\text{o}(s_t) \le \text{o}(s'_{t'}), \text{ если } d(s_t, \hat{s}_t) \le d(s'_{t'}, \hat{s}'_{t'}),$$

где $\hat{s}_t$ – ближайшая к s_t совокупность характеристических функций.

Смысл аксиом следующий: из двух семантических пространств то имеет меньшую неопределенность, которое более «похоже» на пространство из совокупностей характеристических функций.

Важным аспектом практического использования любой модели является ее устойчивость. Достаточно очевидно, что при практическом применении любой модели и идентификации ее параметров (в нашем случае – при построении функций принадлежности) возникают (маленькие) ошибки измерения. Если модель чувствительна к такого рода естественным ошибкам, вопрос ее практического применения является достаточно проблематичным. Для изучения вопросов устойчивости изучаемой модели рассматривается ситуация, когда функции принадлежности в семантическом пространстве заданы не абсолютно точно, а с некоторой «точностью» δ. Будем называть эту ситуацию δ-моделью и обозначать $G^{\delta}(L)$.

Определим верхние и нижние оценки $\xi(s_t)$ для δ-модели. Пусть $s_t \in G^{\delta}(\overline{\boldsymbol{L}})$. Тогда $\underline{\text{o}}(s_t) = \dfrac{D(1-\text{y}_2)^2}{2|U|}$, $\overline{\text{o}}(s_t) = \dfrac{D(1+2\text{y}_2)}{2|U|}$,

где $D = \sum\limits_{j=1}^{t-1} d_{j,j+1}$, $d_{j,j+1} = \overline{u}_{jR} - \overline{u}_{j+1,L}$.

Сравнивая выражения верхней и нижней оценки, мы видим, что для малых значений δ основные закономерности нашей модели сохраняются. Таким образом, мы можем использовать степень неопределенности $\xi(s_t)$ при решении практических задач, поскольку она обладает свойством стабильности.

На базе этих результатов, предлагается следующая методика выбора оптимального множества значений качественных признаков.

1. Генерируются все «разумные» множества значений лингвистической переменной. В случае реализации селективной нечеткой нейросети описания лингвистической переменной моделируются пулом обученных модифицированных нейросетей.

2. Каждое из таких множеств представляется в форме полного ортогонального семантического пространства.

3. Для каждого из них вычисляется мера неопределенности (2.1.3).

4. В качестве оптимального множества значений как с точки зрения минимизации неопределенности описания объектов, так и с позиции минимизации степени рассогласования мнений экспертов, выбирается то множество, мера неопределенности которого минимальна.

Следуя этой методике, мы можем описывать объекты с минимально возможной неопределенностью, т. е. гарантировать оптимальность свойств систем информационного мониторинга с этой точки зрения.

Нечеткой нейронной сетью (ННС) [8] обычно называют четкую нейросеть, которая построена на основе многослойной архитектуры с использованием И-, ИЛИ-нейронов. И-нейроном называется нейрон, в котором умножение веса w на вход x моделируется конормой $S(w, x)$, а сложение – нормой $T(w, x)$.

Для двухвходового И-нейрона справедлива формула

$$Y = T\,[S(w1, x1), S(w2, x2)].$$

ИЛИ-нейроном называется нейрон, в котором умножение веса w и входа x моделируется нормой $T(w, x)$, а сложение взвешенных весов – конормой $S(w, y)$. Для двухвходового ИЛИ-нейрона справедлива формула

$$Y = S\,[T(w1, x1), T(w2, x2)].$$

Нечеткая нейросеть функционирует стандартным образом на основе четких действительных чисел. Нечеткой является только интерпретация результатов. Селективная нечеткая нейросеть в отличие от традиционной гибридной нейросети моделирует функции принадлежности настроенными модифицированными сетями.

Практическая реализация селективной нечеткой нейросети. На основе оптимального множества значений качественных признаков, реализованного по описанной выше методике, строится обучающая выборка.

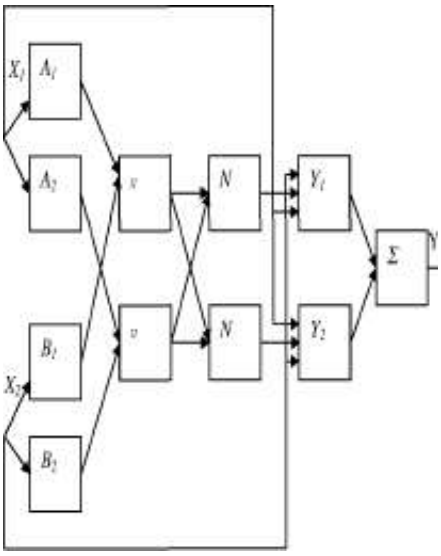
Структура селективной нечеткой нейросети для двух правил:

Если $x_1 = A_1$ и $x_2 = b_1$, то $y_1 = c_{11} \cdot x_1 + c_{12} \cdot x_2$

Если $x_1 = A_2$ и $x_2 = b_2$, то $y_2 = c_{21} \cdot x_1 + c_{22} \cdot x_2$

Выход селективной нечеткой нейросети вычисляется по формуле

$$y = \frac{w_1 y_1 + w_2 y_2}{w_1 + w_2}.$$



Архитектура селективной нечеткой нейросети

Она используется для настройки селективной нечеткой нейросети, выполняющей следующие функции:

– слой 1 представлен обученными модифицированными нейросетями и моделирует функции принадлежности;

– слой 2 – это слой И-нейронов, которые моделируют логическую связку И произведением $w_i = \mu_{Ai}(x1) \cdot \mu_{Bi}(x2)$;

– слой 3 вычисляет нормированную силу правила $w_i = \dfrac{w_i}{w_1 + w_2}$;

– слой 4 формирует значение выходной переменной $y(x_1, x_2) = y_i w_i = w_i(c_{i1} \cdot x_1 + c_{i2} \cdot x_2)$.

– слой 5 выполняет дефаззификацию $y = y_1 w_1 + y_2 w_2$.

Гибридная сеть описанной архитектуры была обучена с помощью алгоритма обратного распространения ошибки и селективного отбора.

Для селективной нечеткой нейросети A_1, A_2, B_1, B_2 являются обученными модифицированными нейросетями.

Была реализована традиционная гибридная нейросеть с радиальными базисными нейронами в первом слое, архитектура которой аналогична представленной на рисунке. Для нее A_1, A_2, B_1, B_2 являются настроенными радиальными базисными нейронами.

Максимальные ошибки обобщения предложенной селективной нечеткой нейросети и традиционной нечеткой нейросети равны 0,48 и 1,42 соответственно.

Таким образом, предложена модель селективной нечеткой нейросети на базе модифицированных нейросетей. Разработаны алгоритмы составления и обучения предложенной гибридной нейросети. Экспериментальные результаты показывают, что у разработанной селективной нечеткой нейросети ошибка обобщения существенно ниже, чем у традиционной нечеткой нейросети.

Библиографический список

1. Zadeh, L. A. From computing with numbers to computing with words – from manipulation of measurements to manipulation of perceptions / L. A. Zadeh // IEEE Transactions on Circuits and Systems 45, 1999. P. 105–119.

2. Горбань, А. Н. Нейроинформатика / А. Н. Горбань [и др.]. Новосибирск: Наука, 1998.

3. Using marked-based genetic encoding of neural networks to evolve finite-state behavior // Proceedings of the First European Conference on Artificial Life (ECAL-91). Cambridge, MA: MIT Press, 1992. P. 255–262.

4. Ивахненко, А. Г. Самоорганизация прогнозирующих моделей / А. Г. Ивахненко, И. А. Мюллер. Киев : Техника, 1985.

5. Энгель, Е. А. Модифицированная нейросеть для обработки информации с использованием селекции существенных связей : автореф. дис. … канд. техн. наук / Е. А. Энгель. Красноярск, 2004.

6. Энгель, Е. А. Использование модифицированной нейросети с селекцией существенных связей для распознавания кодов на web-сайтах / Е. А. Энгель [и др.] // Нейроинформатика-2006. М., 2006.

7. Энгель, Е. А. Реализация интеллектуальной обучающейся машины для решения маркетинговой задачи ADA конгресса IEEE по компьютерному интеллекту – WCCI 2006 / Е. А. Энгель, И. Н. Милехина, В. А. Суворов // Научная сессия МИФИ – 2007. М. : МИФИ, 2007.

8. Редько, В. Г. Эволюционная кибернетика / В. Г. Редько. М. : Наука, 2001.

E. A. Engel, I. V. Kovalev

INFORMATION PROCESSING METHODS AND ALGORITHM OF FUZZY NEURAL NETWORKS AT DECISION-MAKING SYSTEM

It is covered adaptive algorithms for intellectual data analysis systems generating base on Fuzzy neural networks. Fuzzy neural networks with selective optimization are fuzzy logic inference systems. The examples are considered for some kind of applied intelligence system.

УДК 514.185:519

К. Л. Панчук, В. Я. Волков

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙЧАТОГО ПРОСТРАНСТВА ДУАЛЬНОЙ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ПЛОСКОСТЬЮ

Сделано обобщение известного принципа перенесения геометрии связки прямых и плоскостей на линейчатое пространство. Обоснована возможность построения проективной геометрии линейчатого пространства на основе конструктивного и метрического соответствия его эллиптических плоскостных моделей.

В геометрии известен принцип перенесения Котельникова–Штуди, устанавливающий соответствие между геометрией связки прямых и плоскостей в расширенном до проективного пространстве R_3 и геометрией пространства $R_{3(\omega)}$ над полем дуальных чисел [1; 2; 3]. Согласно этому принципу многообразию прямых пространства R_3 соответствует единичная дуальная сфера пространства $R_{3(\omega)}$ [3]. Принцип перенесения и основанное на нем винтовое исчисление успешно применяются в дифференциально-геометрических исследованиях линейчатого пространства [1; 4] и пространственной механике [2]. Вместе с тем представляет интерес теоретическое развитие геометрической составляющей принципа перенесения, основным элементом которой является конструктивно-метрическое соответствие линейчатого пространства его возможным геометрическим моделям.

Авторами исследована возможность моделирования линейчатого пространства дуальной эллиптической плоскостью.

Пусть прямая расширенного пространства R_3 проходит через точку $X(x_1, x_2, x_3)$ и ее направление задано единичным вектором $\bar{y}\ \{y_1, y_2, y_3\}$. Определим плюккеровы координаты прямой двумя точками с однородными проективными координатами: $X(x_1, x_2, x_3, 1)$ и $Y_\infty\ (y_1, y_2, y_3, 0)$. На основании известной формулы плюккеровых координат [5]: $p_{ij} = x_i y_j - x_j y_i$; $i, j = 1, \ldots, 4$; $i \neq j$ запишем

$$p_{12} = x_1 y_2 - x_2 y_1;\ p_{23} = x_2 y_3 - x_3 y_2;$$

$$p_{31} = x_3 y_1 - x_1 y_3;\ p_{41} = y_1;\ p_{42} = y_2;\ p_{43} = y_3. \qquad (1)$$

Очевидно, три первых плюккеровых координаты соответствуют вектору $O\bar{X} \cdot \bar{y}$. Прямой линии пространства R_3, имеющей координаты (1), можно поставить в соответствие дуальный вектор $\bar{P}$ пространства $R_{3(\omega)}$ с координатами

$$P_1 = p_{41} + \omega p_{23};\ P_2 = p_{42} + \omega p_{31};\ P_3 = p_{43} + \omega p_{12};\ \omega^2 = 0. \qquad (2)$$

Дуальный вектор $\bar{P}$ является единичным. Действительно, для него можно записать:

$$(\bar{P}, \bar{P}) = P_1^2 + P_2^2 + P_3^2 + \omega^2(p_{41}p_{23} + p_{42}p_{31} + p_{43}p_{12});$$
$$\omega^2 = 0. \qquad (3)$$

Поскольку из $(\bar{y}, \bar{y}) = (-\bar{y}, -\bar{y}) = 1$ следует $\sum_{i=1}^{3} y_i^2 = \sum_{i=1}^{3} p_{4i}^2 = 1$, а выражение в скобках в уравнении (3) равно нулю, так как представляет собой скалярное произведение двух ортогональных векторов, то имеет место $(\bar{P}, \bar{P}) = 1$. Очевидно, прямой пространства R_3 соответствует пара противоположно направленных единичных дуальных вектора и, следовательно, пара диаметрально противоположных точек единичной дуальной сферы $(\bar{P}, \bar{P}) = (-\bar{P}, -\bar{P}) = 1$. Таким образом, имеет место модель Э. Штуди линейчатого пространства в виде единичной дуальной сферы $S_{2(\omega)}$ [3]. Из непрерывности функций (1) следует непрерывность отображения линейчатого пространства $R_3(l)$ с основным элементом – прямой линией – l, на сферу $S_{2(\omega)}$, т. е. соответствие $R_3(l) \leftrightarrow S_{2(\omega)}$ является гомеоморфным. Рассматривая единичную сферу $S_{2(\omega)}$ с отождествленными диаметрально противоположными точками как модель дуальной эллиптической плоскости, можно перейти к касательной к ней плоскости $R^S_{2(\omega)}$, которую также можно рассматривать как модель дуальной эллиптической плоскости единичного радиуса кривизны, полученную отображением сферы $S_{2(\omega)}$ проецированием из ее центра на касательную плоскость. При этом пара диаметрально противоположных точек сферы изобразится на $R^S_{2(щ)}$ одной точкой. В силу непрерывности сферического отображения между пространством $R_3(l)$ и плоскостью $R^S_{2(щ)}$ устанавливается гомеоморфное соответствие. Изотропному конусу $X^2 + Y^2 + Z^2 = 0$ связки прямых и плоскостей расширенного пространства R_3 соответствует дуальный изотропный конус $X^2 + Y^2 + Z^2 = 0$ в пространстве $R_{3(\omega)}$, который в пересечении с плоскостью $R^S_{2(щ)}$ образует абсолют ${}^{-}k^2_{(щ)}$ этой плоскости, имеющий уравнение $X^2 + Y^2 + R^2 = 0$. В дуальных однородных проективных координатах абсолют плоскости $R^S_{2(щ)}$ единичного радиуса кривизны имеет вид $\sum_{i=1}^{3} X_i^2 = 0$. Абсолюту ${}^{-}k^2_{(щ)}$ плоскости $R^S_{2(щ)}$ изоморфно соответствует абсолют пространства $R_3(l)$, представляющий собой квадратичный комплекс ${}^{-}\mathrm{K}^2_{\mathrm{M}}$ изотропных прямых, конус которого есть указанный изотропный конус. Соответствие абсолютов ${}^{-}\mathrm{K}^2_{\mathrm{M}}$ и ${}^{-}k^2_{(щ)}$ индуцирует соответствие метрик пространства $R_3(l)$ и плоскости $R^S_{2(щ)}$. Комплексному углу (φ_0, φ_1) между двумя скрещивающимися прямыми пространства $R_3(l)$, где φ_0 и φ_1 – угол и минимальное расстояние между ними, соответствует дуальный угол $\Phi = \varphi_0 + \omega\varphi_1$, $\omega^2 = 0$ между соответствующими этим прямым единичными дуальными векторами $\bar{X}$ и $\bar{Y}$:

$$\cos\Phi = (\bar{X}, \bar{Y}) = \cos\varphi_0 - \omega\varphi_1 \sin\varphi_0,\ \omega^2 = 0.$$

Угол Φ есть расстояние между двумя точками $x(X_1, X_2, X_3)$ и $y(Y_1, Y_2, Y_3)$ плоскости $R^S_{2(щ)}$, соответствующими дуальным векторам $\bar{X}$ и $\bar{Y}$: $\cos\Phi = (\bar{X}, \bar{Y}) = \sum_{i=1}^{3} X_i Y_i$.

Дуальная плоскость $R^S_{2(\omega)}$ может быть интерпретирована как метризованная проективная плоскость $R^S_{2(\omega)}$. Действительно, расстояние Δ между двумя точками $y(Y_i)$ и $z(Z_i)$ плоскости $R^S_{2(щ)}$ дуального радиуса кривизны R определится следующим образом:

$$\cos\frac{\Delta}{R} = \frac{\sum_{k=1}^{3} Y_k Z_k}{R^2}. \qquad (4)$$

Определим точки пересечения прямой линии (y, z) и абсолюта $^{-}k^2_{(щ)}$ решением уравнения

$$\sum_{k=1}^{3}(Y_k + мZ_k)^2 = 0,$$

где $\mu = \mu_0 + \omega\mu_1$ – параметр прямой; $\omega^2 = 0$. Пусть μ' и μ'' различные корни этого дуального квадратного уравнения. Тогда получаем две точки пересечения: $i_1(Y_k + \mu' Z_k)$ и $i_2(Y_k + \mu'' Z_k)$, что позволяет записать сложное отношение четырех точек прямой

$$(yz\, i_1\, i_2) = \frac{м'}{м''} = \lambda.$$

На основании теоремы Виета для полученного дульного квадратного уравнения можно записать

$$\frac{(м' + м'')^2}{м'м''} = \frac{4\left[\sum_{k=1}^{3} Y_k Z_k\right]^2}{R^4} = \frac{(л+1)^2}{л}, \qquad (5)$$

откуда, на основании выражения (4), следует

$$\frac{\Delta}{R} = \arccos\frac{л+1}{2\sqrt{л}}. \qquad (6)$$

В области дуальных чисел и дуальных аналитических функций имеют место формулы Эйлера [4]:

$$\cos\frac{\Delta}{R} = \frac{e^{i\frac{\Delta}{R}} + e^{-i\frac{\Delta}{R}}}{2};$$

$$\sin\frac{\Delta}{R} = \frac{e^{i\frac{\Delta}{R}} - e^{-i\frac{\Delta}{R}}}{2}. \qquad (7)$$

Обозначим $e^{i\frac{\Delta}{R}} = T$; $\cos\frac{\Delta}{R} = M$. Тогда из первого равенства (7) следует $T_{1,2} = M \pm \sqrt{M^2 - 1}$. Поскольку $T_1 T_2 = 1$, т. е. $T_1 \neq 0$; $T_2 \neq 0$, то уравнение $e^{i\frac{\Delta}{R}} = T$ имеет решения относительно $\frac{\Delta}{R}$. Следовательно, $i\frac{\Delta}{R}\ln e = \ln T$. Принимая $T = T_1$, получим $\frac{\Delta}{R} = \arccos M = \frac{1}{i}\ln(M + \sqrt{M^2 - 1})$, что позволяет на основании выражения (6) записать

$$\frac{Д}{R} = \arccos\frac{л+1}{2\sqrt{л}} = \frac{1}{i}\ln\left(\frac{л+1}{2\sqrt{л}} + \sqrt{\frac{(л+1)^2}{4л} - 1}\right) = \frac{1}{i}\ln\sqrt{л}.$$

В итоге получаем $л = e^{2i\frac{Д}{R}}$, откуда следует, что

$$\frac{Д}{R} = \frac{1}{2i}\ln л = \frac{1}{2i}\ln(yz\, i_1\, i_2), \qquad (8)$$

где $\ln\lambda = \ln\lambda_0 + \omega\frac{Л_1}{Л_0}$. Таким образом, абсолют $^{-}k^2_{(щ)}$ плоскости $R^S_{2(\omega)}$ определяет на ней эллиптическую метрику (4), которая имеет проективную интерпретацию (8). То есть абсолют $^{-}k^2_{(щ)}$ плоскости $R^S_{2(щ)}$ есть в то же время дуальная мнимая коника проективной плоскости $R^S_{2(\omega)}$. На этом основании плоскость $R^S_{2(\omega)}$ может быть рассмотрена как метризованная дуальная проективная плоскость $R^S_{2(\omega)}$.

Известно, что связка S'_2 прямых и плоскостей; сфера S_2 с центром в центре связки и отождествленными диаметрально противоположными точками; плоскость P^S_2, касательная к сфере S_2 и интерпретируемая как метризованная проективная плоскость P^S_2 – это модели эллиптической плоскости в расширенном пространстве R_3, геометрия которой основана на соответствующей системе аксиом связи, порядка, конгруэнтности и непрерывности [5; 6]. На основании существования гомеоморфного соответствия $R^S_2 = P^S_2 \leftrightarrow S_2 \leftrightarrow S'_2$ могут быть расширены границы применимости принципа перенесения Котельникова–Штуди, устанавливающего соответствие геометрий пространств $S'_2 \leftrightarrow R_3(l) \leftrightarrow S_{2(\omega)}$. В результате получаем следующее соответствие геометрий рассматриваемых пространств:

$$R^S_2 = P^S_2 \leftrightarrow S_2 \leftrightarrow S'_2 \leftrightarrow R_3(l) \leftrightarrow S_{2(\omega)} \leftrightarrow R^S_{2(щ)} = P^S_{2(щ)}.$$

Опираясь на систему аксиом геометрии плоскости $R^S_2 = P^S_2$, можно построить проективную геометрию линейчатого пространства. Это утверждение основано на следующих положениях: во-первых, каждая из моделей эллиптической плоскости и модель $R^S_{2(щ)}$ линейчатого пространства $R_3(l)$ может быть интерпретирована как соответствующая метризованная проективная плоскость; во-вторых, абсолюты названных моделей представляют собой мнимые квадратичные образы в проективных интерпретациях и соответствуют друг другу конструктивно либо по принципу перенесения.

Гомеоморфное соответствие $R_3(l) \leftrightarrow R^S_{2(щ)} = P^S_{2(щ)}$ позволяет выполнить построение проективной геометрии пространства $R_3(l)$ с интерпретацией этой геометрии на плоскости $R^S_{2(щ)} = P^S_{2(щ)}$. Определим вначале основные линейные образы плоскости $R^S_{2(\omega)} = P^S_{2(щ)}$ и укажем соответствующие им линейчатые прообразы в пространстве $R_3(l)$.

Из ортогональности двух точек плоскости $R^S_{2(\omega)} = P^S_{2(щ)}$ в полярном соответствии относительно абсолюта $^{-}k^2_{(щ)}$: фиксированной $\alpha(A_i)$ и переменной $x(X_i)$, на основании соотношения (4) следует уравнение

$$\sum_{i=1}^{3} A_i X_i = 0, \qquad (9)$$

описывающее прямую линию в этой плоскости. Прямая линия является полярой точки б относительно $^{-}k^2_{(щ)}$. Уравнению (9) соответствуют в пространстве $R_3(l)$ два линейчатых образа:

1) алгебраический коноид (АК), если имеет место соотношение $\sum_{i=1}^{3} A_i X_i(\varphi_0) = 0$, то соответствующий образ в плоскости $R^S_{2(\omega)}$ называется прямой нитью;

2) щетка, если $\sum_{i=1}^{3} A_i X_i(\Phi) = 0$, где $\Phi = \varphi_0 + \omega\varphi_1$, $\omega^2 = 0$.

Уравнение $\sum_{i=1}^{3} A_i(д) X_i = 0$, где Δ – вещественный параметр, X_i – координаты фиксированной точки x, может описывать два различных по размерности образа в плоскости $R^S_{2(\omega)}$:

1. Если $A_i(\delta)$ – текущие линейные однородные координаты прямой нити, то получаем ниточный пучок прямых нитей с центром $x(X_i)$, линейчатым аналогом которого в пространстве $R_3(l)$ является «коноид коноидов» – однопараметрическое множество АК, оси которых образуют АК с осью x.

2. Если $A_i(\delta)$ – текущие линейные однородные координаты прямой линии, то получаем ниточный пучок прямых линий, линейчатым аналогом которых в пространстве $R_3(l)$ является «коноид щеток» – однопараметричес-

кое множество щеток, оси которых образуют коноид с осью $x(X_i)$.

Уравнение $\sum_{i=1}^{3} A_i(\Delta)X_i = 0$, где $\Delta = \delta_0 + \omega\delta_1$; $\omega^2 = 0$; X_i – координаты фиксированной точки x, также может описывать два различных по размерности образа в плоскости $R^S_{2(щ)}$:

1. Если $A_i(\Delta)$ – текущие линейные однородные координаты прямой нити, то получаем уравнение линейного пучка прямых нитей с центром $x(X_i)$, которому в пространстве $R_3(l)$ соответствует двухпараметрическое множество конгруэнтных и конгруэнтно расположенных АК, оси которых образуют «щетку коноидов».

2. Если $A_i(\Delta)$ – текущие линейные однородные координаты прямой линии, то получаем уравнение линейного пучка прямых линий с центром $x(X_i)$, которому в пространстве $R_3(l)$ соответствует двухпараметрическое множество щеток, оси которых образуют щетку второго порядка, т. е. «щетку щеток».

В плоскости P^S_2 проективному соответствию двух рядов точек на одной или разных эллиптических прямых; двух эллиптических пучков прямых первого порядка на одном или разных носителях, отвечает проективное соответствие двух линейчатых рядов одной или разных щеток первого порядка; одной или разных щеток второго порядка с интерпретацией этих соответствий в плоскости $P^S_{2(щ)}$. При этом проективному образованию прообраза в плоскости P^S_2 отвечает проективное образование квадратичного линейчатого образа в пространстве $R_3(l)$ с интерпретацией этого образования в плоскости $P^S_{2(щ)}$. Например, теореме Штейнера в плоскости P^S_2 соответствует теорема в линейчатом пространстве $R_3(l)$: геометрическое место прямых пересечения соответственных щеток первого порядка двух проективных щеток второго порядка есть конгруэнция второго порядка; если щетка первого порядка, принадлежащая обеим проективным щеткам второго порядка, сама себе соответствует, то конгруэнция распадается на две щетки первого порядка, одна из которых есть эта щетка.

Приведенная теорема примет конструктивно-образную интерпретацию в плоскости $P^S_{2(щ)}$, если в ней произвести замену слов и словосочетаний: «прямая линия» – «точка», «щетка первого порядка» – «прямая линия», «щетка второго порядка» – «линейный (может быть ниточный) пучок первого порядка прямых линий», «конгруэнция второго порядка» – «кривая линия второго порядка».

Моделирование проективного образования конгруэнции второго порядка в плоскости $P^S_{2(щ)}$ обнаруживает ее конструктивные и метрические свойства, аналогичные соответствующим свойствам коники в плоскости P^S_2 (например, произвольная щетка первого порядка не может иметь с конгруэнцией более двух общих прямых линий); через каждую прямую линию в конгруэнции проходит единственная щетка первого порядка, касательная к конгруэнции и др.

В завершение отметим, что трехпараметрической связной группе движений – метрических коллинеаций плоскости $R^S_2 = P^S_2$ – соответствует по принципу перенесения Котельникова–Штуди шестипараметрическая связная группа винтовых движений – метрических коллинеаций пространства $R_3(l)$. Последней группе изоморфно соответствует связная группа движений – метрических коллинеаций плоскости $P^S_{2(щ)} = P^S_{2(щ)}$.

Приведенные взаимосвязанные эллиптические вещественные и эллиптические дуальные плоскостные модели линейчатого пространства, полученные на основе расширения границ применимости принципа перенесения Котельникова–Штуди, определяют новое направление в изучении геометрии этого пространства. Эти модели позволяют разрабатывать эффективные алгоритмы конструктивно-метрического образования объектов линейчатого пространства, а также исследовать позиционные и метрические свойства этих объектов.

Библиографический список

1. Вишневский, В. В. Пространства над алгебрами / В. В. Вишневский, А. П. Широков, В. В. Шурыгин. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1985. 264 с.

2. Диментберг, Ф. М. Теория винтов и ее приложения / Ф. М. Диментберг. М. : Наука, 1978. 328 с.

3. Клейн, Ф. Высшая геометрия : пер. с нем. / Ф. Клейн. М. ; Л. : ОНТИ, 1939. 400 с.

4. Зейлигер, Д. Н. Комплексная линейчатая геометрия / Д. Н. Зейлигер. М. ; Л. : Гос. техн.-теорет. изд-во, 1934. 196 с.

5. Розенфельд, Б. А. Неевклидовы геометрии / Б. А. Розенфельд. М. : Гос. изд-во техн.-теор. лит., 1955. 744 с.

6. Ефимов, Н. В. Высшая геометрия / Н. В. Ефимов. М. : Наука, 1971. 576 с.

K. L. Panchuk, V. J. Volkov

MODELLING LINE SPACE A DUAL ELLIPTIC PLANE

Generalization of a known principle of transferring of geometry of a sheaf of straight lines and planes on line space is considered. The opportunity of construction of projective geometry line spaces on the basis of constructive and metric conformity of his elliptic plane models is proved.

УДК 543.878:541.127:519.2

В. Р. Пен, И. В. Ковалев

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ СМЕШАННОГО ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

Проанализировано применение Н-фактора при варке древесины. Показана ограниченность этого критерия и невозможность его использования при варке смесей различных пород древесины. Предложена математическая модель кинетики процесса делигнификации смеси различных пород древесины и обосновано ее применение для управления варкой.

Практическая работа варочных цехов целлюлозных заводов зачастую связана с необходимостью переработки смесей различных древесных пород. При этом возникает ряд трудностей, обусловленных их различным кинетическим поведением в делигнификационных процессах. Особенно сильно совместная варка влияет на качество целлюлозы, предназначенной для химической переработки. Имея все параметры (содержание б-целлюлозы, жесткость, содержание остаточного лигнина и т. д.) в пределах стандарта, она ведет себя аномально и к последующей химической переработке оказывается непригодной. Такое поведение объясняется тем, что вся масса целлюлозы состоит из дискретных волокон, получаемых после растворения скрепляющего их лигнина. В условиях совместной варки одна часть оказывается переваренной, другая – недоваренной. Имея стандартные средние показатели, эта целлюлоза для каждого отдельного волокна дает значительную дисперсию значений контролируемых параметров. Попытка измерить их наталкивается на труднопреодолимую проблему разделения отличающихся по характеристикам целлюлозных волокон для последующего анализа. Дополнительная сложность при оценке результата делигнификации может быть обусловлена наличием синергетического эффекта, когда совместная варка дает продукт, параметры которого отличаются от тех, которые целлюлоза бы имела, будучи полученной из сваренных порознь древесных пород с последующим их смешением. Кроме того, варочный котел является очень инерционной системой, обладающей большим временем запаздывания. В сочетании с сильным экзотермическим эффектом реакции делигнификации, зависящим от скорости процесса, все эти причины приводят к тому, что температурный график варки сильно колеблется. Эти колебания температуры вызывают соответствующие колебания скорости варки, затрудняя определение момента ее окончания.

Таким образом, определение критерия, позволяющего оценивать степень завершенности процесса делигнификации, есть важнейшая задача управления этим процессом. Традиционный способ состоит в использовании *Н*-фактора, являющегося, по сути, интегральным показателем [1; 2].

На использовании интегральных показателей построен распределенный контроль объектов [3]. В частности, как параметр состояния объекта используется его среднеинтегральная инерционность S_U.:

$$S_U = \frac{1}{L}\int_0^L S(x)g(x)dx\,, \qquad (1)$$

где S_U – инерционность в точке x; $g(x)$ – весовая функция; L – длина аппарата.

По уравнению типа (1) оценивается комплексный параметр – среднеинтегральная температура варочного реактора [1], комплексные параметры тел сложных сечений, параметры графических образов, параметры поверхностей отклика, параметры микрообъектов и т. д. [4].

Интегральные характеристики являются информационными критериями-комплексами, дающими количественную характеристику некоторых свойств и особенностей технологических процессов.

Основа интегрального параметра – интеграл вида

$$\int_a^b x(t)g(t)dt\,, \qquad (2)$$

где $x(t)$ – исследуемая функция; $g(t)$ – весовая функция, вид которой задается в соответствии с классом явления исследуемого объекта.

Для более точного соответствия истинным значениям числовой характеристики интегральный параметр может потребовать специального формирования весовой функции процесса. Так, для оценки температурно-временного режима процесса варки целлюлозы используются интегральные параметры:

$$F = \int_{t_0}^{t_K} n^{\frac{\theta(t)-\theta_0}{10}} dt, \qquad H = \int_{t_0}^{t_K} e^{A-\frac{B}{\theta(t)}} dt, \qquad (3)$$

где n – температурный коэффициент, показывающий, во сколько раз увеличивается скорость процесса варки при повышении температуры на 10 °С; $\theta(\tau)$ – текущее значение температуры процесса в момент времени t; θ_0 – базовая температура, °С; e – основание натуральных логарифмов; A, B – константы; t_0 – начальное время нагрева (допускается $t_0 = 0$); t_k – конечное время нагрева. Интегральные параметры представляют собой комплексную оценку переменных группы C. Они обладают свойством аддитивности, т. е. при разбиении области параметров, характеризующих данный температурно-временной режим, на ряд подобластей (C_1, C_2, …, C_m) общий интегральный параметр будет равен сумме частных интегральных характеристик:

$$F(C_0) = F(C_1) + F(C_2) + ... + F(C_m). \qquad (4)$$

Это свойство собственного интеграла позволяет использовать интегральные параметры для решения задач контроля, управления и оптимизации температурно-временных режимов процесса варки целлюлозы [1; 5].

При варке древесины для получения необходимой точности при оценке температурных графиков технологических процессов применяют *H*-фактор, который определяют с помощью уравнения Аррениуса по формуле

$$H = \int_{t_1}^{t_2} k_0 e^{-\frac{E}{RT(t)}} dt. \quad (5)$$

В условиях производства очень часто длительность технологических процессов изменяется. В этом случае для некоторого эталонного режима можно подсчитать *H*-фактор и принять его за критерий, к которому следует стремиться. В случае отклонения технологического режима от заданного при постоянных показателях качества щепы и варочного щелока и их соотношениях можно обеспечить требуемое качество продукции, если продолжительность и температуру варки изменять таким образом, чтобы *H*-фактор был близок к выбранному критерию. Для случая, когда верхний предел *H*-фактора – переменная величина, вводится понятие *H*-функции, которая может быть представлена в виде

$$H = \int_{t_0}^{t_K} k_0 e^{-\frac{E}{RT(t)}} dt. \quad (6)$$

Фактически, учитывая, что

$$k_0 e^{-\frac{E}{RT(t)}} = k\ , \quad (7)$$

H – фактор есть интеграл по времени от константы скорости, которая в процессе варки зависит от времени.

Такой способ управления процессом за длительное время своего существования показал свою эффективность и удобство использования. Однако являясь по сути приближенным, в случае необходимости управления варкой, предназначенной для получения полуфабрикатов с точно заданными качественными показателями, приводит к погрешностям. При этом суть приближения состоит в использовании для описания кинетики делигнификации кинетического уравнения первого порядка.

Предполагая, что процесс варки идет по схеме

$$L \xrightarrow{K_L} L_P\ , \quad (8)$$

кинетическое уравнение имеет вид

$$\frac{dL}{dt} = -K_L L\ . \quad (9)$$

Соответственно

$$L = L_0 e^{-\int_{t_0}^{t} K_L(t)dt}\ . \quad (10)$$

или

$$L = L_0 e^{-H}\ . \quad (11)$$

Таким образом, *H*-фактор является просто эмпирическим параметром, реально не учитывающим кинетические особенности процесса делигнификации. Особенно важно, что, будучи аддитивным по времени

$$H(t_0;t_1) + H(t_1;t_2) = H(t_0;t_2)\ , \quad (12)$$

H-фактор не аддитивен по породному составу. То есть при совместной варке древесины различных пород

$$H_1 + H_2 \neq H_{12}\ . \quad (13)$$

Последнее обусловлено тем, что для двух различных пород *A* и *B*

$$\frac{dL_A}{dt} = -K_A L_A,$$
$$\frac{dL_B}{dt} = -K_B L_B. \quad (14)$$

Полагая, что

$$L = L_A + L_B\ , \quad (15)$$

соответственно

$$\frac{dL}{dt} = -KL,$$
$$L = L_0 e^{-\int_{t_0}^{t} K(t)dt} = L_0 e^{-H}. \quad (16)$$

Причем, так как должно выполнятся условие

$$L_0 e^{-H} = L_{A0} e^{-H_A} \cdot L_{B0} e^{-H_B}\ , \quad (17)$$

а из уравнения (17) следует, что

$$L_0 e^{-H} = L_{A0} e^{-H} + L_{B0} e^{-H}\ , \quad (18)$$

то требование аддитивности критерия *H* не выполняется даже в случае простейшей кинетики первого порядка. И тем более оно не выполняется для процессов с более сложным кинетическим механизмом и процессов с полихронной кинетикой. Поэтому при совместной варке древесины различных пород *H*-фактор не может быть использован в качестве параметра, по которому оценивается степень завершенности процесса.

В качестве последнего естественно использовать степень конверсии лигнина в лигноуглеводной матрице. Для полихронных процессов она определяется из выражения

$$\theta_L(t) = \frac{\int_0^t G(k,t) f(k) dk}{L_0} \quad (19)$$

и формально соответствует главному требованию, предъявляемому к интегральным показателям – аддитивности. Однако невозможность явного введения в выражение (20) температуры обуславливает необходимость использования математического описания в виде системы дифференциальных уравнений. При этом управление варкой смешанного сырья ведется по модели, являющейся аддитивным объединением систем уравнений, описывающих кинетику делигнификации каждой породы по отдельности и объединенных общей концентрацией щелочи и общим уравнением ее материального баланса:

$$\frac{dL_{i,j}}{dt} = -L_{i,j} \cdot OH \cdot (K_{L(i,j)} + K_{LK} \cdot AHQ);$$
$$\frac{dC_{i,j}}{dt} = -K_{C(i,j)} \cdot C_{i,j} \cdot OH;$$
$$AHQ = AQ_0 \cdot \exp(-K_{AQ} \cdot t);$$
$$OH = OH_0 - \alpha_1 \cdot (L_1^0 + C_1^0) -$$
$$-\alpha_{L,1} \cdot (L_1^0 - L_1) - a_{C,1} \cdot (C_1^0 - C_1) -$$
$$-\alpha_2 \cdot (L_2^0 + C_2^0) -_{L,2} \cdot (L_2^0 - L_2) - a_{C,2} \cdot (C_2^0 - C_2); \quad (20)$$
$$L_j^0 = \sum_i L_{i,j}^0;\ L_j = \sum_i L_{i,j};\ C_j^0 =$$
$$= \sum_i C_{i,j}^0;\ C_j = \sum_i C_{i,j},$$

где $j = 1$ – лиственница, $j = 2$ – сосна. Ансамбли имеют индекс $i = 1...3$; *L* – лигнин, *C* – углеводы. При $AHQ = 0$,

$AQ = 0$ система (21) описывает натронную и сульфатную варку, при $AQ > 0$ – натронно-антрахинонную. Балансовое уравнение является суммой балансовых уравнений для сосны и лиственницы. Константы, входящие в модель, определяются при моделировании варок отдельных древесных пород.

По результатам расчетов построены кинетические кривые для совместной и раздельной варок сосны и лиственницы при температуре 445 °К (рис. 1, 2). Для сосны при совместной варке степень превращения компонентов выше, чем при раздельной. Для лиственницы – наоборот. Для натронно-антрахинонных варок характер кинетических кривых аналогичен. Изменение разности ДИ степени конверсии лигнина и углеводов совместной и раздельной варок (рис. 3) протекает в следующей динамике:

$$\Delta\theta = \theta_{разд} - \theta_{совм}. \qquad (21)$$

Для лигнина эта разница достигает наибольшего по абсолютной величине значения спустя 1 000…1 500 с после начала варки, когда $\theta = 0{,}5\ldots0{,}6$.

В дальнейшем различия нивелируются, так как степень конверсии приближается к единице. Для углеводов кривая $\Delta\theta - \tau$ монотонна. Характер ее изменения у разных пород практически одинаков.

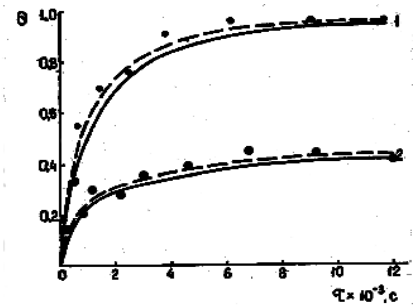


Рис. 1. Зависимость степени конверсии от времени. Сосна: *пунктир* – совместная варка; *сплошная* – раздельная; *точки* – эксперимент: *1* – лигнин, *2* – углеводы

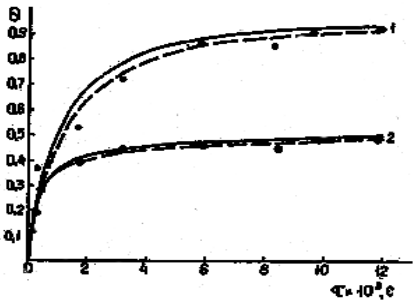


Рис. 2. Зависимость степени конверсии от времени. Лиственница: *пунктир* – совместная варка; *сплошная* – раздельная; *точки* – эксперимент. *1* – лигнин, *2* – углеводы

Таким образом, можно констатировать, что традиционно применяемый *H*-фактор не позволяет эффективно управлять процессом делигнификации смешанного древесного сырья. В то же время использование объединенной математической модели процесса с вычислением θ обеспечивает надежное управление варкой и получение волокнистых полуфабрикатов с требуемыми параметрами.

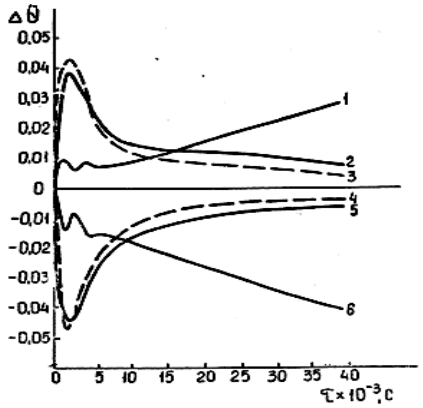


Рис. 3. Изменение ΔQ во времени: *1* – углеводы лиственницы для натронной и натронно-антрахинонной варок; *2* – лигнин лиственницы при натроннолй варке; *3* – лигнин лиственницы при натронно-антрахинонной варке; *4* – лигнин сосны при натронно-антрахинонной варке; *5* – лигнин сосны при натронной варке; *6* – углеводы сосны при натронной и натронно-антрахинонной варке

Библиографический список

1. Вьюков, И. Е. Математические модели и управление технологическими процессами целлюлозно-бумажной промышленности / И. Е. Вьюков, И. Ф. Зорин, В. П. Петров. М., 1975. 376 с.

2. Петров, В. П. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / В. П. Петров, И. Ф. Зорин, С. А. Рогульская. М., 1977. 51 с.

3. Девятов, Б. Н. Теория переходных процессов в технологических аппаратах с точки зрения задач управления / Б. Н. Девятов. Новосибирск, 1964. 323 с.

4. Зорин, И. Ф. Контроль переменных при управлении процессом периодической варки целлюлозы / И. Ф. Зорин, В. П. Петров // Автоматизация, механизация, приборное и аппаратурное оформление процессов целлюлозно-бумажного производства : сб. тр. ВНИИБ. Вып. 71. Л., 1977. С. 10–18.

5. Расчет и оптимизация графика нагрева для группы варочных котлов периодического действия / В. Н. Казанский [и др.] // Автоматизация, механизация и оборудование процессов ЦБП : сб. тр. ВНИИБ. Л., 1977. С. 33–36.

V. R. Pen, I. V. Kovalev

MANAGEMENT OF DELIGNIFICATION PROCESS OF THE MIXED WOOD RAW MATERIAL

Application of the H-factor at cooking wood is analysed. Limitation of this criterion and impossibility of its use are shown at cooking mixes of various breeds of wood. The mathematical kinetic model of process of delignification to a mix of various breeds of wood is offered and its application for managment of cooking is proved.

УДК 629.7.017.083

В. Б. Краснопеев, О. Г. Бойко

АНАЛИЗ ОТРАБОТКИ РЕСУРСОВ СИСТЕМАМИ САМОЛЕТА ТУ-154М ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Рассмотрены вопросы надежности систем радио-, электро-, приборного оборудования самолета Ту-154М при длительной эксплуатации.

При исследовании надежности функциональных систем использована статистическая информация авиакомпании, эксплуатирующей 16 самолетов Ту-154М [1].

Рассматривается процесс старения (отработки ресурсов) агрегатами функциональных систем летательного аппарата (ЛА) в функции наработки (налета часов) самолета в целом, который определяется налетом часов планера. Степень отработки ресурса агрегатами функциональной системы предложено оценивать средним значением отработки ресурсов [2] в виде

$$\bar{t}_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{t}_i}{n}, \qquad (1)$$

где $\bar{t}_i$ – относительная обработка ресурса i-м агрегатом; n – число агрегатов в системе.

Рассмотрены те значения по оси абсцисс (налета планера), которым соответствует налет на рассматриваемый момент эксплуатации экземпляров ЛА в авиакомпании. Этим объясняется неравномерность распределения точек по оси абсцисс на приведенных зависимостях.

Для более полного анализа рассматриваются три системы: самолетный дальномер СД-75 (радиооборудование), основная система электроснабжения СП3С3Б40 (электрооборудование), автомат углов атаки и перегрузок АУАСП-12ВРИ (приборное оборудование).

Радиодальномеры СД-75 предназначены для измерения наклонной дальности от радиомаяков систем DME. При полете по совмещенным маякам VOR-DME дальномеры совместно с навигационно-посадочной системой «Курс-МП» используются для определения местоположения самолета в полярных координатах (азимут и дальность).

Графическая зависимость средней относительной отработки ресурсов агрегатами СД-75 от налета представлена на рис. 1.

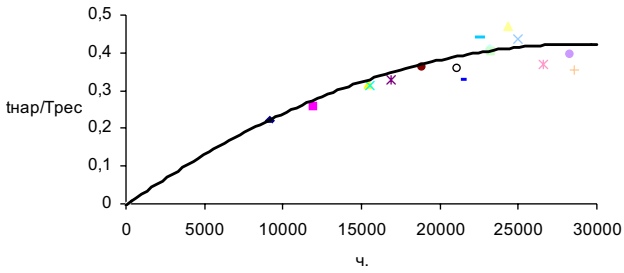


Рис. 1. Зависимость относительной наработки СД-75 самолета Ту-154М

Наиболее отказным блоком СД-75 является запросчик ЗСД-75. Значения отработки ресурсов ЗСД-75 в функции налета планера приведены на рис. 2.

Так, процесс старения комплектующих изделий СД-75 завершается при налете планера самолета 25–30 тыс. ч. На одном экземпляре ЛА в системе могут работать одновременно как агрегаты новые с относительной отработкой ресурса, равной 0,05, так и агрегаты, имеющие относительную отработку ресурса 0,5 и более.

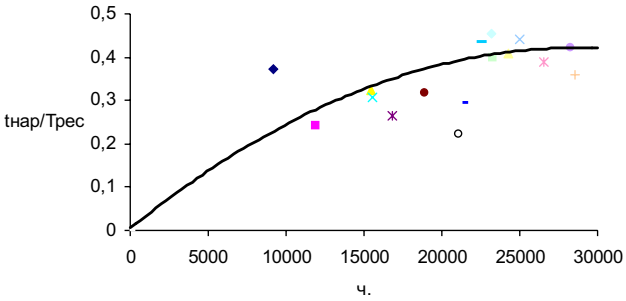


Рис. 2. Зависимость относительной наработки запросчиками ЗСД-75

Основная система электроснабжения СП3С3Б40 предназначена для питания электрифицированных систем самолета и отдельных потребителей, обеспечения электроэнергией систем электроснабжения (вторичных) переменного тока 36 В и постоянного тока 27 В (рис. 3).

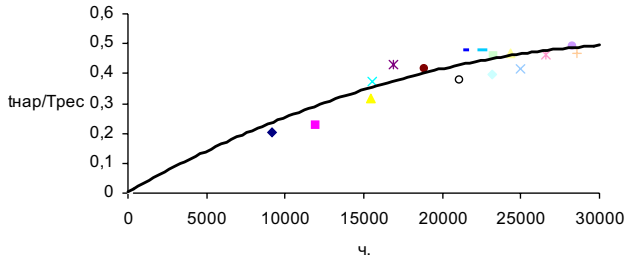


Рис. 3. Зависимость относительной наработки агрегатов основной системы электроснабжения переменным током самолета Ту-154М от налета

Значения $\bar{t}_{\text{ср}}$, рассчитанные по выражению (1) для агрегатов основной системы электроснабжения по наработкам с начала эксплуатации и назначенным ресурсам для 16 экземпляров ЛА (бортов) приведены на рис. 3.

Основная система электроснабжения переменным током ЛА Ту-154М включает в свой состав агрегаты, отказы которых не наблюдались в течение всего рассматриваемого периода эксплуатации. Вместе с этим представляет отдельный интерес отработки ресурса отказывающих агрегатов в функции наработки планера ЛА. Для блоков БРН-208М7А и БЗУ-376СБ эти зависимости приведены на рис. 4, 5.

Так, в течение первых 20–25 тыс. ч налета ЛА происходит увеличение средней относительной отработки агрегатами основной системы электроснабжения назначенных ресурсов, т. е. система стареет. Далее процесс стабилизируется на уровне 0,5–0,55 отработки агрегатами на-

значенного ресурса в исследуемом диапазоне отработки планером 30 тыс. летных часов. Стабилизация процесса старения агрегатов системы, оцененная по назначенному ресурсу, связана отчасти с заменой их по неисправностям и отказам и отчасти с заменой по выработке ресурса до первого ремонта и межремонтного обслуживания.

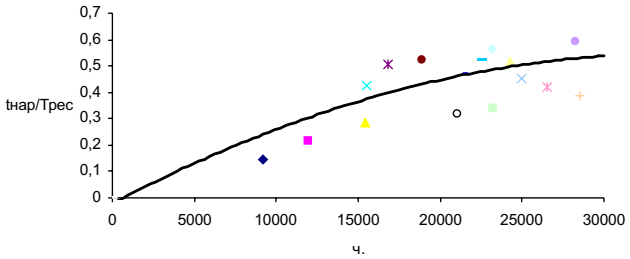


Рис. 4. Зависимость относительной наработки блока БРН-208М7А от налета

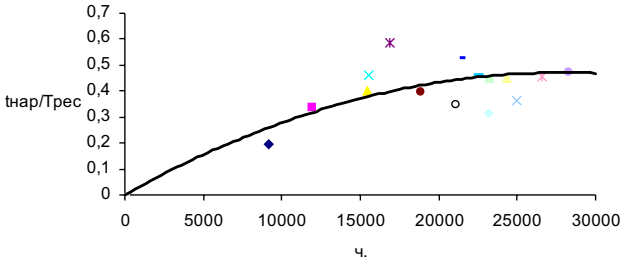


Рис. 5. Зависимость относительной наработки блока БЗУ-376СБ от налета

Разброс точек на рис. 4, 5, оценивающих относительную отработку ресурсов отдельными агрегатами, существенно больше, чем по системе в целом (рис. 3). Здесь не следует искать каких-либо методических ошибок. Следует помнить, что каждой точке соответствует ресурсное состояние системы в целом, содержащей большое число агрегатов экземпляра ЛА, а на рис. 4, 5 – отдельных типов, агрегатов которых на экземпляре ЛА может быть и 1 и более, и такова для них относительная отработка ресурса в рассматриваемый момент времени.

Автомат углов атаки и перегрузок АУАСП-12ВРИ предназначен для измерения и индикации в полете текущих углов атаки $\alpha_т$, критических углов атаки $\alpha_{кр}$ и вертикальных перегрузок n_y; включения предупреждающей сигнализации и выдачи сигналов в систему МСРП-64-2 при подходе к критическим углам атаки или предельным перегрузкам.

По данным исследования АУАСП-12ВРИ, были получены значения относительных наработок (рис. 6.).

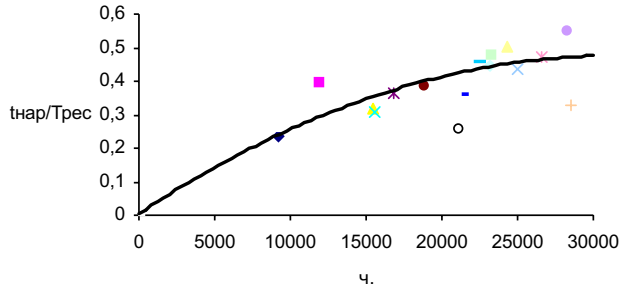


Рис. 6. Зависимость относительной наработки агрегатов АУАСП-12ВРИ самолета Ту-154М от налета

АУАСП-12ВРИ – важная система, отвечающая за безопасность полета. Замена агрегатов и узлов осуществляется строго в соответствии с регламентом технического обслуживания по неисправностям и отработке ими ресурсов. Очевидно, в связи с этим суммарная относительная отработка ресурсов агрегатами АУАСП-12ВРИ при налете близком к 30 000 ч стремится к значению 0,5 назначенного ресурса.

Приведенные результаты показывают, что агрегаты, имеющие отказы и эксплуатирующиеся на рассматриваемый момент в парке самолетов, имеют относительную отработку назначенных ресурсов не более 45–55 %, так как происходит обновление авиационного оборудования по причине ремонта и отработки им назначенного ресурса.

Графически значения относительных отработок ресурсов агрегатов, имеющих максимальное число отказов, приведены на рис. 7, 8. Приведенные результаты убедительно показывают, что агрегаты, имеющие отказы и эксплуатирующиеся на рассматриваемый момент в парке самолетов, имеют относительную отработку назначенных ресурсов не более 45–55 %.

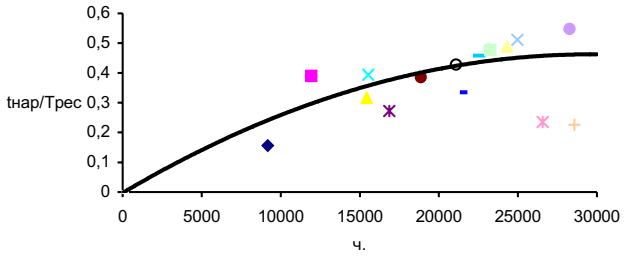


Рис. 7. Зависимость относительной наработки блоками коммутации БК-2Р

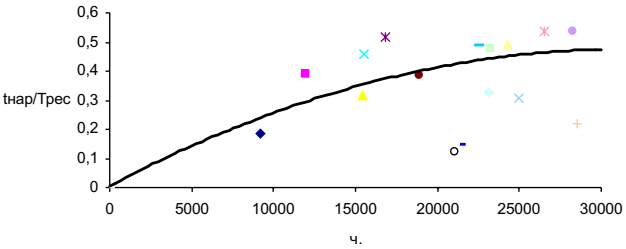


Рис. 8. Зависимость относительной наработки указателями УАП-12ВРИ

Представленная картина отработки ресурсов агрегатами систем самолета Ту-154М довольно оптимистична. Она говорит о том, что при существующей системе технического обслуживания и ремонта ЛА в гражданской авиации старение функциональных систем не может быть фактором, ограничивающим ресурс самолета в целом, а их надежность может поддерживаться на высоком уровне, удовлетворяющем требованиям Норм летной годности самолетов. Так, агрегаты и комплектующие изделия функциональных систем по мере увеличения налета планера также увеличивают среднюю по системе отработку ресурсов, но только до величины 0,4–0,6 от назначенных им ресурсов. При дальнейшем увеличении наработки планера средняя по функциональной системе отработка ресурсов ее агрегатов не изменяется.

Полученные результаты исследования отработки ресурсов агрегатами функциональных систем дают осно-

вание рассматривать возможности продления им ресурсов либо о переводе на стратегии технического обслуживания по фактическому техническому состоянию.

Библиографический список

1. Васильев, А. А. Приборное оборудование самолета Ту-154М и его летная эксплуатация / А. А. Васильев. СПб. : Федеральная авиационная служба России. Учебно-тренировочный центр, 1996.

2. Воробьев, В. Г. Надежность и эффективность авиационного оборудования / В. Г. Воробьев, В. Д. Константинов. М. : Транспорт, 1995.

V. B. Krasnopeev, O. G. Boiko

THE ANALISIS OF OUTPUT RESOURCES BY SYSTEMS OF AIRPLANE TU-154M DURING LONG EXPLOTATION

The questions of reliability during long explotation of airplane Tu-154M radio, electricity and instrument equipments are examined.

УДК: 629.78.015

В. С. Орлов

АЛГОРИТМ ФОРСИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ УДАРНЫХ ИСПЫТАНИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ ПО ДАННЫМ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ[1]

Рассматривается форсирование режимов ударных испытаний, сформированных по результатам натурных измерений, на примере воздействий, возникающих при авиационном транспортировании космических аппаратов самолетами Ил-76. Форсирование проводится относительно максимальных значений уровней ударных спектров ускорений, зарегистрированных при натурном транспортировании.

Для анализа нагружения космического аппарата (КА) при авиационном транспортировании используются алгоритмы разделения воздействий на стационарные и нестационарные составляющие [1; 2].

Нестационарные воздействия, полученные после разделения исходного процесса на стационарные и нестационарные составляющие, включают в себя общее количество воздействий для всех случаев реализации (количество случаев транспортирования), а для того чтобы проводить испытания, необходимо выделить время действия нагрузки на конкретных режимах из условий дальности полета и количества взлетов и посадок.

Следует отметить, что нагрузки с максимальными амплитудами действуют на самолет только незначительную часть всего временного интервала, соответствующего конкретному режиму транспортирования. Кроме того, часть нагрузок, соответствующая, например, крейсерскому полету, не представляет опасности для сохранности транспортируемого груза ввиду их малости, а только увеличивает время загрузки испытательного оборудования при отработке таких режимов.

То есть процедура получения нагрузок по результатам обработки данных о натурном транспортировании [1], давая реальные нагрузки (спектральные плотности мощности виброускорений и величины ударных спектров ускорений) для формирования режимов вибрационных и ударных испытаний, не решает проблему их оптимального проведения.

При формировании режимов отработочных испытаний на случай авиационного транспортирования таких специальных грузов, как КА, необходимо учитывать следующие параметры: условия транспортирования (тип самолета, его загруженность, типы аэродромов взлета и посадки, погодные условия и т. д.), дальность транспортирования, количество взлетов и посадок за время транспортирования. Если условия транспортирования определяют, в первую очередь, амплитудные величины нагрузок, то дальность транспортирования и количество взлетов и посадок определяют время воздействия этих нагрузок. Создание оптимальных режимов отработки грузов представляет собой нетривиальную задачу. С одной стороны испытания на повышенных режимах могут привести к отказу КА, а с другой – стоимость часа работы испытательного центра очень велика, так как приходится использовать уникальное оборудование. Поэтому испытания на режимах, не представляющих опасности для КА, необходимо обоснованно сокращать, заменяя их эквивалентными испытаниями на более жестких режимах нагружения.

Наиболее распространенным на сегодняшний день является подход к формированию эквивалентных режи-

[1] Работа проводилась в рамках ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002–2006 гг.» по теме 2006-РИ-16.0/001/076.

мов испытаний, основанный на гипотезе линейного/нелинейного суммирования (накопления) повреждений [3].

Как известно, уравнение кривой усталости наиболее часто записывается в виде [4]

$$\sigma^m N = A = \text{const}, \quad (1)$$

где m – показатель наклона кривой усталости материала исследуемой конструкции; σ – напряжение в материале; N – число циклов перемен напряжений в материале до разрушения.

Очевидно, что путем простых преобразований можно получить следующую формулу:

$$m = \frac{\lg N_2 - \lg N_1}{\lg \sigma_1 - \lg \sigma_2},$$

где m – показатель наклона кривой усталости материала исследуемой конструкции; N_1 и N_2 – число циклов до разрушения материала при уровне напряжений σ_1 и σ_2 соответственно.

Тогда время испытаний T_p можно связать со временем транспортирования T_t на основе гипотезы суммирования повреждений через коэффициент пропорциональности K и показатель наклона кривой усталости материала m:

$$T_p = K^m T_t.$$

Так как при выводе формул используется гипотеза линейных повреждений, то, очевидно, что коэффициент K для ударного спектра ускорений равен

$$K = \frac{S_j}{S_{\max}},$$

так как ударный спектр ускорений функция линейная по g.

Рассмотрим теперь следующий алгоритм формирования режимов испытаний. Полученный по результатам натурных измерений для каждой точки контроля транспортируемого груза псевдоисходный процесс с длительностью, равной общей длительности всех измерений, разделяем на стационарную и нестационарные составляющие.

Максимальные значения ударных спектров ускорений (УСУ) получаем по методу огибающих по данным обо всех случаях авиационного транспортирования для всех заранее определенных амплитудных диапазонов, а количество ударов определяем по формуле

$$N_p = \frac{M}{M_t}\{\sum_{\substack{j=1\\q=1}}^{\substack{j=n\\q=a}} (S_{jq}/S_{\max})^{\beta} N_{jq}\},$$

где N_P – количество ударов при испытаниях; N_{jq} – количество ударов на j-ом режиме транспортирования в q-ом амплитудном диапазоне (общее количество ударов за время транспортирования $N_t = \Sigma N_{jq}$); S_j – текущее значение ударного спектра ускорений при транспортировании в амплитудном диапазоне; $S_{\max}$ – максимальное значение ударного спектра ускорений, полученное при транспортировании; M – необходимое количество взлетов и посадок; M_t – количество взлетов и посадок, для которых был сформирован режим ударных испытаний; β – коэффициент эквивалентности ударных испытаний; a – количество амплитудных диапазонов; n – количество режимов транспортирования.

Количество ударов форсируется относительно максимальному значению УСУ. Кроме того, при определении количества ударов максимальные значения ударного спектра ускорений, полученные по методу огибающих для всех амплитудных диапазонов по данным обо всех случаях авиационного транспортирования, заменяем ударными спектрами ускорений от их импульсов. Такие УСУ должны отличаться от огибающих УСУ на величину, меньшую, чем погрешность определения ударных спектров ускорений.

Проведение испытаний по методу ударных спектров ускорений приводит к замене временной зависимости ее частотным представлением, так как при таких испытаниях не важен вид воздействия, а важна вызванная этим воздействием реакция объекта испытаний. Так как у одного и того же УСУ может быть бесконечное множество временных реализаций, то его воспроизведение возможно воздействиями, не отражающими физику реального нагружения. Чтобы этого избежать, необходимо формировать режимы испытаний с учетом частотных составляющих как внешнего воздействия, так и объекта испытаний.

Для замены ударных спектров ускорений одиночными импульсами воспользуемся подходом, предложенным в работе [5], где при формировании ударного импульса предлагается использовать частоты, на которых переносится основная энергия ударного воздействия. При совпадении частот воздействия и собственных частот конструкции возникают резонансы. Очевидно, что эти частоты всегда будут переносить основную часть энергии ударного воздействия, т. е. достаточно формальная характеристика (УСУ) дополняется содержащим физический смысл набором частот.

Будем искать внешнее воздействие в классе функций вида

$$\Psi(t) = \sum_{i}^{m} A_i e^{-\alpha_i t} \sin(\omega_i t + \varphi_i),$$

где $\Psi(t)$ – ударный импульс ускорения; A_i – амплитуда ускорения при i частоте; $\omega_i = 2\pi f_i$ – круговая частота колебаний; f_i – собственная частота колебаний; φ_i – фазовый сдвиг; $\alpha_i = \frac{\delta_i \omega_i}{\pi}$, $\delta_i = \ln \zeta_i$, δ_i – логарифмический декремент колебаний; ζ_i – коэффициент затухания; i – номер текущей частоты; m – количество частот; t – время действия ударного импульса.

Это объясняется, в первую очередь, реальным набором сигналов, воспроизводимых системами управления электродинамическими стендами, которые наиболее часто применяются при вибрационных и ударных испытаниях.

После выделения массива частот ω_i (а эта процедура плохо формализуется и требует определенного опыта) можно построить различные достаточно легко формализуемые алгоритмы получения необходимого воздействия.

Рассмотрим один из них, основанный на методе коллокации [6], в котором требуется обеспечить совпадение эталонного сигнала (ударного спектра $\nu^*(\omega)$) с ударным спектром от воздействия (ударного импульса) $A(t)$ только в заданном наборе точек $\omega_k, (k = 1, 2, ..., N)$.

Пусть имеется некоторый набор воздействий $A_m(t), m = 1, 2, ..., M$, равный

$$A(t) = \sum_{m=1}^{M} \alpha_m A_m(t).$$

Для каждого из воздействий строится свой ударный спектр, например, с использованием алгоритма, предложенного в работе [7]. Таким образом, получается зависимость ускорения от частоты, имеющая вид

$$\nu(\omega) = \max_t \left| a_m(t,\omega) \right|.$$

Получаем нелинейную систему уравнений

$$\max_t \left\{ \left| \sum_m \alpha_m a_m(t,\omega_k) \right| \right\} = \nu^*(\omega_k),$$

где $k = 1, ..., M$.

Решить данную систему можно итерационным способом. Для каждого воздействия $A_\mu(t)$ определяем дискретную последовательность $a_{mi}(\omega_k)$, где i – параметр времени, ω_k – частота в методе коллокаций. Для каждой частоты ω_k выбираем $\max_i |a_{mi}(\omega_k)|$ получаем выражение вида

$$A_{km} = \max_i \left| a_{mi}(\omega_k) \right|.$$

Начальное приближение вычисляем как решение системы вида

$$\sum_{m=1}^{M} A_{km} \alpha_{0,m} = \nu^*(\omega_k),$$

где $k = 1, 2, \ldots, m$.

Система уравнений может быть вырожденной. В этом случае в качестве решения выбирается то решение, которое имеет наименьшее начальное $|\tilde{a}_0|$. Если система несовместна, то от ряда уравнений можно отказаться, пожертвовав несколькими точками ω_k в методе коллокаций. Дальнейшее построение итерационной последовательности $\tilde{a}_0, \tilde{a}_1, \ldots, \tilde{a}_j$ ведется следующим образом. По приближению $\tilde{a}_j$ определяется номер точки во времени, в которой отклик резонатора с частотой ω_k достигает своего пикового значения при воздействии

$$A_j(t) = \sum_{m=1}^{M} \alpha_{j,m} A_m(t).$$

Пусть этот номер будет μ, тогда определяем таблицу

$$A_{j,km} = a_{m\mu}(\omega_k) sign\left[\varepsilon \alpha_{j,m} a_{m\mu}(\omega_k) \right],$$

по которой составляем систему линейных алгебраических уравнений

$$\sum_{m=1}^{M} A_{j,km} \alpha_{j+1,m} = \nu^*(\omega_k)$$

для вычисления нового приближения $\tilde{a}_j = 1$. Сходимость итерационного процесса не является обязательной, поэтому целесообразно вести контроль последовательности $\tilde{a}$ с целью выявления сходимости. В случае неудовлетворительной сходимости необходимо изменить выбор точек ω_k на графике ударного спектра. Возможен вариант, в котором несколько различных наборов вектора $\tilde{a}$ дают одинаковый или близкие друг другу ударные спектры. Итерационный процесс в этом случае может перескакивать с одного набора на другой. Это не является плохой сходимостью метода, а означает, что любое решение является приемлемым.

В качестве примера по рассмотренному алгоритму для этапа «взлет–посадка» выполнена замена ударных спектров ускорений, полученных при транспортировке космических аппаратов самолетами Ил-76, УСУ от одиночных импульсов по направлениям X, Y, Z. Максимальные значения УСУ-1 и аппроксимирующие их УСУ-2 от ударных импульсов: $3g \sin(p/3)t + 6g \sin(p/10)t$ в направлении X, $6g \sin(p/3)t$ в направлении Y, $9g \sin(p/3)t$ в направлении Z показаны на рис. 1–3.

Отличие полученных ударных спектров от экспериментальных не превышают погрешности измерений.

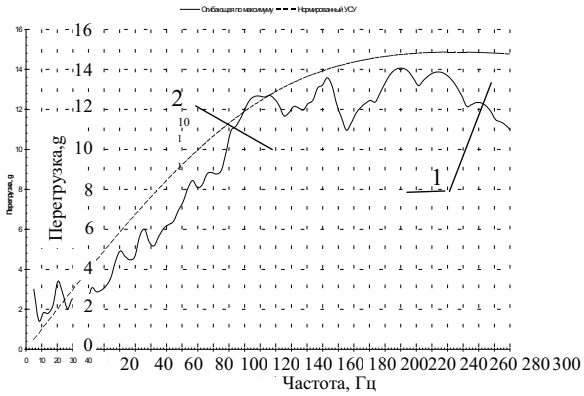


Рис. 1. Максимальный УСУ-1 по направлению Z и УСУ-2 его аппроксимирующий

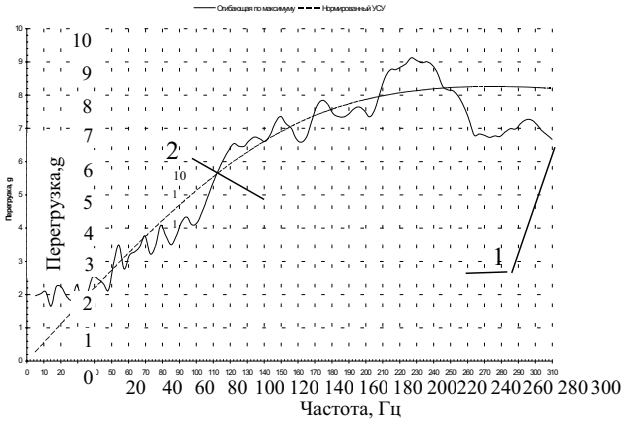


Рис. 2. Максимальный УСУ-1 по направлению Y и УСУ-2 его аппроксимирующий

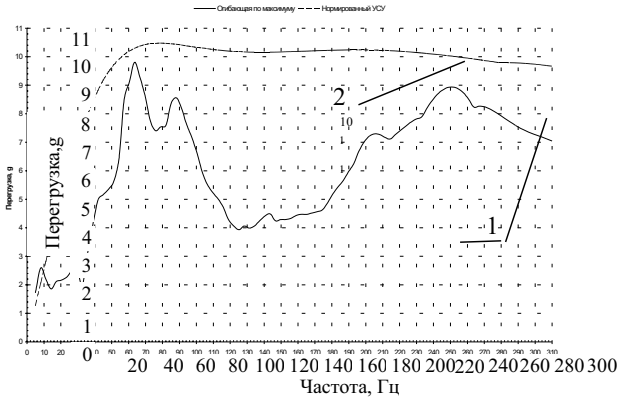


Рис. 3. Максимальный УСУ-1 по направлению X и УСУ-2 его аппроксимирующий

Формирование испытательного воздействия, имеющего требуемый УСУ и включающий в себя частоты, несущие основную энергию ударного воздействия, позволит более качественно проводить данный вид испытаний.

Библиографический список

1. Орлов, В. С. Об одном статистическом алгоритме анализа нестационарных процессов / В. С. Орлов, В. Х. Ханов // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2005. Вып. 6. С. 80–82.

2. Пат. 2293958 Российской Федерации, МПК[7] G01M7/00 Способ испытаний специальных грузов на случай авиационного транспортирования / В. С. Орлов, С. А. Орлов //; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение прикладной механики им. М. Ф. Решетнева». № 2005114552/28(016693) ; заявл. 12.09.2006 ; опубл. 20.02.2007. Бюл. № 5. 8 с. : ил.

3. Гудков, А. И. Внешние нагрузки и прочность летательных аппаратов / А. И. Гудков, П. С. Лешаков. М. : Машиностроение 1968. 471 с.

4. Яценко, Н. Н. Колебания, прочность и форсированные испытания грузовых автомобилей / Н. Н. Яценко. М. : Машиностроение, 1972. 372 с.

5. Орлов, А. С. Анализ ударного нагружения космических аппаратов при высокоинтенсивных импульсных воздействиях / А. С. Орлов // Научный вестник НГТУ. Новосибирск, 2004. Вып. 3(18). С. 115–129.

6. Волков, Е. А. Численные методы / Е. А. Волков. М. : Наука, 1987. 248 с.

7. Дояр, О. П. Алгоритм расчета ударного спектра / О. П. Дояр // Динамика систем. Численные методы исследования динамических систем : сб. Нистру ; Кишинев, 1982. С. 126–128.

V. S. Orlov

AN ALGORITHM FOR GENERATION OF THE SPACECRAFT ENVIRONMENT LEVELS BASED ON THE FLIGHT DATA TO PERFORM THE ACCELERATED MECHANICAL TESTS

Augmentation of shock levels tests regimes that is obtained as the full-scale measurement results based on the flight data occurring during spacecraft transportation by Il-76 is presented. Augmentation is carried out relatively acceleration shock levels maximum values, registered during full-scale transportation.

УДК 629.783.08.018:525:527

В. Е. Патраев, Ю. В. Максимов, В. В. Ильиных

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НАВИГАЦИИ И СВЯЗИ

Предложен метод оценки эффективности оптимизации отработочных и производственных испытаний космических аппаратов навигации и связи, необходимых для обеспечения их работоспособности, надежности и длительного ресурса при снижении затрат на средства и времени на экспериментальную отработку и контроль штатных изделий.

В условиях повышения требований к показателям качества перспективных космических аппаратов (КА) навигации и связи со сроками активного существования 10 лет и более, а также ужесточения требований к срокам и стоимости создания КА оптимальное планирование наземной экспериментальной отработки (НЭО) является важным фактором обеспечения качества отработки. Длительное время в НПО ПМ реализуются перспективные подходы к оптимизации объемов отработки КА с использованием таких направлений оптимизации, как [1; 2]:

– сокращение номенклатуры изготавливаемой материальной части для отработки КА и составных частей за счет комплексирования различных видов испытаний на одной материальной части;

– снижение стоимости разработки за счет замены физических отработочных моделей КА программными моделями и использования оборудования и программного обеспечения, разработанных по различным проектам (межпроектная унификация);

– снижение стоимости и сокращение сроков разработки за счет сокращения этапов автономной отработки оборудования (например, этапа лабораторных отработочных испытаний оборудования, специальных и ресурсных испытаний оборудования, если это подтверждено расчетами);

– совмещение части отработочных испытаний с контрольными испытаниями штатных образцов.

В связи с этим актуальна задача разработки методов количественной оценки эффективности различных вариантов оптимизации (комплексирования) испытаний КА на различных уровнях отработки и при различных видах испытаний в целях сравнения е с базовым или допустимым уровнем эффективности.

Известно, что при оптимизации процесса создания КА, включая оптимизацию объемов НЭО за счет комплексирования, рассматриваются три критерия: показатели качества, обеспечиваемые при отработке, стоимость отработки, сроки отработки.

Варианты оптимизации объемов НЭО по критериям «требуемые показатели качества-стоимость отработки–

сроки отработки» могут быть представлены выражениями, приведенными в таблице.

Выбор критерия эффективности НЭО для КА может производиться для различных вариантов оптимизации объемов НЭО в зависимости от назначения КА. Если имеет место ограничение по стоимости *i*-го этапа испытаний и НЭО в целом, приемлемым представляется вариант оптимизация–минимизация срока НЭО КА при заданных стоимости НЭО и качестве КА. Формула задачи оптимизации программы испытаний КА при этом имеет вид

$$T_{\text{нэо}} = \min_{(v)} T\ ,\ W_i \geq W_{\text{треб}}\ ,\ C_{\text{план}_i} \leq \Delta C_{\text{факт}_i}\ .$$

Показатель качества КА – количественная характеристика одного или нескольких свойств КА, например таких, как показатели надежности (безотказность, долговечность, сохраняемость), энерговооруженность, энергопотребление, относительная масса полезной нагрузки к начальной массе КА, рассматриваемая применительно к определенным условиям его создания и эксплуатации.

Общий показатель качества КА ($K_{\text{КА}}$) можно определить формулой вида

$$K_{\text{КА}} = \sum_{i=1}^{K} M_i A_i \sum_{j=1}^{n} m_{ij} a_{ij}\ , \qquad (1)$$

где $M_i m_{ij}$ – коэффициенты весомости *i*-ой бортовой системы и *i*-го вида оборудования, комплектующего *i*-ую бортовую систему характеризующих в количественном отношении степень влияния показателей качества *i*-ой бортовой системы (A_i) и *i*-го вида оборудования (a_{ij}), входящего в состав *i*-ой бортовой системы на качество КА и бортовой системы соответственно; K – количество бортовых систем КА; n – количество видов оборудования, комплектующего *K*-ую бортовую систему.

Критерий эффективности испытаний. Космический аппарат навигации или связи является сложной технической системой, поэтому для оценки качества экспериментальной отработки КА может быть использована такая общая характеристика сложной системы, как эффективность Q, т. е. степень соответствия КА своему назначению.

Обобщенные схемы НЭО КА по этапам разработки и квалификации (рис. 1) с учетом составляющих процесса НЭО (рис. 2), позволяют рассматривать НЭО КА как процесс с обратными связями на каждом уровне отработки, направленными на обеспечение текущей эффективности (W_i) НЭО КА по результатам видов испытаний на всех уровнях отработки.

В качестве технического критерия эффективности испытаний можно принять выражение

$$Q_{\text{КА}_i} = 1 / \frac{W_{\text{треб}}}{C_{\text{план}_i}} - \frac{W_i}{C_{\text{факт}_i}}\ , \qquad (2)$$

где $Q_{\text{КА}_i}$ – выходной эффект по результатам *i*-го этапа (вида) испытаний; $W_{\text{треб}}$ – требуемая эффективность КА; W_i – текущая эффективность *i*-го этапа (вида) испытаний; $C_{\text{план}_i}$ – планируемая стоимость *i*-го этапа (вида) испытаний; $C_{\text{факт}_i}$ – фактические затраты на достижение выходного эффекта по результатам *i*-го этапа испытаний.

Текущую эффективность W_i НЭО КА на *i*-ом этапе испытаний для единичного показателя качества можно определить по формуле

$$W_i = \frac{A^{\text{факт}}}{A_i^{\text{доп}}}\ , \qquad (3)$$

где $A^{\text{факт}}$ – фактическое значение показателя качества КА на *i*-ом этапе испытаний; $A_i^{\text{доп}}$ – допустимое значение показателя качества КА на *i*-ом этапе испытаний.

Все виды ресурсных затрат на отработку КА в общем виде можно представить системой выражений

$$\begin{cases} C = \sum_{i=1}^{N} (C_{\text{план}_i} + \Delta C_{\text{факт}_i}),\ \Delta C_{\text{факт}_i} = \Delta C_{\text{факт}_i}(n_i); \\ T = \sum_{i=1}^{N} t_i(n_i); \\ W_i = W_i[n_i, W_{i-1}, A_i]; \\ A_i = A_i(C_{\text{план}_i}), \end{cases} \qquad (4)$$

где C, T – суммарная стоимость и длительность реализации комплексной программы экспериментальной отработки КА; N – число этапов отработки КА; t_i – продолжительность испытаний на *i*-ом этапе отработки; n_i – количество видов испытаний на *i*-ом этапе отработки; W_i – эффективность на *i*-ом этапе отработки; A_i – параметры качества, определяющие структуру процессов испытаний на *i*-ом этапе и характеризующие изменение эффективности на *i*-ом этапе отработки; $C_{\text{план}_i}$, $\Delta C_{\text{факт}_i}$ – планируемые и текущие затраты на *i*-ом этапе отработки.

Оптимизационными параметрами в зависимости от постановки задачи могут являться также базовые $C_{\text{план}_i}$ и текущие $\Delta C_{\text{факт}_i}$ затраты, отдельные параметры моделей изменения эффективности A_i, а также сами значения эффективности W_i, определяющие возможность перехода на следующий уровень отработки или вид испытаний.

Для определения количественных оценок эффективности отработки с элементами комплексирования необходимо иметь зависимости, связывающие текущую эффективность W_i и выходной эффект по результатам каждого вида испытаний со временем и стоимостью испытаний. Как правило, они являются случайными величинами или функциями времени.

Каждый этап испытаний КА [3] направлен на выявление отказов и дефектов. Устранение причин отказов и дефектов приводит к повышению эффективности КА. Наиболее часто при планировании и управлении НЭО используется экспериментальная модель роста эффективности вида

$$W = a - (a - W_0)\exp(-\theta\, i)\ , \qquad (5)$$

где θ – интенсивность обнаружения дефектов.

Оценка эффективности оптимизации (комплексирования) испытаний при НЭО КА. Возможный алгоритм оценки эффективности оптимизации (комплексирования) испытаний на примере решения одной из частных задач оптимизации испытаний можно представить последовательностью и содержанием следующих пяти этапов.

1. Постановка задачи оптимизации испытаний – требуется оценить целесообразность оптимизации (комплексирования) НЭО КА на уровне отработки КА путем исключения отработочного изделия для ЭРТИ (08РТИ) и включения этапа ЭРТИ изделия 08РТИ в программу испытаний первого летного КА № 11.

2. Исходные данные, используемые при оценке эффективности оптимизации испытаний:

– нормативный объем отработки КА на уровне КА (ГОСТ В 22571);

– базовый объем испытаний отработочного изделия 08РТИ $V_{0_{08РТИ}}$;

– базовый объем испытаний КА № 11Л $V_{0_{11Л}}$;

– комплексированный объем испытаний $V_{11Л_{КОМ}} = V_{0_{11Л}} + V_{0_{08РТИ}}$;

– базовая стоимость отработки 08РТИ, включая стоимость матчасти $C_{0_{08РТИ}}$;

– базовая стоимость отработки КА № 11Л $C_{0_{11Л}}$;

– стоимость комплексированной отработки КА № 11Л КА $C_{11Л_{КОМ}}$;

– базовая продолжительность испытаний изделия 08РТИ $\tau_{0_{08РТИ}}$;

– базовая продолжительность испытаний изделия КА № 11Л $\tau_{0_{11Л}}$;

– продолжительность комплексированных испытаний КА № 11 $\tau_{11Л_{КОМ}}$;

– нормативные показатели качества $A^{доп}_{08РТИ}, A^{доп}_{11Л}$;

– методики оценки текущих показателей качества по результатам испытаний на различных уровнях НЭО.

3. Модели ресурсных затрат и оценки эффективности испытаний ($\tau_i, T, C_0, \Delta C_i, W_i(\tau_i), Q$).

4. Сравнительные оценки ресурсных затрат и показателей качества:

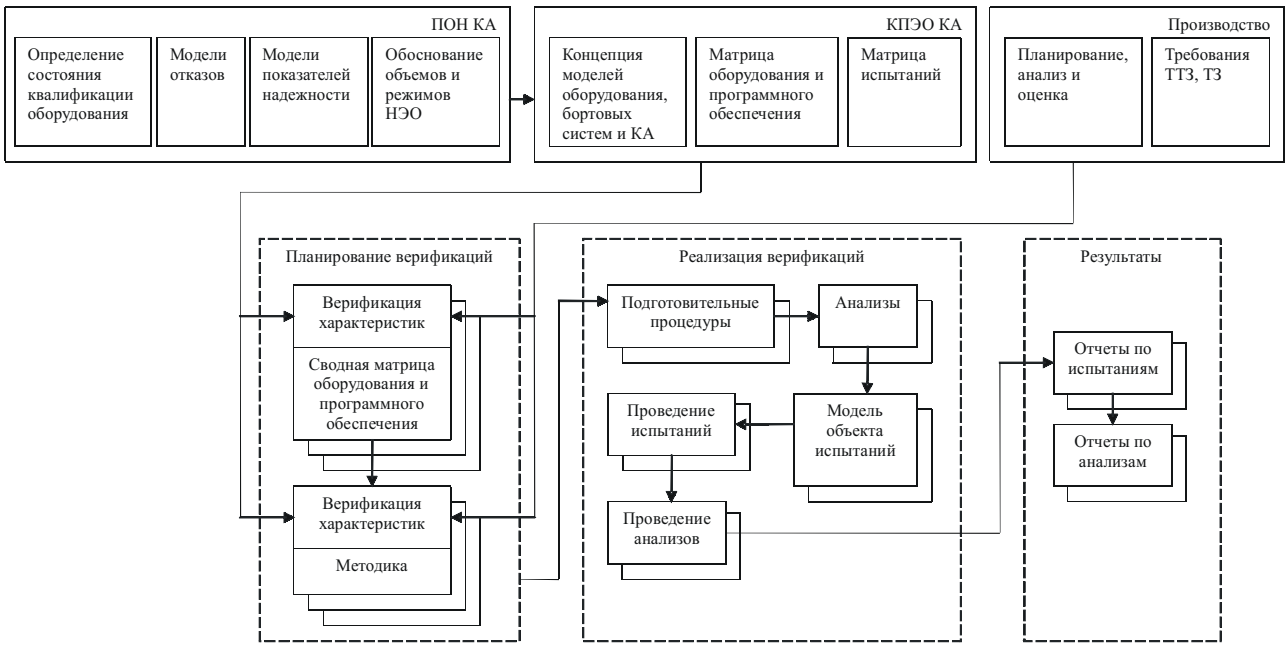


Рис 1. Обобщенная схема НЭО КА
по этапам разработки и квалификации НЭО

Варианты оптимизации объемов НЭО космических аппаратов

Вариант оптимизации объема НЭО	Функция оптимизации объема (V) НЭО	Критерий ограничения
Минимизация стоимости НЭО при заданных показателях качества	$C_\Sigma = \min\limits_{(V)} C_\Sigma$, где C_Σ – суммарная стоимость; $\min\limits_{(V)} C_\Sigma$ – минимальная стоимость НЭО при объеме НЭО (V)	$A \geq A^{доп}$, где A – показатель качества; $A^{доп}$ – минимально допустимое значение показателя качества
Максимизация качества КА при заданной стоимости НЭО	$A = \max\limits_{(V)} A$	$C_\Sigma \leq C_\Sigma^{доп}$, где $C_\Sigma^{доп}$ – суммарная допустимая стоимость НЭО
Минимизация затрат на НЭО КА при заданных показателях качества и сроках НЭО	$C_\Sigma = \min\limits_{(V)} C_\Sigma$	$T_{нэо} \leq T^{доп}_{нэо}$ $A = A^{доп}$
Максимизация качества КА при заданных стоимости и сроке НЭО	$A = \max\limits_{(V)} A$	$C_\Sigma \leq C_\Sigma^{доп}$ $T_{нэо} \leq T^{доп}_{нэо}$
Минимизация срока НЭО КА при заданных стоимости НЭО и качестве КА	$T_{нэо} = \min\limits_{(V)} T$	$C_\Sigma \leq C_\Sigma^{доп}$ $A = A^{доп}$

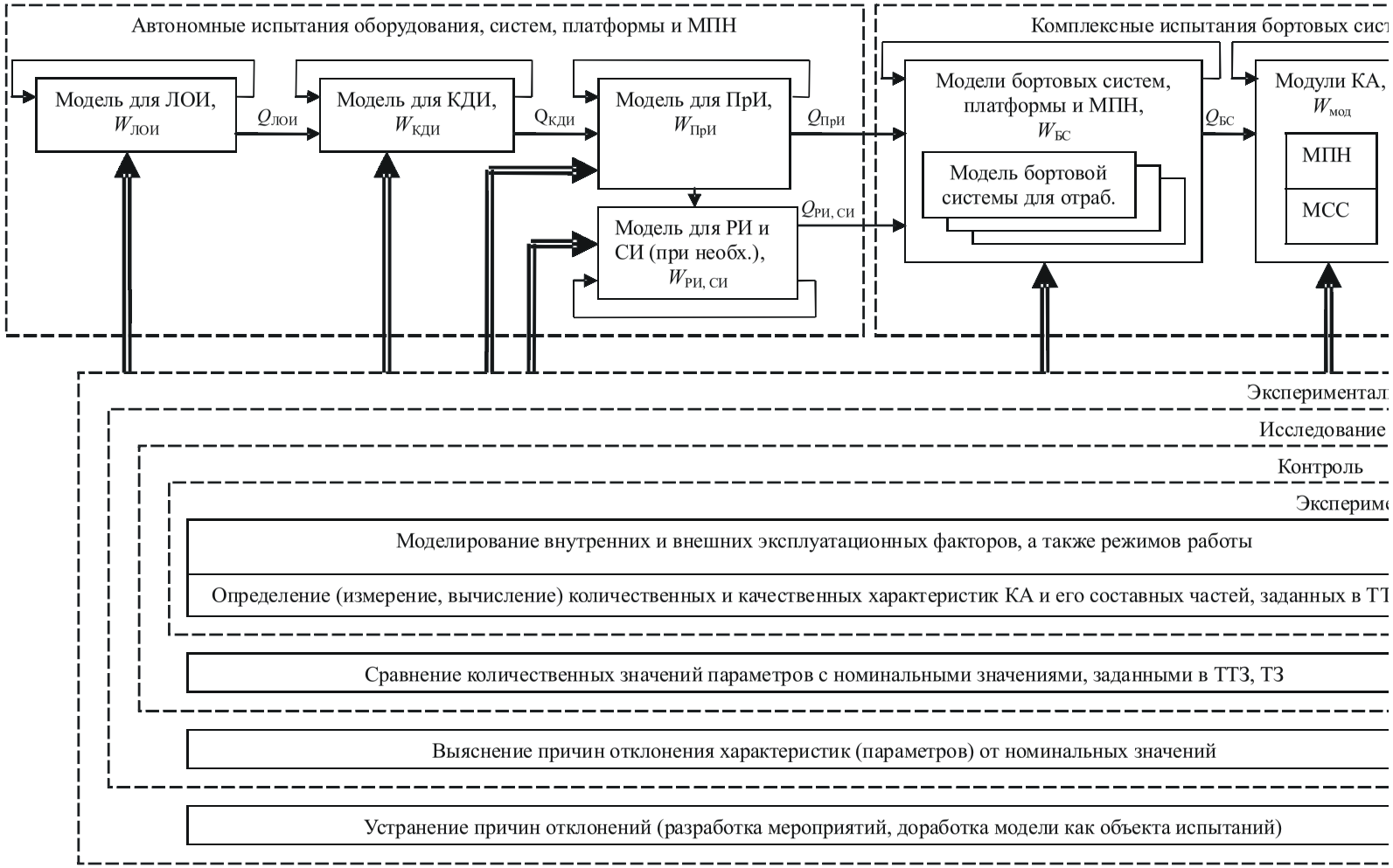


Рис. 2. Обобщенная схема НЭО КА с учетом составляющих процесса НЭО

– $\Delta V_{08РТИ_{11Л_{КОМ}}} \geq V_{0_{08РТИ}}$ (объем ЭРТИ в комплексированном объеме испытаний КА № 11 не меньше базового объема ЭРТИ отработочного изделия 08РТИ);

– $C_{11Л_{КОМ}} > C_{0_{11Л}}$ (стоимость комплексированных испытаний КА № 11 выше базовой стоимости испытаний КА № 11);

– $\Delta C_{08РТИ_{11Л}} << C_{0_{08РТИ}}$ (стоимость проведения перенесенных ЭРТИ изделия 08РТИ в составе комплексированных испытаний КА № 11 значительно меньше базовой стоимости испытаний изделия 08РТИ вследствие исключения стоимости матчасти изделия 08РТИ);

– $A^{факт}_{КА_{11Л}} \geq A^{доп}_{КА}, W_{КА_{11Л}} \geq W^{доп}_{КА}$ (фактические показатели качества КА № 11 по результатам испытаний и эффективность комплексированных испытаний КА № 11 соответствуют допустимым показателям);

– $\tau_{11Л_{КОМ}} > \tau_{0_{11Л}}$ (продолжительность комплексированного объема испытаний КА № 11 выше базовой продолжительности испытаний КА № 11);

– $\tau_{0_{08РТИ}} >> \tau_{08РТИ_{КОМ}}$ (базовая продолжительность испытаний отработочного изделия 08РТИ значительно выше продолжительности перенесенных ЭРТИ изделия 08РТИ в составе комплексированных испытаний КА № 11).

5. Заключение о целесообразности оптимизации (комплексирования) испытаний: стоимость и продолжительность комплексированных испытаний КА № 11 значительно меньше суммарных базовых затрат $C_{0_{08РТИ}} + C_{0_{11Л}}$ при наличии отработочного изделия 08 РТИ, при этом обеспечивается требуемая эффективность комплексированных испытаний КА № 11.

Итак, предложенный подход к оценке эффективности оптимизации отработки КА как задачи оценки и обеспечения текущей эффективности (W_i) НЭО КА по результатам видов испытаний на всех уровнях отработки позволяет продолжить разработку научно-методических основ оптимизации отработочных и производственных испытаний КА.

Библиографический список

1. Патраев, В. Е. Оптимизация объемов отработки космических аппаратов со сроком активного существования 10–15 лет / В. Е. Патраев, Ю. В. Максимов. М. : НИИЦПТ МИА, «Двойные технологии». 2004. № 3. С. 66–80.

2. Патраев, В. Е. Оптимизация наземной экспериментальной отработки перспективных космических аппаратов длительного функционирования с применением идеологии ускоренной отработки первого летного образца / В. Е. Патраев [и др.] // САКС 2004 : тез. докл. Междунар. науч.-практич. конф. ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2005. С. 89–100.

3. СТП 154-66-2007. Система менеджмента качества. Этапность наземной экспериментальной отработки изделий предприятия. Виды отработочных и контрольных испытаний. Общие требования.

V. E. Patrayev, Yu. V. Maximov, V. V. Ilinych

ASSESSMENT OF COMMUNICATIONS AND NAVIGATION SATELLITES EXPERIMENTAL TEST DEVELOPMENT OPTIMIZATION EFFICIENCY

It is proposed a method of efficiency assessment which can be implemented for communications and navigation satellites experimental test development and in-process test required to ensure their operability, reliability and long life time while decreasing cost and saving time for series satellites experimental test development and control.

УДК 629.7.017.1

В. В. Лукасов, Н. В. Никушкин

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПО ТЕОРЕМЕ ГИПОТЕЗ (МЕТОД БАЙЕСА) В ДИАГНОСТИКЕ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Решена задача применения теоремы гипотез, или метода Байеса, в технических приложениях диагностирования на примерах авиационной техники. Представлен алгоритм решения в среде программного обеспечения MathCad.

Изделия авиационной техники, будь то двигатель или летательный аппарат, представляют собой сложную совокупность систем, узлов и элементов, оказывающих взаимное влияние друг на друга. Это приводит к тому, что процесс функционирования изделия очень трудно формализовано описать, четко установив взаимовлияние их составных частей.

Кроме того, большинство параметров, характеризующих работу отдельных систем, узлов и элементов, имеют определенное поле допусков и подвержены влиянию большого числа факторов, учесть которые в полном объеме достаточно трудно. Все это приводит к тому, что решение задачи технического диагностирования изделия в целом значительно затруднено, а порой и не реально.

Отказы или неисправности устраняются на земле. Как показывает практика, большая часть времени тратится на поиск причины неисправности. Для решения этой проблемы надежность как наука предлагает применять

методы распознавания, которые подразделяются на вероятностные и детерминистические.

При *вероятностных методах* распознавания требуется построить решающее правило, с помощью которого по имеющейся совокупности признаков объект был бы отнесен к одному из возможных состояний.

При *детерминистических методах* распознавания задача формируется на геометрическом языке, и задача сводится к разделению пространства признаков на области состояний (диагнозов).

Среди вероятностных методов наиболее часто используется теорема гипотез, одним из выражений которой является формула Байеса.

Если имеется состояние S_i и простой признак k_j, встречающийся при этом диагнозе, то вероятность совместного появления событий (наличие у объекта состояния S_i и признака k_j) будет равна

$$P(S_I / k_j) = P(S_i)\, P(k_j / S_i) = P(k_j)\, P(S_i / k_j). \qquad (1)$$

Из этого равенства вытекает формула Байеса

$$P(S_i / \overline{k}_j) = P(S_i)\, \frac{P(k_j / S_i)}{P(k_j)}, \qquad (2)$$

где $P(S_i)$ – вероятность появления состояния S_i, определяемая по выражению с использованием статистических данных

$$P(S_i) = N_i / N; \qquad (3)$$

$P(k_j / S_i)$ – вероятность проявления признака k_j у объектов с состоянием S_i. Если среди N_i объектов, находящихся в состоянии S_i, у N_{ij} проявился признак k_j, то

$$P(k_j / S_i) = \frac{N_{ij}}{N_i}; \qquad (4)$$

вероятность отсутствия признака k_j у изделий с состоянием S_i равна

$$P\left(\overline{k_j} / S_i\right) = 1 - P\left(k_j / S_i\right); \qquad (5)$$

$P(k_j)$ – вероятность появления признака k_j во всех объектах независимо от состояния объекта.

В авиации существует специфика, в соответствии с которой самолет может выполнять полет только в исправном состоянии, хотя могут быть еще работоспособные, правильно функционирующие и неисправные состояния. Исходя из этого принимаем условие, что существует одно исправное состояние объекта и множество неисправных. В дальнейшем будем придерживаться этого положения.

В практической деятельности проявление одного признака специалисту позволяет безошибочно определить состояние, но когда признаков много и проявляется их различное сочетание, точно определить состояние объекта сложно даже специалисту.

Комбинации различных признаков многообразны.

Определить вероятность появления состояния с одной из комбинаций можно используя интерпретацию формулы Байеса (для комплекса признаков), которая имеет вид

$$P(S_i / K^*) = P(S_i)\, P(K^* / S_i) / P(K^*)\ (i = 1, 2, ..., n), \qquad (6)$$

где $P(S_i / K^*)$ – вероятность диагноза S_i после того, как стали известны результаты обследования по комплексу признаков K. $P(S_i)$ – предварительная вероятность диагноза S_i (по предшествующей статистике).

Перейдем к определению $P(K^*/S_i)$. Если комплекс признаков состоит из v признаков, то

$$P(K^*/S_i) = P(k_1^* / S_i)\, P(k_2^*\ k_1^* / S_i) ...\ P(k_v^*\ k_{v-1}^* ...\ k_1^* / S_i), \qquad (7)$$

где $k_j - k_{js}$ – разряд признака, выявившийся в ходе эксплуатации. Для диагностически независимых признаков она примет вид

$$P(K^*/S_i) = P(k_1^* / S_i) P(k_2^* / S_i)\ ...\ P(k_v^* / S_i). \qquad (8)$$

В практических задач, особенно при большом числе признаков, можно принимать условие независимости признаков даже при наличии существенной корреляции между ними.

Вероятность проявления комплекса признаков K^* определяется по выражению

$$P(K^*) = \sum_{S=1}^{n} P(S_C)\, P(K^* / S_C). \qquad (9)$$

Для комплекса признаков обобщенная формула Байеса может быть записана следующим образом:

$$P(S_i / K^*) = \frac{P(S_i) P(K^* / S_i)}{\sum_{s=1}^{n} P(S_C) P(K^* / S_C)}, \qquad (10)$$

где $P(K^*/S_i)$ определяется равенством (8) или (9). Из соотношения (10) вытекает

$$\sum_{i=1}^{n} P(S_i / K^*) = 1, \qquad (11)$$

т. е. одно из состояний обязательно реализуется, а реализация одновременно двух состояний невозможна.

Метод Байеса сложен для выполнения расчетов, так как имеет много переменных, учитывающих различные факторы. Поэтому его избегают, редко применяют в практической деятельности.

Применение программных средств помогает существенно упростить порядок расчета и сократить время на его выполнение.

Для выполнения расчетов создают диагностическую матрицу, представляющую собой карту (таблицу) признаков отказов и неисправностей, а также неисправных состояний k и S. Карты составляются на основании статистического анализа, данные для которой могут быть представлены лабораторией надежности и технической диагностики авиапредприятия.

Размер исследуемых значений определяется количеством вероятных (возможных) проявлений признаков отказов и неисправностей и неисправных состояний.

Методика расчета выполняется на основе метода Байеса (теоремы гипотез), представленного в виде обобщенного алгоритма-расчета вероятности безотказной работы (любой системы) в среде программного обеспечения MathCad.

Перечислим расчетные зависимости алгоритма «Методики определения неисправных состояний методом Байеса».

1. Запишем выражение вероятности (3) появления неисправного состояния.

2. Производим выборку из массива данных для расчета вероятности появления неисправных состояний по j-му признаку и определяем вероятность проявления признака в неисправных состояниях:

$$P_{kS_{i,j}} = \frac{kS_{i,j}}{N_{i,j}}. \quad (12)$$

3. Оцениваем вероятность непроявления признака в неисправных состояниях:

$$P_{0kS} = 1 - P_{kS}. \quad (13)$$

4. Определяем по обобщенной формуле Байеса вероятности появления неисправных состояний с проявлением признаков неисправных состояний

$$P_{Smkn_j} = \frac{P_{S_i} \cdot \Pi(P_k S_j)}{\sum_j (P_{S_{i,j}} \cdot \Pi(P_k S_j))}, \quad (14)$$

где – в числителе произведение вероятностей появления неисправных состояний – P_{Si} на вероятность произведений появления неисправных состояний по каждому проявляющемуся признаку – Π_{PkSi}; в знаменателе сумма произведений вероятностей появления неисправных состояний на вероятность произведений появления неисправных состояний по каждому проявляющемуся признаку.

Используя выражение (14), можно получить вероятности получения неисправных состояний по любому количеству проявляющихся признаков и их сочетаниям.

По рассмотренному алгоритму расчета реализована программа «Методика определения неисправных состояний методом Байеса» кафедрами ТЭЛАД и КЛАД института ГА СибГАУ в среде программного обеспечения MathCad.

V. V. Lukasov, N. V. Nikushkin

APPLICATION OF A TECHNIQUE OF SEARCH OF MALFUNCTIONS UNDER THE THEOREM OF HYPOTHESES (METHOD BAYES) IN DIAGNOSTICS OF AVIATION ENGINEERING

The problem of application of the theorem of hypotheses, or method Bayes, in technical appendices of diagnosing on examples of aviation engineering is solved. The algorithm of the decision in the environment of software MathCad is submitted.

УДК 629.7.017

А. Г. Зосимов

АНАЛИЗ СТАНДАРТНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЛУАТАНТАМИ

Выполнен анализ стандартных методов оценки надежности функциональных систем. Показана возможность их использования эксплуатантами авиационной техники.

Методика оценки надежности авиационной техники в прямых показателях, установленных Нормами летной годности самолетов (НЛГС) [1], в настоящее время эксплуатантам не предложена как со стороны федеральных авиационных властей, так и разработчиков авиационной техники. Известен отраслевой стандарт [2], в котором дан метод расчета надежности систем, используемый при проектировании самолетов, кроме того, разработчики авиационной техники применяют свои внутрифирменные методики.

В предлагаемой работе рассмотрена возможность использования этих методик для оценки надежности функциональных систем в условиях эксплуатанта.

Для анализа надежности в ОСТ предложено функцию отказности системы определить в виде суммы вероятностей несовместных состояний, обуславливающих возникновение рассматриваемого вида отказа формулой

$$Q\left(R/X; t_{i-1}, t_i\right) = \sum_{\{H_z\}^{R}/X} K_{z,i} Q_0\left(H_z; t_n\right), \quad (1)$$

где $Q\left(R/X; t_{i-1}, t_i\right)$ – вероятность возникновения вида отказа на i-ом участке полета (t_{i-1}, t_i) при условии, что выходные характеристики находятся в состоянии X; Q_0 (H_Z; t_n) – вероятность состояния системы H_Z за время полета t_n при условии, что перед полетом все элементы были исправны; Z – совокупность отказов α, β, γ, …, ρ, σ элементов, вызывавших при возникновении их в указанной последовательности переход системы в состояние H_Z; $K_{Z,i}$ – коэффициент влияния периодичности восстановления работоспособности элементов системы и продолжительности участков полета на вероятность состояния H_Z системы; $\{H_Z\}^{R}/X$ – совокупность состояний системы, различающихся индексом Z, которые приводят систему к R-ому виду отказа, если входные характеристики находятся в состоянии X.

Вероятность возникновения за время полета t_n состояния H_Z при условии, что перед полетом все элементы были исправлены, в ОСТ представлена выражением

$$Q_0\left(H_z; t_n\right) = F_z\left(\lambda_\alpha, \lambda_\beta^{(\alpha)}, ..., \lambda_\sigma^{(\alpha,\beta,...,\rho)}, t_n, r\right), \quad (2)$$

где $\lambda_{\sigma}^{(\alpha,\beta,\ldots,\rho)}$ – интенсивность σ-го отказа элементов при условии, что в системе произошли отказы α, β, …, ρ; r – количество отказов приводящих систему в состояние H_Z.

Вероятность $Q_0(S_Z, t_n)$ реализации события S_Z в результате отказа элементов предложено определять по выражению

$$Q_0\left(S_Z, t_n\right) = q_\alpha \cdot q_\beta \cdots q_\mu \cdots q_\rho \cdot q_\sigma . \qquad (3)$$

Для высоконадежных элементов предложено принять условие $q_\mu = \lambda_\mu \cdot t_n$, тогда

$$Q_0\left(S_Z, t_n\right) = \lambda_\alpha \cdot \lambda_\beta \cdot \lambda_\gamma \mathrm{L}\ \lambda_\rho \cdot \lambda_\sigma \cdot t_n^Z . \qquad (4)$$

Предложение принять в (3) $q_\mu = \lambda_\mu \cdot t_n$ означает использование для вероятностей отказов элементов распределения равномерной плотности вероятности. Из него следует, что плотность вероятности $f_\mu(t)$ равна

$$f_\mu\left(t\right) = \frac{dq_\mu}{dt} = \lambda_\mu . \qquad (5)$$

Если в качестве единицы времени принять 1 ч, то λ_μ – это вероятность отказа на 1 ч полета. Но тогда по выражению (4) рассчитывается вероятность реализации события S_Z как парабола степени Z от времени с плотностью вероятности

$$f\left(S_Z, t\right) = \lambda_\alpha \cdot \lambda_\beta \cdot \lambda_\gamma \mathrm{L}\ \lambda_\rho, \lambda_\sigma \cdot Z \cdot t_n^{Z-1} . \qquad (6)$$

То есть плотность вероятности и тождественная ей вероятность реализации события S_Z в течение 1 ч возрастает в степени $(Z-1)$ от времени. Это никак не согласуется с положением о независимости от времени вероятностей отказа на 1 ч всех элементов, определяющих реализацию события S_Z.

Следует также отметить, что у функциональных систем самолетов, отказы которых влияют на безопасность полета, показатель $\lambda_\mu = 10^{-5}\ldots10^{-6}$. Требования НЛГС устанавливают, что любой функциональный отказ, приводящий к возникновению катастрофической ситуации, должен оцениваться как событие не более частое, чем практически невероятное (менее 10^{-9}). В связи с этим включение в выражения (2), (3), (4), (6) более 2-х членов трудно признать оправданным.

Несмотря на наличие рассмотренного выше метода расчета надежности систем существуют и внутрифирменные методики анализа функциональных отказов систем. Рассмотрим методику, изложенную в работе [3].

Исходными материалами для анализа функциональных отказов (ФО) систем являются:

– материалы, определяющие облик самолета, т. е. его конфигурацию, совокупность основных параметров и характеристик;

– принципиальные и структурные схемы функциональных систем, описание их работы, техническое задание на разработку систем;

– перечень входящих в системы блоков, агрегатов, элементов и количественные характеристики их надежности;

– типовой профиль полета самолета с указанием этапов полета и их продолжительности;

– ожидаемые условия эксплуатации.

Для анализа ФО необходимо определить:

– перечень ФО по системам;

– причины возникновения ФО;

– вероятность возникновения ФО;

– последствия ФО для системы и самолета в целом;

– вывод необходимой информации экипажу о ФО;

– действия экипажа по парированию и устранению отказов в полете;

– классификацию ситуаций, возникающих в результате ФО в соответствии НЛГС;

– суммарные уровни безопасности по самолету в целом и соответствие их НЛГС.

Результаты анализа отказов каждой ФС представляются в форме, приведенной в таблице, где указывается тип самолета, код и название функциональной системы.

В полете возможны сочетания функциональных отказов. Приведем порядок их рассмотрения.

1. ФО (таблица) являются независимыми, т. е. не имеют общих причин. Общие причины ФО рассматриваются в анализе взаимодействия систем по электропитанию и гидропитанию.

2. Если ФО является практически невероятным (ПН), то с точки зрения оценки соответствия требованиям АП25.АО и АП25.1301 добавление к нему каких-либо событий (других ФО или внешних условий) для совместного анализа не обязательно.

3. Независимые ФО внутри одной или разных ФС рассматриваются совместно только в случае, если такое сочетание не является ПН и последствия отказов не могут рассматриваться независимо. Это относится и к ФО резервных и аварийных систем и сигнализации о ФО.

4. Если сочетание ФО является заведомо ПН, то оно может не включаться в таблицу АФО.

Информацией для вывода о ПН сочетания определенных независимых ФО может служить:

– значение вероятностей каждого из ФО (таблица);

– принятая оценка вероятности конкретных последствий ФО (пожар, аварийная посадка и т. п.) приведенная перед АФО соответствующей системы;

– оценка (худшего) значения вероятности ФО, которые сами по себе не создают особой ситуации и не требуют парирующих действий экипажа (например, невозможность выдачи сигнализации об отказе в ФС). Эта оценка может быть приведена перед АФО соответствующей системы для подтверждения ПН сочетания рассматриваемых ФО с другими ФО.

Рассмотренная методика не содержит несогласованностей и несоразмерностей, присущих ОСТ [2]. Вместе с этим объем анализа, выполняемого разработчиком на стадии создания самолета, велик, поскольку необходимо рассмотреть все случаи и сочетания отказов агрегатов системы и их последствия. Для эксплуатанта задача существенно упрощается, поскольку из статистических материалов известен круг отказывающих агрегатов системы, вероятности их реализации, последствия, индикация, наличие указаний экипажу в руководстве по летной эксплуатации и т. д. Все это открывает возможность разработки на основании методики, изложенной в [3], методики анализа влияния отказов агрегатов функциональных систем на вероятность реализации их функциональных отказов, на их опасность и соответствие требованиям НЛГС.

Библиографический список

1. АП-25Авиационные правила. Нормы летной годности самолетов. М. : МАК, 1994.

2. ОСТ 1 00132-84. Надежность изделий авиационной техники. Методы количественного анализа безотказности функциональных систем при проектировании самолетов и вертолетов.

3. Новожилов, Г. В. Безопасность полета самолета. Концепция и технология / Г. В. Новожилов, М. С. Неймарк, Л. Г. Цесарский. М. : Машиностроение, 2003. 143 с.

Форма анализа функциональных отказов

Тип самолета	Анализ функциональных отказов
03400 Пилотажно-навигационное оборудование	
1. Код функционального отказа	0180-ША 00
2. Функциональный отказ	Отсутствие индикации одного из параметров полета или параметров ветра на индикаторах На всех этапах
3. Этап полета	–
4. Режим управления самолетом	Автоматический и штурвальный
5. Режим управления системой	–
6. Информация, отображаемая экипажу: табло «СВС» – горит	Нет
7. Средства привлечения внимания	Отсутствуют
8. Другие признаки	Проявление соответствует функциональному отказу
9. Проявление ФО на уровне системы	–
10. Последствия для самолета: последствия для самолета отсутствуют	Использовать информацию о соответствующем параметре от других систем
11. Действия экипажа	–
12. Действия экипажа по продолжению полета: на продолжение и завершение полета не влияет	БС 5.99E-8 (A1.1 + A2.1)^2
13. Степень опасности ФО	–
14. Вероятность возникновения ФО	–
15 Логическое уравнение	–

Примечание. Графа 1 – код ФО, первые две цифры порядковый номер, вторые две – код этапа полета, далее – обозначение режима управления самолетом и последнее – обозначение режима управления системой; графа 2 – формулировка ФО, отражающая нарушение конкретной функции системы; графа 3 – этап полета, на котором рассматривается ФО; графа 4 – режим управления самолетом (атоматический, штурвальный или смешанный); графа 5 – режим управления системой (источник управляющего сигнала для выходных агрегатов системы); графа 6 – информация об отказе, отображаемая экипажу (световая, речевая, т. е. сигнальные табло, лампы, подписи на экранах, речевые сообщения); графа 7 – средства привлечения внимания экипажа к факту возникновения отказа (звуковая – гонг, звонок, сирена; световая – центральная система оповещения (ЦСО), тактильная сигнализация – вибрация штурвала и т. п.); графа 8 – косвенные признаки возникновения отказа (изменения в ощущениях пилотирования, различные показания одних и тех же параметров на разных приборах и т. д.); графа 9 – изменения в работе системы, возникшие в результате отказа; графа 10 – изменения в условиях полета самолета с точки зрения изменения плана полета самолета, условий работы экипажа и жизнеобеспечения пассажиров; графа 11 – действия экипажа по парированию последствий ФО; графа 12 – действия экипажа по продолжению и завершению полета в связи с ФО (изменение плана и профиля полета, изменение категории посадки, введение дополнительных ограничений на параметры систем и самолета и т. п.); графа 13 – классификация ситуации в соответствии с НЛГС; графа 14 – вероятность возникновения ФО по наиболее неблагоприятному случаю; графа 15 – логическая цепь событий отказов агрегатов системы, приводящая к рассматриваемому ФО.

A. G. Zosimov

THE ANALYSIS OF STANDARD RELIABILITY EVALUATION METHODS OF THE CIVIL AVIATION AIRPLANES FUNCTIONAL SYSTEMS AND THE POSSIBILITIES OF THEIR USAGE BY THE EXPLOITERS

The analysis of standard methods of functional systems reliability evaluation is done. The possibility of its usage by the aviation technique exploiters is shown.

УДК 629.78.018

Н. А. Тестоедов

ОСОБЕННОСТИ ИСПЫТАНИЙ АГРЕГАТОВ С НИЗКОЙ ЧАСТОТОЙ РЕЗОНАНСА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Рассматривается проблема квалификации агрегатов и узлов космических аппаратов на стойкость к механическим воздействиям. Для агрегатов, имеющих элементы с низкой собственной частотой, предлагается подход, дополняющий автономные испытания динамическим анализом с учетом способа их интеграции в конструкцию космического аппарата. Результат динамического анализа подтверждается испытанием агрегатов, в данном случае компенсатора объема в активной системе терморегулирования, в составе макета космического аппарата для динамических испытаний, а содержание программы автономных испытаний такого агрегата устанавливается на основании данного подхода.

Агрегаты исполнительной автоматики системы терморегулирования (СТР) космических аппаратов (КА) различаются по назначению, принципу действия и конструкции. Основное требование, предъявляемое к ним – обеспечение бесперебойного функционирования в условиях штатной эксплуатации в течение всего срока активного существования (САС) КА на орбите. Различие в принципе действия агрегатов и в способе его конструктивной реализации определяет выбор методики подтверждения соответствия требованиям по механическим воздействиям для каждого конкретного агрегата. В программу механических испытаний включаются нагрузки, имитирующие этап выведения КА, а именно удары, квазистатические синусоидальные и случайные вибрации. Требования по стойкости к механическим нагрузкам определяются для КА, заносятся в Нормы прочности и ложатся в основу программы экспериментальной отработки, приемки узлов и агрегатов в технологическом процессе изготовления.

Такие агрегаты исполнительной автоматики, как электронасосный агрегат (ЭНА), вентилятор, терморегулятор, конструктивно построены из элементов, обладающих высокой жесткостью, поэтому процедура проверок в процессе механических испытаний используется стандартная. Кроме того, в составе активной системы терморегулирования (СТР) КА имеется компенсатор объема (КО), предназначенный для поддержания в заданном диапазоне давления рабочей жидкости (РЖ) в магистрали СТР при изменениях объема РЖ вследствие колебаний температуры. Для обеспечения изменения объема содержащейся в КО жидкости в его конструкции имеется тонкостенный сварной сильфон большого диаметра. В силу этой особенности конструкция КО имеет резонансы на низких частотах до 150 Гц, что приводит к высоким уровням механических воздействий и, как следствие, к потере герметичности при механических испытаниях. Ставится задача определения стойкости конструкции КО к механическим нагрузкам в натурных условиях. Аппаратура должна сохранять работоспособность во время (если при воздействии механических нагрузок аппаратура включена) и после воздействия следующих механических нагрузок (табл. 1, 2).

В условиях приведенных выше нагрузок критичным элементом КО является сильфон, так как требования по назначению предполагают низкую жесткость его конструкции. При возникновении резонанса в элементах конструкции с низкой жесткостью возможно разрушение этого элемента.

При автономных испытаниях КО в соответствии с требованиями табл. 1 и 2 был выявлен отказ (разгерметизация). Результаты измерений собственных частот КО показали наличие широкого спектра собственных частот в диапазоне до 150 Гц (рис. 1). На рисунке приведены зависимости виброускорения в направлении осей *X*, *Y* и *Z* КО (соответственно сверху вниз) от частоты. На графиках представлены значения основной гармоники сигнала виброускорения *Ag* и среднеквадратические значения сум-

Таблица 1

Механические нагрузки	Перпендикулярно плоскости		Параллельно плоскости	
	Частота, Гц	Уровень	Частота, Гц	Уровень
Синусоидальные воздействия	5 – 10 10 – 20 20 – 100	±10 мм от ±4 до ±20 g ±20 g	5 – 10 10 – 20 20 – 100	±10 мм от ±4 до ±15 g ±15 g
Случайная вибрация	20–50 50–1 000 1 000–2 000	+6 дб/октаву 0,4 g^2/Гц –6 дб/октаву	20–-50 50–1 000 1 000–2 000	+6 дб/октаву 0,1 g^2/Гц –6 дб/октаву
Среднеквадратичное значение, g	25,5		13	

Таблица 2

Направление действия	Ускорение, м/с (g)
Продольное (по оси *OX* КА)	±147,2 (±15)
Боковое (любое в плоскости *YOZ* КА)	±196,2 (±20)

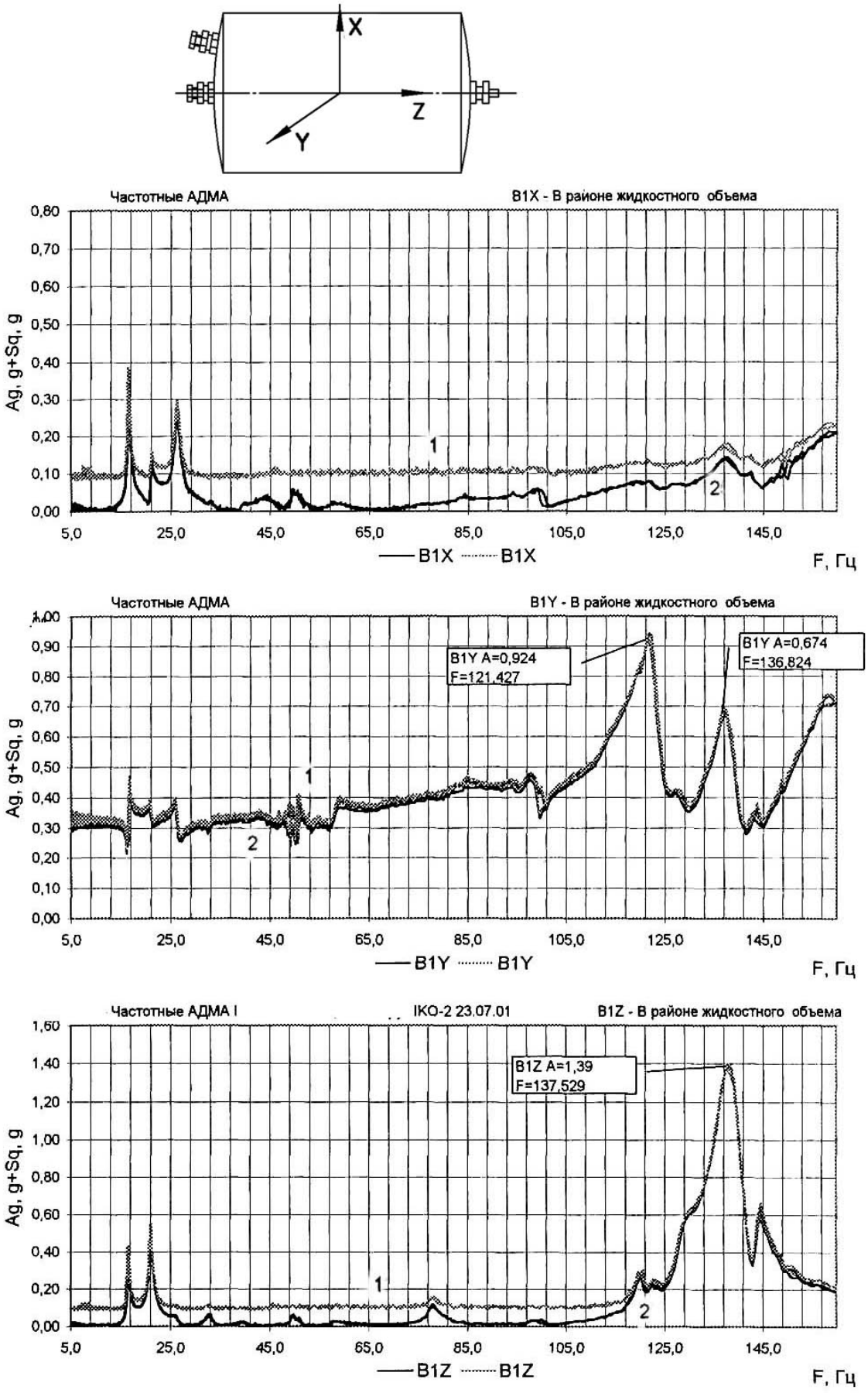


Рис. 1. Профили собственных частот колебаний компенсатора объема

марного сигнала виброускорения *Sq*. Несовпадение кривых *1* и *2* на рис. 1 (соответственно до и после испытаний) свидетельствует о разрушении конструкции.

Динамический анализ сильфона в составе КО и с учетом его подключения к гидросистеме КА, выполненный с применением программной среды CATIA и приложения Sim Designer, показал снижение виброускорения по сравнению с заданными для автономных испытаний значениями в 4 раза. Значения напряжений в материале сильфона получены ниже допустимых (рис. 2).

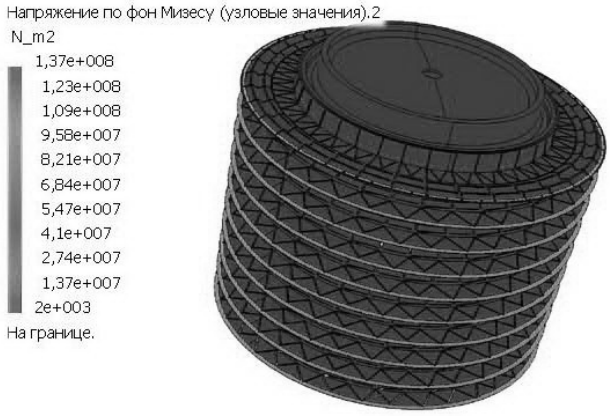


Рис. 2. Результаты динамического анализа сильфона в Sim Designer

При динамическом анализе КО было использовано то обстоятельство, что значения нагрузок, приведенные в табл. 1 и 2, должны действовать на конструкцию КА вблизи от испытываемого узла. При любом положении КО относительно источника механических воздействий он будет присоединен к трубопроводу СТР и к силовому каркасу КА (рис. 3).

Указанные особенности интеграции КО в конструкцию КА создают эффект виброизоляции, обусловленный наличием элемента жесткости и элемента вязкости (сопротивления) между источником механического воздействия и «защищаемым» объектом. Результаты динамического анализа КО дали основание считать, что он способен выдержать нагрузки в составе КА.

Завершающей фазой комплекса работ по оценке работоспособности конструкции КО в условиях штатной эксплуатации стали частотные испытания на макете в условиях, близких к натурным. Результаты частотных испытаний КО в составе макета для динамических испытаний подтвердили, что требование по отсутствию резонансов в диапазоне частот до 150 Гц выполняется. В ходе испытаний (в рамках программы SESAT) были в целом подтверждены результаты динамического анализа и выработаны требования к механическим нагрузкам для автономных испытаний КО.

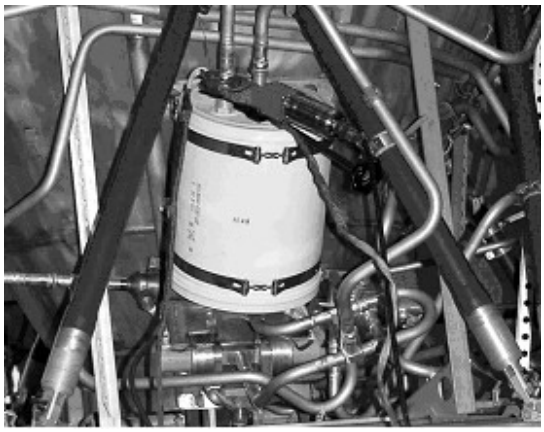


Рис. 3. Компенсатор объема в составе макета для динамических испытаний

В программу проверки КО на механические воздействия включены испытания лишь на вибрацию с уровнями, приведенными в табл. 3.

Квалификация узлов с элементами конструкции, имеющими низкую собственную частоту колебаний, для применения в составе КА, требует учета условий интеграции этих узлов в силовую схему КА. Дополнение автономных испытаний узлов и агрегатов их динамическим анализом с учетом способа включения в конструкцию КА и подтверждение результатов анализа испытанием в составе динамического макета позволяет исключить отбраковку работоспособных узлов и агрегатов, таким образом снижая себестоимости создания и отработки КА.

Таблица 3

Частота, Гц	5–10	10–20	20–40	40–80	80–160	160-320	320-640	640 – 1280	1 280–2 000
Ускорение, g	1	2	3	4,8	6,5	7,5	9	10,5	11,5

N. A. Testoedov

FEATURES OF TESTS FOR MECHANICAL LOADINGS OF UNITS WITH A LOW RESONANCE FREQUENCY

The problem of qualification of units and units of space vehicles on resistance mechanical influences is considered. For the units having elements with low own frequency, the approach supplementing independent tests by the dynamic analysis in view of a way of their integration into a design of a space vehicle is offered. The result of the dynamic analysis proves to be true test of units, in the considered case the equaliser of volume, in active system of temperature-controling, in structure of a breadboard model of space vehicle for dynamic tests, and the contents of the program of independent tests of such unit is established on the basis of the given approach.

УДК 629.78

М. Д. Евтифьев

КОМПЛЕКСНЫЙ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК (ЧАСТЬ 1)

На основе материала из открытых источников проведен комплексный технико-экономический анализ развития баллистических ракет подводных лодок России и США.

Для комплексного технико-экономического анализа баллистических ракет подводных лодок (БРПЛ) морского базирования выбираем современные БРПЛ на жидком и твердом топливах соответственно РСМ-54 (Россия) и «Трайдент-2» D-5 (США), которые являются в настоящее время воплощением самого передового опыта в создании БРПЛ, и каждая из них занимает по праву лидирующее положение среди всех принятых на вооружение БРПЛ. У БРПЛ РСМ-54 вообще нет аналогов в мире, а БРПЛ «Трайдент-2» D-5 превосходит аналогичные ракеты Франции и Китая по многим показателям. Новая российская твердотопливная БРПЛ «Булава-30» в настоящее время проходит летные испытания, поэтому говорить об ее характеристиках преждевременно.

Проведем подробный анализ тактико-технических характеристик.

Тактико-технические характеристики БРПЛ РСМ-54. В 1979 г. в Конструкторском бюро (КБ) В. П. Макеева были начаты работы по проектированию новой межконтинентальной баллистической ракеты подводных лодок РСМ-54 (Р-29РМ) комплекса Д-9РМ, способной поражать малоразмерные защищенные наземные цели. Разработка комплекса была ориентирована на достижение максимально возможных тактико-технических характеристик при ограниченном изменении проекта подводной лодки (ПЛ). Поставленные задачи были решены разработкой оригинальной трехступенчатой схемы ракеты с совмещенными баками последней маршевой и боевой ступеней, использованием двигателей с предельными характеристиками, улучшением технологии изготовления ракеты и характеристик применяемых материалов, увеличением габаритов и стартовой массы ракеты за счет объемов, приходящихся на пусковую установку при их совместной компоновке в ракетной шахте ПЛ.

Много систем новой ракеты было взято от предыдущей модификации РСМ-50 (Р-29Р), что позволило уменьшить стоимость ракеты и сократить сроки разработки. Отработка и летные испытания проводились по уже проверенной схеме в три этапа. На первом использовались макеты ракет, запускаемые с плавстенда. Затем начались совместные летные испытания ракет с наземного стенда. При этом было выполнено 16 пусков, из которых 10 прошли успешно. На заключительном этапе стрельбы БРПЛ РСМ-54 осуществлялись с ПЛ К-51 «Имени XXVI съезда КПСС» пр. 667БДРМ [1; 2].

В 1986 г. ракетный комплекс Д-9РМ с ракетой РСМ-54 был принят на вооружение. Ракетами РСМ-54 комплекса Д-9РМ вооружены ПЛАРБ пр. 667БДРМ типа «Дельта-4». Последняя лодка этого типа К-407 вступила в строй 20 февраля 1992 г.

Всего у ВМФ на вооружении семь ракетоносцев проекта 667БДРМ. В настоящее время они находятся в боевом составе российского Северного флота. На каждом из них размещается по 16 пусковых установок РСМ-54 с четырьмя ядерными блоками на каждой из ракет. Эти корабли составляют костяк морской компоненты стратегических ядерных сил (СЯС). В отличие от предыдущих модификаций семейства ПЛ пр. 667, лодки проекта 667БДРМ могут производить пуск ракеты в любом направлении относительно курса движения корабля. Подводный пуск может осуществляться на глубинах до 55 м при скорости 6…7 узлов. Все ракеты могут быть запущены в одном залпе [1; 2; 3].

С 1996 г. производство ракет РСМ-54 было прекращено, однако в сентябре 1999 г. Правительство России приняло решение о возобновлении производства модернизированного варианта БРПЛ РСМ-54. Эта ракета вобрала в себя уникальную систему спутниковой навигации и вычислительный комплекс «Малахит-3», которые предназначались для БРПЛ РСМ-52 (вариант) комплекса Д-19УТТХ («Барк») [1; 2].

На западе комплекс получил обозначение SS-N-23 «Skiff» («Скиф») [2].

Ракета Р-29РМ (рис. 1) трехступенчатая с последовательным расположением ступеней, выполненных по «уплотненной» схеме. Первая ступень ракеты РСМ-54 состоит из топливного отсека, хвостового отсека и жидкостной ракетной двигательной установки (ЖРДУ), включающей в себя маршевый жидкостный ракетный двигатель (ЖРД) и четырехкамерный рулевой ЖРД. Оба двигателя имеют турбонасосную систему подачи топлива с дожиганием генераторного газа. Тяга ЖРД первой ступени составляет 100 тс.

Корпус первой ступени ракеты выполнен из алюминиевого сплава в виде единого цельносварного топливного отсека. Высокое качество сварки обеспечивается тем, что она производится электронным лучом в вакууме. Полости горючего и окислителя разделены сферическим двухслойным днищем. Нижнее днище бака горючего сделано коническим и обеспечивает передачу тяги маршевого и рулевого двигателей. Соединение этого днища и маршевого ЖРД осуществлено сваркой через специальное биметаллическое кольцо по периметру расширяющейся части реактивного сопла ближе к его срезу.

Таким образом, маршевый ЖРД первой ступени «утоплен» в полости горючего. Здесь же утоплен и турбонасосный агрегат рулевого двигателя. Забор горючего в ЖРДУ осуществляется с помощью заборника в виде кольцевого короба. Заборное устройство окислителя тарельчатого типа.

Через полость горючего по ее центру проходит расходный трубопровод окислителя, заключенный в тоннельную трубу. Все соединения внутрибаковой арматуры сварные.

Верхним днищем полости окислителя служит нижнее днище полости окислителя второй ступени, а между ступенями отсек отсутствует. Маршевый ЖРД второй ступени утоплен в полости окислителя первой. Цилиндрические обечайки топливного отсека, а также все днища имеют вафельную конструкцию, выполненную механическим фрезерованием исходной заготовки большой толщины. Днища приварены к цилиндрической обечайке с помощью шпангоутов. В цилиндрические обечайки вварены также достаточно мощные промежуточные шпангоуты, по периметру которых на ракете расположены пояса резиновых амортизаторов [2].

Наддув баков в полете осуществляется по традиционной для ракет, разработанных в Государственном ракетном центре «КБ машиностроения имени В. П. Макеева», схеме – полости горючего восстановительным газом, отбираемым после турбины турбонасосного агрегата (ТНА) рулевого двигателя, а наддув полости окислителя – «кислым» газом, отбираемым после турбины маршевого ЖРД.

В хвостовом отсеке находятся некоторые агрегаты ЖРДУ, а также расположены четыре рулевые камеры с приводами, которые обеспечивают управление полетом РН. Камеры размещены в шарнирных подвесах консольного типа.

Первая и вторая ступени соединены между собой с помощью сварки по периметру оболочки. Никаких специальных соединительных элементов нет.

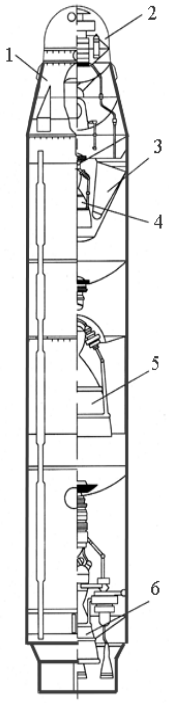


Рис. 1. Компоновка БРПЛ РСМ-54 (Р-29РМ):
1 – разделяющаяся головная часть; *2* – приборный отсек; *3* – боевые головки; *4* – маршевый двигатель третьей ступени; *5* – маршевый двигатель второй ступени; *6* – маршевый двигатель первой ступени

Разделение ступеней производится по «холодной» схеме, конструктивное выполнение которой отличается оригинальностью. Разрыв механической связи между первой и второй ступенями осуществляется после отключения ЖРДУ первой ступени с помощью удлиненного кумулятивного заряда (УКЗ), проложенного по периметру цилиндрической оболочки полости окислителя в районе нахождения среза сопла ЖРД второй ступени (для исключения соударения сопла двигателя с первой ступенью). После его подрыва разделение ступеней осуществляется под действием газов наддува полости окислителя первой ступени. Они же обеспечивают эффективное торможение первой ступени. При этом часть газов, заключенная в пространстве между ЖРД второй ступени и оболочкой цилиндрической обечайки полости окислителя первой ступени, истекая через узкий кольцевой зазор между срезом сопла двигателя и оболочкой, создает продольное ускорение, необходимое для запуска ЖРД второй ступени. Другая часть газов, находящаяся в нижней части полости окислителя первой ступени (за срезом сопла), обеспечивает эффективное торможение первой ступени.

Включение ЖРД второй ступени осуществляется практически одновременно с подрывом УКЗ. Выход его на режим полной тяги производится очень быстро, так как осевая перегрузка создается газами наддува в течение короткого промежутка времени. После разделения ступеней ЖРД второй ступени оказывается как бы в своеобразном хвостовом отсеке, представленном частью оболочки полости окислителя первой ступени. Этот «хвостовой отсек» сбрасывается путем подрыва УКЗ, проложенных по его периметру в районе сварки со второй ступенью, а также по образующим.

Вторая ступень включает в себя короткий переходный и цельносварной топливный отсеки и маршевый ЖРД. Элементы конструкции второй ступени изготовлены, как и на первой ступени, из алюминиевого сплава (АМг-6). Топливный отсек изготовлен из оболочек вафельной конструкции, выполненных механическим фрезерованием. В отличие от топливного отсека первой ступени в этом отсеке полость окислителя расположена под полостью горючего.

Нижнее днище, разделяющее полости окислителя первой и второй ступеней, состоит из сферы и усеченного конуса. Сфера направлена выпуклостью внутрь бака окислителя второй ступени и служит нишей для размещения ЖРД второй ступени. Коническая часть днища обеспечивает передачу тяги ЖРД второй ступени. Промежуточное двойное днище – сферическое. Верхнее днище полости горючего выполнено составным, из двух усеченных конусов и полусферы. В образованной им нише располагается ЖРД третьей ступени. В отличие от двигателей первой и второй ступеней он не «утоплен» и размещен в «сухом» отсеке.

Короткий переходный отсек служит для соединения второй и третьей ступеней. Он представляет собой цилиндрическую оболочку вафельной конструкции из алюминиевого сплава. Этот отсек герметичен и надувается. В средней части переходного отсека по его периметру проложен УКЗ для разделения ступеней. Оно осуществляется по «холодной» схеме [2].

ЖРД второй ступени разработан в Конструкторском бюро химического машиностроения (КБХМ). Это однокамерный двигатель с турбонасосной системой подачи топлива. Он выполнен по экономичной замкнутой схеме с дожиганием окислительного генераторного газа. Камера двигателя закреплена в карданном подвесе. Постоянный режим работы ЖРД поддерживается регулятором расхода горючего в газогенератор. Соотношение расходов компонентов топлива в камере регулируется дросселем [4].

Двигательные установки третьей ступени и головной части объединены в единую сборку с общей баковой системой.

Головная часть – четырех- и десятиблочная с индивидуальным наведением блоков. Возможно оснащение ракет осколочно-фугасной БЧ с массой ВВ около 2 000 кг, предназначенных для сверхточного поражения целей в неядерном конфликте [2].

Система управления помимо аппаратуры астрокоррекции имеет аппаратуру коррекции траектории полета по навигационным спутникам и обеспечивает КВО (при стрельбе на максимальную дальность) около 250 м [2].

БРПЛ РСМ-54 - самая лучшая баллистическая ракета в мире по энергомассовому совершенству. Под этим термином понимается показатель отношения массы боевой нагрузки баллистической ракеты к ее стартовой массе, приведенный к одной дальности полета. Если оценивать нашу ракету по этому показателю, то РСМ-54 имеет 46 единиц. Это лучше, чем у американских баллистических ракет морского базирования «Трайдент-1» и «Трайдент-2», имеющих энергомассовые показатели 33 и 37,5 единиц соответственно [2].

Тактико-технические характеристики РСМ-54 представлены в табл. 1.

Горючим для ЖРД всех ступеней ракеты РСМ-54 является несимметричный диметилгидразин (НДМГ), получающийся действием азотной кислоты на солянокислый диметиламин в присутствии водорода. Выход несимметричного диметилгидразина по этому способу составляет 69…73 % от теоретического [2].

НДМГ при нормальных условиях представляет собой очень гигроскопичную жидкость с запахом аммиака. Легко растворяется в воде, спирте, эфире.

Температура кипения горючего 336 К (63 °С), температура плавления 215,9 К (–57,1 °С). Плотность при 295 К (22 °С) равна 0,791 4 г/см^3. Критическая температура равна 522 К (249 °С), критическое давление 60 кгс/см^2 [5; 6; 7].

Несимметричный диметилгидразин весьма стойкое и стабильное вещество при нормальных условиях, не чувствительное к удару, трению, световым и звуковым импульсам. При нагревании способно к термическому разложению, которое начинается с температуры около 400 К (127 °С) и интенсивно развивается с ее повышением.

Коррозионная активность НДМГ невелика, с ним нормально работают стали, чистый алюминий и его сплавы без окислов, титан, никель, монель-металл, а вот сплавы меди применять не рекомендуется. В качестве прокладочного материала можно использовать фторопласты, полиэтилен, каучук, асбест с фторопластом (фторасбесты). Допустимы эластомеры и бутилкаучуки, хлоропрены, плексиглас.

Диметилгидразин очень гигроскопичен, и следует принимать меры, исключающие непосредственный контакт жидкости с воздухом. При контакте диметилгидразин медленно окисляется даже при комнатной температуре, более интенсивно при нагревании и повы-шенном давлении. При давлении выше двух атмосфер диметилгидразин с кислородом воздуха может дать взрыв, и поэтому для наддува баков с диметилгидразином необходимо использовать азот и другие инертные газы.

Токсичность НДМГ высока, и последствия отравления очень тяжелы: почти полная потеря работоспособности при слабом отравлении и расстройство деятельности нервной системы при более сильных отравлениях.

Токсичное действие диметилгидразина может передаваться через одежду, поэтому совершенно недопустимо нахождение в производственной одежде в столовых или в домашних условиях, это особенно опасно для детей.

Максимально допустимые концентрации диметилгидразина в воздухе рабочих помещений составляют $0{,}5 \cdot 10^{-6}$. При кратковременном контакте максимальные концентрации могут быть увеличены почти в 10 раз, но лучше этого не допускать. Защитные меры предосторожности при работе с НДМГ предусматривают использование специальной одежды, состоящей из прорезиненных брюк и куртки с головным капюшоном, очков, перчаток и резиновых сапог [5; 6; 7].

При работе в помещениях с более высокой концентрацией, чем допустимо по нормам, необходимо пользоваться автономным источником подачи воздуха для дыхания, так как защитные противогазы не обеспечивают длительного пребывания в загазованной среде. При попадании жидкого диметилгидразина на кожу необходимо срочно и тщательно промыть пораженные участки боль-

Таблица 1

Тактико-технические характеристики РСМ-54

Показатели	Значения
Стартовая масса, т	40,3
Забрасываемая масс, кг	2 800
Длина ракеты, м	15,3
Диаметр ракеты, м	1,9
Максимальная дальность стрельбы, км	10 000
Число ступеней	3
Количество боевых блоков × мощность, Кт	4×100, 10×40
Тип головной части	РГЧ
Система управления	астроинерциальная
КВО, м	250

шим количеством воды и затем слабым раствором уксусной или лимонной кислоты.

Поражение горючим возможно при вдыхании паров и в результате проникновения его через кожу.

Энергетические характеристики НДМГ существенно зависят от выбора окислителя. Так, с фтором удельный импульс достигает 3 340…3 385 м/с (340…345 с), с кислородом 2 950…3 040 м/с (300… 310 с), а с перекисью водорода и азотным тетраоксидом около 2 850…2 900 м/с (280…285 с) в области, близкой к стехиометрическим условиям или чуть ниже [5; 6; 7].

Как видно из приведенных данных, разница между удельными импульсами с кислородом и фтором составляет только 12…15 %, а эксплуатационные показатели фтора значительно хуже, чем кислорода, поэтому целесообразно использовать только кислород.

Разница между удельными импульсами НДМГ с криогенным кислородом и нормальными жидкостями – перекисью водорода и азотным тетраоксидом (четырехокись азота (АТ)) – еще меньше, около 5…7 %. Учитывая, что НДМГ и АТ дают долгохранимую самовоспламеняющуюся пару топлива, поэтому и было целесообразно их применение для современных ЖРД.

Вторым компонентом топлива (окислителем) БРПЛ РСМ-54 является АТ. Четырехокись азота при обычной температуре представляет собой токсичную светло-оранжевую жидкость с запахом азотной кислоты, окраска которой с повышением температуры переходит в бурую.

Четырехокись азота кипит при 295 К (22 °С), легко диссоциирует, начиная с 285…288 К (12…15 °С) и обладает очень высокой летучестью.

Критическая температура 431 К (158 °С), критическое давление 99 кг/см^2. При охлаждении четырехокиси азота до температуры ниже 233 К (–40 °С) в атмосфере над ее твердой поверхностью также имеется значительное количество газообразной окиси [5; 6; 7].

Упругость паров четырехокиси азота равномерно повышается в интервале от 233 К (–40 °С) до 295 К (22 °С), т. е. до температуры ее кипения, при дальнейшем же повышении температуры упругость паров резко нарастает. Так, например, при возрастании температуры от 284,3 К (11,3 °С) до 373 К (100 °С) давление увеличивается в 19,4 раза, а при повышении от 284,3 К (11,3 °С) до 423 К (150 °С) – в 80,7 раза. Объясняется это диссоциацией молекулы АТ при повышении температуры по уравнению $N_2O_4 \leftrightarrow 2NO_2$.

При 337 К (64 °С) половина N_2O_4 диссоциирует на двуокись азота, а при 423 К (150 °С) диссоциация протекает полностью.

Бурая окраска паров АТ зависит от наличия в ее составе двуокиси азота; пары четырехокиси азота, свободные от примесей двуокиси, бесцветны, но пары технической четырехокиси всегда окрашены в оранжевый цвет и хорошо заметны.

АТ очень ядовит, поэтому вдыхание паров недопустимо даже в очень небольших концентрациях, все работы должны проводиться в противогазах, а лабораторные исследования - только под вытяжкой. Токсические свойства четырехокиси азота очень схожи с аналогичными свойствами азотной кислоты.

Жидкая кислота и особенно ее пары действуют на организм человека исключительно активно, и вызывает раздражение дыхательных путей, отек легких, головную боль. Вдыхание паров азотного тетраксида в течение непродолжительного времени может привести к отравлению со смертельным исходом. При попадании на кожу – сильные, долго не заживающие ожоги.

Ежедневное 8-часовое пребывание в атмосфере с концентрацией окислов азота не более 0,000 05 считается безопасным. Концентрация от 0,000 05 до 0,000 15 хотя и не причиняет особого беспокойства, может быть чрезвычайно опасной для организма человека. При такой концентрации очень быстро появляется тошнота, иногда рвота, общее недомогание, снижение всего тонуса организма и потеря работоспособности. Может понизиться кровяное давление, появляется сильная боль в грудной клетке, спазматический кашель, одышка, иногда астматическое дыхание. Все эти симптомы проявляются через несколько часов или несколько дней после начала действия окислов азота [5; 6; 7].

Персонал, работающий с окислами азота, должен чаще проходить медосмотр. При осмотре особое внимание следует обращать на кровеносную и дыхательную системы и на состояние зубов.

Людям, страдающим бронхитом, астмой, болезнями сердца, работать с окислами азота не следует.

Лица, работающие с окислами азота, должны пользоваться резиновыми перчатками, фартуками и защитными очками. Против паров окислов азота основным средством защиты является индивидуальная кислородная маска. Обычный респираторный противогаз не обеспечивает достаточно надежной защиты. В помещениях, где производятся работы, должны быть предусмотрены душ, в крайнем случае, простой водопроводный кран для промывания пораженного места. При попадании на кожу кислоту нужно срочно смыть водой, а затем 5…10-процентным раствором соды. Кожу следует промывать обильной струей воды не менее 15 мин, после чего необходимо обратиться в медпункт.

В случае проникновения окислов азота в организм, пострадавшему срочно необходимо сделать промывание желудка, дать выпить как можно больше воды, чтобы разбавить окислы азота, и затем вызвать искусственную рвоту. Лучше, если эта процедура будет проводиться под наблюдением врача, потому что рвота и промывание желудка могут вызвать разрывы стенок пищевода и желудка, сильно обожженных кислотой.

В случае попадания АТ в глаза необходимо быстро промыть их сильной струей воды, а затем 2-процентным раствором соды, после чего следует немедленно обратиться за медицинской помощью.

Четырехокись азота можно хранить и перевозить в стальных или алюминиевых баллонах, при нормальной температуре внутри баллонов давление сравнительно невысокое (примерно 2 кг/см^2 при 308 К (35 °С)), поэтому для хранения четырехокиси азота можно применять баллоны, рассчитанные на низкое давление. Влажная четырехокись азота разъедает сталь [5; 6; 7].

В настоящее время для перевозки и хранения четырехокиси азота чаще применяют цельносварные стальные

баллоны. Из-за узкого температурного диапазона (269…295 К) жидкофазного состояния применение АТ на ракетных установках в зависимости от условий эксплуатации может вызвать необходимость применения термостатирования. Так, в условиях космоса или на земле в условиях низких температур необходимо обеспечить подогрев АТ. При хранении заряженной установки в летных условиях при высокой температуре, наоборот, необходимо охлаждение емкостей с АТ, иначе начнется диссоциация. Взрывоопасность и пожароопасность АТ могут проявиться только при контакте с горючими веществами, главным образом углеводородного происхождения. В связи с этим отметим, что с четырехокисью азота допускается растворение некоторых органических соединений.

С углеводородами (нафтены, парафины, ароматики) и спиртами растворение идет со значительным тепловыделением, в некоторых случаях до самовоспламенения и даже до взрыва. АТ хорошо смешивается с азотной кислотой (АК) в любых концентрациях и дает с ней либо раствор N_2O_4 в HNO_3, либо раствор HNO_3 в N_2O_4. Практическое применение смесей АТ в АК целесообразно по ряду соображений. Такие смеси имеют значительно более широкий температурный диапазон жидкофазного состояния, чем чистые продукты. Смеси дают большую теплопроизводительность и большую удельную тягу, чем чистая АК, примерно на 15…18 %. Смеси N_2O_4 и HNO_3 менее коррозионноактивны, чем чистая АК.

Полезно запомнить, что чистый концентрированный АТ токсичнее АК примерно в 10 раз и во столько же раз менее коррозионноактивен, чем чистая концентрированная АК.

При работе с АТ и его смесями с азотной кислотой рекомендуется применять те же конструкционные и прокладочные материалы, что и для АК. В качестве смазочных материалов рекомендуется применять смесь порошкообразного графита и жидкого стекла. Применение углеводородных смазок приведет к взрыву [5; 6; 7].

Тактико-технические характеристики БРПЛ «Трайдент-2» D-5. В 1990 г. были завершены испытания новой БРПЛ «Трайдент-2» D-5, и она была принята на вооружение. Эта БРПЛ, как и предшествующая ей «Трайдент-1», входит в состав стратегического ракетного комплекса «Трайдент», носителем которого являются атомные ракетные ПЛ типов «Огайо» и «Лафайет». Твердотопливная БРПЛ «Трайдент-2» D-5 (рис. 2) имеет три ступени, соединенные переходными (соединительными) отсеками, а двигатель третьей ступени размещен в центральной части головного отсека. При этом основные массогабаритные характеристики ракеты «Трайдент-2» значительно превышают аналогичные параметры «Трайдент-1» [8; 9; 10].

Масса полезной нагрузки ракеты равна 2 750 кг. Коэффициент энергомассового совершенства (отношение массы полезной нагрузки к стартовой массе) составляет около 4 %.

Ракетные твердотопливные двигатели (РДТТ) всех трех ступеней имеют качающееся сопло облегченной конструкции, обеспечивающее управление по тангажу и рысканию. Корпус двигателей первой и второй ступеней «Трайдент-2» D-5 выполняются из нового композиционного материала на основе графитового волокна, двигатель третьей ступени – из стеклопластика. На всех двигателях сопла утопленные. Сопла и сопловые насадки изготовлены из новых материалов, обеспечивающих работу при повышенных давлениях в течение продолжительного времени и при использовании топлива большей активности. Сопла поворотные с турбогидравлической системой отклонения сопла при управлении полетом ракеты. В двигателях применяются высокоэнергетические топлива с добавкой октогена. Топливные заряды имеют по одному центральному каналу с профилированными щелями. Давление в камере двигателей первой и второй ступеней – более 10 МПа, в двигателе третьей ступени – около 8 МПа [11; 12]. Накапливающееся за время работы РДТТ первой и второй ступеней отклонение по крену компенсируется в процессе работы двигательной установки головной части (отсека) ракет. Углы поворота сопел РДТТ являются небольшими и не превышают 6…7°. Максимальный угол поворота сопла определен исходя из величины возможных случайных отклонений, вызванных подводным запуском и разворотом ракеты. Угол поворота сопла для коррекции траектории полета после завершения работы РДТТ и отделения ступеней ракеты обычно составляет 2…3°, а во время остального полета – 0,5°.

Увеличение массы топлива первой и второй ступеней, а также использование ракетного топлива с большим удельным импульсом и введение некоторых конструктивных изменений позволили увеличить дальность стрельбы БРПЛ «Трайдент-2» D-5 до 11 000 км.

Головная часть ракеты, разработанная фирмой «Дженерал электрик», включает приборный отсек, боевой отсек, двигательную установку и головной обтекатель с носовой аэродинамической иглой. В приборном отсеке размещены различные системы (управления и наведения, ввода данных на подрыв боеголовок, разведения бо-

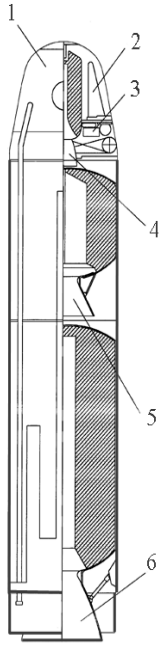


Рис. 2. Компоновка БРПЛ с РДТТ «Трайдент-2» D-5:
1 – разделяющаяся головная часть; *2* – боевые головки; *3* – приборный отсек; *4* – маршевый двигатель третьей ступени; 5 – маршевый двигатель второй ступени; *6* – маршевый двигатель первой ступени

еголовок), источники электропитания и другое оборудование. Система управления и наведения управляет полетом ракеты на этапах работы ее маршевых двигателей и разведения боеголовок. Она вырабатывает команды на включение, выключение, отделение РДТТ всех трех ступеней, включение ДУ ГЧ, проведение маневров коррекции траектории полета БРПЛ и нацеливание боеголовок [8].

Система разведения боеголовок обеспечивает выработку команд на маневрирование ГЧ при нацеливании боеголовок и их отделение. Она установлена в верхней (передней) части приборного отсека. Система ввода данных на подрыв боеголовок записывает необходимую информацию в ходе предстартовой подготовки и вырабатывает данные высоты подрыва каждой боеголовки.

В боевом отсеке «Трайдент-2» D-5 (благодаря значительно увеличенной тяговооруженности) находится восемь боеголовок марки W-88 мощностью 475 Кт каждая, или до 14 боеголовок марки W-76 мощностью до 100 Кт.

Двигательная установка ГЧ состоит из твердотопливных газогенераторов и управляющих сопел, с помощью которых регулируется скорость головной части, ее ориентация и стабилизация. В двигательной установке ГЧ ракеты «Трайдент-2» D-5 используется четыре твердотопливных газогенератора, разработанные фирмой «Atlantic research» [8].

Головной обтекатель предназначен для защиты ГЧ ракеты при ее движении в воде и плотных слоях атмосферы. Сброс обтекателя производится на участке работы двигателя второй ступени. Носовая аэродинамическая игла применена на ракетах «Трайдент» в целях снижения аэродинамического сопротивления и увеличения дальности стрельбы при существующих формах их головных обтекателей. Она утоплена в обтекателе и выдвигается телескопически под воздействием порохового аккумулятора давления. На ракете «Трайдент-2» D-5 игла имеет семь составных частей, выдвигается на высоте 600 м в течение 100 мс и уменьшает аэродинамическое сопротивление на 50 % [8].

При работе РДТТ третьей ступени ракеты «Трайдент-2» D-5 конструкция и бортовое оборудование испытывают конвекционный и радиационный нагрев. Конвекционный нагрев вызывается истекающей струей газов, имеющей температуру 2 200 К (1 927 °С) и плотность теплового потока Н” 320 ккал/м^{2}с. Радиационный нагрев вызывается частицами окиси алюминия, содержащимися в истекающей струе и имеющими температуру 2 220 К (1 927 °С) и плотность теплового потока составляет 175 ккал/м^{2}с [8].

Нагрев требует применения теплозащиты, причем не только для конструкции ступеней, но также для кронштейнов, электронного оборудования, кабелей, разъемов и прочее. Основной теплозащитой служат пробковые листы. Зазоры между листами, превышающие 1,5 мм, заполняются пробковыми прокладками, которым вручную придается требуемая форма. Зазоры менее 1,5 мм заполняются вручную специальным раствором (смола с пробковой крошкой) [8].

Специалисты фирмы Lockheed, головной по ракетам «Трайдент», разработали проект развертываемого в полете теплозащитного экрана в задней части ступени, что позволяет не прибегать к индивидуальной теплозащите отдельных элементов конструкции и оборудования ступени. Предлагаются два варианта развертываемого экрана: с надувным тороидальным элементом жесткости и с гибкими элементами жесткости.

Система хранения и пуска ракет предназначена для хранения и обслуживания, защиты от перегрузок и ударов, аварийного выброса и запуска ракет с ПЛАРБ, находящейся в подводном или надводном положении. На ПЛ типа «Огайо» такая система имеет наименование Мк35 мод. 0 (на кораблях с комплексом «Трайдент-1») и Мк35 мод. 1 (для комплекса «Трайдент-2»), а на переоборудованных ПЛАРБ типа «Лафайет» – Мк24.

В состав систем Мк35 мод. 1 входят 24 шахтные пусковые установки (ПУ), подсистема выброса БРПЛ, подсистема контроля и управления пуском и погрузочное оборудование ракет. ПУ состоит из шахты, крышки с гидравлическим приводом, уплотнения и блокировки крышки, пускового стакана, мембраны, двух штеккерных разъемов, оборудования подачи парогазовой смеси, четырех контрольно-наладочных люков, одиннадцати электрических, пневматических и оптических датчиков [8; 9; 10].

Тактико-технические характеристики БРПЛ «Трайдент-2» D-5 приведены в табл. 2.

Рассмотрим составные части твердого топлива БРПЛ «Трайдент-2» D-5. Перхлорат аммония (NH_4ClO_4) является основным окислителем твердых ракетных топлив. Он стабилен, негигроскопичен, достаточно эффективен и вполне безопасен в обращении. Его получают методом Шумахера, в основном из реакции перхлората натрия с аммиаком и соляной кислотой [5; 6; 7].

Перхлорат аммония – бесцветное соединение, кристаллизирующееся из воды в виде безводной соли.

При работе с перхлоратом аммония не возникает особых трудностей. Он может сильно раздражать кожу и сли-

Таблица 2

Тактико-технические характеристики БРПЛ «Трайдент-2» D-5

Показатели	Значения
Стартовая масса, т	57,5
Забрасываемая масс, кг	2 750
Длина ракеты, м	13,4
Диаметр ракеты, м	2,11
Максимальная дальность стрельбы, км	11 000
Число ступеней	3
Количество боевых блоков × мощность, Кт	8×475, 14×100
Тип головной части	РГЧ
Система управления	астроинерциальная
КВО, м	90–120

зистые оболочки, но относительно безвреден при кратковременном контакте. Перхлорат аммония не чувствителен к удару и детонирует только в 10 % случаев при испытаниях с нагрузкой около 1 100 кг/см^2. Добавление катализатора приводит к увеличению частоты детонации до 60 % при нагрузке 1 100 кг/см^2

С большими количествами перхлората аммония необходимо работать в огнестойкой одежде и защитных очках. Следует принимать меры, исключающие контакт с органическими и другими горючими веществами. Используемые приборы и инструменты не должны искрить. В обычных условиях может быть нет необходимости работать в респираторе, но ими следует пользоваться, если вещество рассыпают. Перхлорат аммония следует хранить в герметичных емкостях в холодном хорошо вентилируемом помещении. Поврежденные емкости с веществом или рассыпанное вещество нужно немедленно удалять и не использовать для дальнейшей работы [5; 6; 7].

Алюминий (Al) и окись алюминия (Al_2O_3). Оба вещества присутствуют в продуктах сгорания смесевых твердых ракетных топлив в виде высокодисперсных аэрозолей диаметром 2…10 мкм.

Алюминий широко применяется в твердых ракетных топливах, а также как легирующая добавка. Он встречается в виде минерала боксита – гидратированной окиси. Получают алюминий методом Холла, который состоит в растворении очищенной окиси алюминия в расплавленном креалите при 800…1 000° и последующем электролизе. Алюминий – твердый, прочный металл серебристо-белого цвета с высоким окислительным потенциалом, но устойчивый к окислению вследствие образования защитной окисной пленки.

Этот металл нереакционноспособен, но в порошкообразном виде образует с воздухом воспламеняющиеся и взрывчатые смеси, поэтому его необходимо изолировать от источников искры.

Алюминий применяется наиболее широко как присадка, способствующая увеличению плотности заряда и обеспечивающая значительное увеличение температуры сгорания. Добавка алюминия до 15 % может обеспечить увеличение плотности смесевых топлив более 2,0 г/см^3 и температуры сгорания до 3 000 К. Алюминий вводится в топливо в виде металлического порошка, что способствует его равномерному распределению по заряду. К сожалению, алюминий обладает низким газообразованием (чистый – около 220 л/кг) и дает в продуктах сгорания твердую фазу в виде Al_2O_3, что значительно снижает удельный импульс [5; 6; 7].

Токсичность алюминия и его оксида проявляется во влиянии на обмен веществ (минеральный обмен), на функцию нервной системы, фиброзообразование легочной ткани.

Высокая комплексообразующая способность алюминия обуславливает снижение активности лактатдегидрогеназы, щелочной фосфатазы, угольной ангидразы, церулоплазмина, каталазы, блокируются активные центры ферментов, участвующих в кроветворении.

К важнейшим клиническим проявлениям нейротаксического действия алюминия относят нарушения двигательной активности, судороги, снижение или потерю памяти, психотические реакции – «миоклоническую энцефалопатию». Концентрация алюминия в головном мозге, особенно в сером веществе, может достигать очень больших значений. Нейротоксическое действие алюминия проявляется только при нарушении проницаемости гематоэнцефалического барьера, чему способствует болезнь Дауна, старение, гиперсекреция паращитовидной железы, гипервитаминоз D, алкогольная энцефалопатия.

При вдыхании пыли алюминия и его оксида поражаются легкие. Вдыхание этих соединений длительное время (в концентрациях 10...20 мг/м^3) приводит к тяжелому заболеванию органов дыхания (алюминоз) [5, 6, 7].

Библиографический список

1. Величко, И. И. Создание ракетно-космических комплексов – новое направление развития ГРЦ / И. И. Величко [и др.] // Ракетно-космическая техника : тр. науч.-техн. конф. «VI Макеевские чтения». Сер. XIV. Расчет, экспериментальное исследование и проектирование баллистических ракет с подводным стартом. Миасс. : ФГУП Государственный ракетный центр «КБ им. акад. В. П. Макеева». 2000. Вып. 1 (44). С. 164–167.

2. Евтифьев, М. Д. Баллистическая ракета подводных лодок для современной России / М. Д. Евтифьев. Красноярск : ООО «ТехПол». 2004.

3. Дегтярь, В. Г. Подводный старт баллистических ракет морского базирования : моногр. / В. Г. Дегтярь, Е. Н. Мнев, В. Т. Чемодуров. Миасс. : Государственный ракетный центр КБ им. акад. В. П. Макеева. 2001.

4. Леонтьев, Н. И. Эволюция жидкостных ракетных двигателей для БРПЛ // Н. И. Леонтьев // Ракетно-космическая техника : тр. науч.-техн. конф. «VI Макеевские чтения». Сер.XIV. Расчет, экспериментальное исследование и проектирование баллистических ракет с подводным стартом. Миасс. : ФГУП Государственный ракетный центр «КБ им. акад. В. П. Макеева». 2000. Вып. 1 (44). С. 125–129.

5. Сарнер, С. Химия ракетных топлив : пер. с англ. / С. Сарнер ; под ред. В. А. Ильинского. М. : Мир. 1969.

6. Химмотология ракетных и реактивных топлив / А. А. Братков [и др.] ; под ред. А. А. Браткова. М. : Химия. 1987.

7. Штехер, М. С. Топлива и рабочие тела ракетных двигателей : учеб. пособие для авиационных вузов / М. С. Штехер. М. : Машиностроение. 1976.

8. Кожевников, В. Ракетный комплекс «Трайдент» / В. Кожевников // Зарубежное военное обозрение. 1989. № 4. С. 50–60.

9. Константинов, В. ВМС США – курс в XXI век / В. Константинов // Зарубежное военное обозрение. 2000. № 10. С. 39–45.

10. Колесников, С. ПЛАРБ ВМС США / С. Колесников // Зарубежное военное обозрение. 1997. № 10. С. 46–51.

11. Конструкция и отработка РДТТ / под ред. А. М. Виницкого. М. : Машиностроение. 1984.

12. Гапаненко, В. И. Особенности РДТТ для БРПЛ / В. И. Гапаненко, Г. А. Зыков, М. И. Соколовский / Ракетно-космическая техника : тр. науч.-техн. конф. «VI Макеевские чтения». Сер.XIV. Расчет, экспериментальное исследование и проектирование баллистических ракет с подводным стартом. Миасс. : ФГУП Государственный ракетный центр «КБ им. акад. В. П. Макеева». 2000. Вып. 1 (44). С. 139–147.

M. D. Evtifiev

THE COMPLEX TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF BALLISTIC MISSILES OF SUBMARINES (PART 1)

On a material from the open sources the author makes the complex technical and economic analysis of development of ballistic missiles of submarines of Russia and the USA.

УДК 629.7, 531.252; 537.311

Г. Д. Коваленко, Н. В. Никушкин, А. В. Кацура, Д. С. Урнышев

МЕТОД ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ УПРУГО-ДЕФОРМИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассматривается эффект красно-фиолетового расщепления излучений от вторичной эмиссии, возникающей вокруг контакта между упруго-деформируемым металлом и диэлектриком под воздействием единичного электроимпульса, возбуждающего в металле колебания на фононном уровне. Дается экспериментальное подтверждение предполагаемого механизма низкочастотной модуляции электрического поля фононами.

При разработке авиаконструкций используются три концепции проектирования: «безопасного срока службы» (safe-life), «безопасной повреждаемости» (fail-safe), «допустимого повреждения» («damage-tolerant»). Широкое распространение при конструировании летательного аппарата (ЛА) принципов «безопасной повреждаемости» и «допустимого повреждения» в настоящее время существенно повысило объем расчетно-экспериментальных исследований, связанных с живучестью конструкций, поскольку в основе указанных принципов лежит способность конструкций нормально функционировать при возникновении в ней частичных или полных разрушений элементов. Одним из важнейших требований, предъявляемых к конструкции летательных аппаратов, является требование прочностной надежности. Из различных видов отказов по критериям прочности наиболее сложными и трудно прогнозируемыми являются отказы вследствие постепенного накопления повреждений под действием циклических напряжений. Обеспечение эксплуатационной надежности авиационных конструкций по критериям сопротивления цикловой усталости базируется на изучении закономерностей циклической повреждаемости и обеспечивается сочетанием расчетных и экспериментальных методов.

Основой экспериментальной оценки напряженного состояния конструкции являются методы диагностики зон концентрации напряжений в деталях, влияющих на сопротивление усталости. Дефектоскопия материалов с целью выявления опасных аномалий прочностных свойств является генеральной проблемой в обеспечении надежности функционирования машин и агрегатов во многих отраслях машиностроения [1; 2]. Среди способов диагностики существует направление газоразрядной визуализации (ГРВ) рабочих поверхностей, где осуществляется выявление дефектов как на микроуровнях поверхности, так и на уровне физико-механического состояния материалов [3; 4]. Пока ГРВ достигнуто лишь качественное отображение исследуемых объектов, это существенно ограничивает распространение нового метода несмотря на впечатляющие изображения полей вблизи разнообразных тел живой и неживой природы.

При исследовании различных материалов – проводников, полупроводников и диэлектриков – нами обнаружены аномальные области в объектах исследования, дающие красную засветку, в то время как остальная площадь засвечивалась в сине-фиолетовом диапазоне. Дополнительными исследованиями удалось установить, что возникающим аномалиям соответствуют зоны повышенных напряжений. В физике твердых тел подобные явления расщепления наблюдаются в парамагнитном резонансе в виде эффекта Зеемана [5]. Распространение электромагнитной волны в металлах связывают с понятием циклотронного резонанса [6], при котором наблюдается изменение частоты, если вектор напряженности магнитного поля проходит вдоль изоэнергетической поверхности. В случае, «если период радиоволны окажется равным или кратным периоду обращения электрона, то электрон, влетая в скин-слой, будет ускоряться или замедляться» [6], однако указанные явления наблюдаются при сильном магнитном воздействии. Оценка уровня энергий при ГРВ показывает, что напряженность возникающих магнитных полей пренебрежительно мала. Поэтому красно-фиолетовое расщепление при электролюминесценции в поле упругих деформаций носит самостоятельный характер.

Целью работы явилось исследование основных закономерностей красно-фиолетового расщепления при газоразрядной визуализации упруго деформируемого объекта. Для проведения экспериментов использовалась установка ГРВ (рис.1).

Электрические параметры процесса ГРВ обусловлены работой генерирующего устройства Г, в состав которого входят автономный источник питания напряжением 4,5 V; промежуточный преобразователь напряжения

до 130 V; генератор импульсов, собранный по схеме блокинг-генератора, что позволило получить короткие высоковольтные однополярные импульсы [7]. Характеристики основных элементов и основные параметры установки и процесса ГРВ приведены в табл. 1. Высоковольтный импульс передавался к предметной пластине *4*, на поверхности которой укладывалась цветная фотопленка *3* средней чувствительности. Межкадровая протяжка пленки осуществлялась с помощью механизма, элементы которого выполнены из диэлектрика. Экспозиция, длительностью до 1 с, создавалась включением питания от генератора в полной темноте (посторонние подсветки исключались). Параметры экспозиции контролировались дистанционно с помощью частотомера Ч-113. Полученные негативы обрабатывались по стандартным технологиям с 4-кратным увеличение отпечатков (рис. 2). Обработка полученных фотоотпечатков заключалась в определении площади красной и фиолетовой засветки. Определение усилий нагрузки проводилось на основе тарировки по изменению геометрии объекта на фотоснимке с точностью до 1 Гс. Анализ и величина электрических величин производилась с использованием лабораторных осциллографов С-80.

Определены допустимые величины зазоров в контакте объект-фотослой по цветопередаче в получаемых изображениях – максимальное значение зазора ≤ 0,5 мм, при котором цветопередача не нарушается. Установлено, что длительность экспозиции влияет на плотность изображения без изменения цветопередачи. Обнаружено расширение газоразрядной засветки (≈ в 1,5 раза) на участках с повышенными напряжениями деформации. Во всех изображениях, независимо от сочетания красного и фиолетового цвета, по наружному обводу засветки всегда присутствует фиолетовое окаймление.

Предварительные заключения легли в основу создания схемы процесса, представленного на рис. 3. Светящийся ореол, возникающий вблизи объекта *2* состоит из турбулизированной в скин-слое пограничной зоны s и плазменного слоя ПС невозмущенной части электронной волны. Пограничная зона s возникает вследствие циклотронного резонанса между полями колебаний фононов и электронов активации. Фононная частота обусловлена физико-механическими и кристаллическими свойствами вещества [5], которые предопределяют скорость распространения возмущений, т. е. скорость звука в среде. Учитывая структурные особенности кристаллического строения, связь упругой деформации и фононовой частоты можно рассматривать как в случае генерации гармонических колебаний натянутой струны. Следовательно, увеличение напряжений упругой деформации

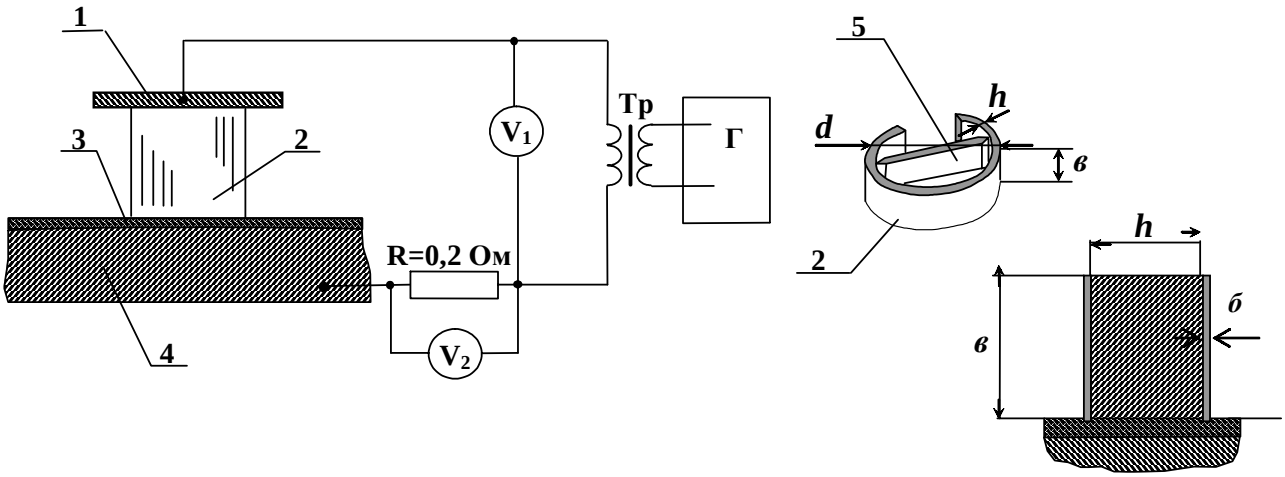
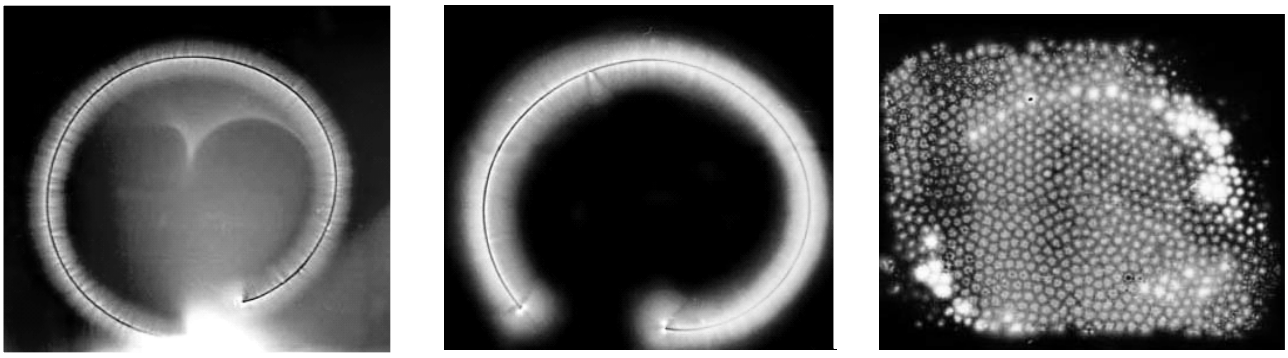


Рис. 1. Схема экспериментальной установки ГРВ упруго деформируемого элемента: *1* – «горячий» электрод; *2* – объект; *3* – фото пленка; *4* – «холодный» электрод; *5* – распорка; Тр – импульсный трансформатор; Г – генератор импульсов; V_1, V_2 – падение напряжения в газоразрядном слое при балластном сопротивлении *R*; *б* – толщина слоя; *d* – диаметр пластинчатого объекта



а *б* *в*

Рис. 2. Газоразрядная визуализация упруго деформируемого объекта (энергия активации $4,05 \cdot 10^{18}$ эВ): *а* – деформация отсутствует; *б* – объект разжат; в – отображение, полученное через пиксельный повторитель

будет повышать собственную частоту колебаний элементов кристалла. Поток электронов, проходя зоны возмущения, активирует эти колебания, теряя часть энергии, что скажется на уменьшении частоты резонансных участков спектра волнового пакета электромагнитной волны. Таким образом, прохождение электронами зоны деформации сопровождается снижением частоты их колебаний и потерей энергии на величину $E_Д$, что соответствует спаду II на графике изменения энергии активации $E_а$ (рис. 3).

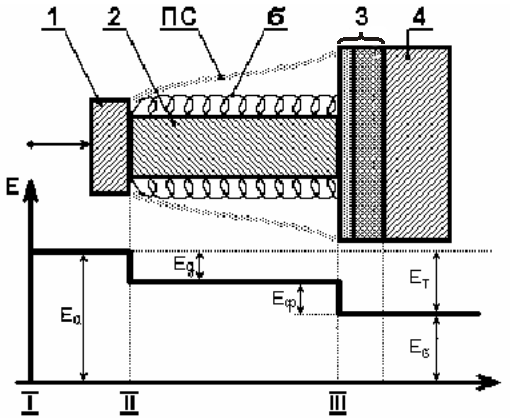


Рис. 3. Энергетические уровни при ГРВ упруго-деформируемого объекта: *1* – «горячий» электрод; *2* – объект; *3* – фотопленка; *4* – «холодный» электрод; I – активация; II – фононовый переход; III – торможение в диэлектрике (фотоновый переход)

Потеря энергии $E_Ф$ связана с «тормозным» воздействием [6] в зоне III. Здесь пропускная способность цепи зависит от диэлектрической проницаемости материала. Избыточная энергия затрачивается на вторичную эмиссию и сбрасывается в виде излучений фотонами. Очевидно, что частота излучения предопределится энергией в волновом пакете фронта электро-магнитного потока. В случае изотропности потока возникнет белое свечение. Дифракция приведет к расщеплению по спектру.

Распределение энергии по переходам можно выразить следующим энергетическим балансом:

$$E_а = E_у + E_Ф + E_Д, \qquad (1)$$

где: $E_а$, $E_у$, $E_Ф$, $E_Д$ – энергии активации, диэлектрической проницаемости, свечения и деформации.

Структурно распределение энергии по фронтальному сечению электронного потока отображается на его фотоотпечатках (рис. 2). Присутствуют зоны белого, красного и фиолетового свечения. Следует отметить, что промежуточные участки спектра не обнаруживались во всех случаях. Это обстоятельство указывает на возможность присутствия механизма расщепления электронного потока на переходе II (рис. 3).

Наиболее вероятным механизмом формирования цветового содержания вторичной эмиссии является циклотронный резонанс. В отсутствии упругих напряжений электронный поток с наименьшими энергетическими потерями движется в скин-слое, сохраняя избыток энергии на свечение в фиолетовой и ультрафиолетовой части спектра, засветка в этом случае показывает сужение потока (рис. 2, *а*). Зоны деформации приводят к появлению участков, отображаемых красным и белым свечением, но в наружной части потока неизменно присутствует фиолетовое. Это указывает на существование одновременно высокоэнергетичной и низкоэнергетичной волн электронов, смещенных по частоте на одну октаву. Причиной такого эффекта может явиться циклотронная волна, которая, наподобие газовых вихрей, замедляет приграничные и разгоняет внешние слои электронного потока на участке II–III (рис. 3). Присутствие циклотронного вихря в наибольшей степени объясняет смещение по фазе на величину 2π в пограничной и наружной зонах электронного потока. Интенсивность циркуляции вихря и его частотная характеристика зависит от взаимодействия двух сред – фононной и электронной. Теоретическое решение задач электрон-фононного взаимодействия связано с рядом трудностей в определении компонентов, вхо-

Таблица 1

Исходные характеристики ГРВ

Параметры	Номинальные значения
Описание объекта Форма – тонкостенное кольцо с разрезом (70СХ2А)	d = 20 мм; h = 0,25 мм; b = 7 мм; l = 50 мм
Модуль упругости материала, Н/м^2	$2,2 \cdot 10^{11}$
Сила нагружения F, Н	2,5
Энергия деформации: $Eg = \frac{M^2 \cdot l}{2E \cdot J}$, эВ; $M = \frac{F \cdot d}{2}$; $J = \frac{b \cdot h^3}{12}$	$1,775 \cdot 10^{16}$
Падение напряжения в единичном импульсе U_1, В	2 400
Ток импульса, А	45
Длительность импульса t, с	$6 \cdot 10^{-6}$
Длительность переднего фронта импульса, с	$0,5 \cdot 10^{-6}$
Энергия импульса $E_а = U \cdot I \cdot t$, эВ	$4,05 \cdot 10^{18}$
Число электронов в импульсе $n_e = \frac{I \cdot t}{g_e}$	$1,68 \cdot 10^{15}$
Частота де-Бройлевской волны $н_a = \frac{C \cdot \sqrt{U}}{12,25 \cdot 10^{-10}}$, Гц	$1,2 \cdot 10^{19}$
Частота следования импульсов, Гц	100

дящих в уравнение Шредингера [6]. Существуют более реализируемые подходы в решении подобных задач, когда используются периодические свойства взаимодействующих сред. Один из таких подходов связан с понятиями волны Блоха и квазиимпульсом [8]. В соответствии с этим подходом гамильтониан волновой функции равен уровням энергии рассматриваемых полей, которые представляются векторными компонентами квазиимпульса и волнового числа в виде

$$\bar{P} = hK;\ E = E(\bar{P}). \qquad (2)$$

Несмотря на упрощение подхода, его можно с достаточной адекватностью использовать для рассматриваемого случая. Исходя из принятого механизма циклотронного разделения электронного потока на октавные дуплеты, модифицируем выражения (2) применительно к нашему случаю. Для этого будем выражать величину интегральной энергии $E = P \cdot 2^n$, где P – элементарная работа импульса одного колебания, $n = \log_2$ н – октава частотного уровня [7]. По смыслу величин найдем переводное соотношение $P = \dfrac{\bar{P}cN}{2^n}$, где N – число квантовых переходов, c – скорость распространения возмущений в среде. Для одноэлектронной модели $P = \bar{P} \cdot$ л, где λ – длина волны. В пределах замкнутой системы за время t условие сохранения энергии с учетом вводимых понятий будет выглядеть как $E = \sum_1^n P_i$, где P_i – элементарная работа импульса i-ой октавы. Для составления уравнений необходимо знать частоту и интегральный уровень энергии выделенного сигнала. Параметры активирующего импульса приведены в табл. 1. Принимая фононовой механизм для упругой деформации, найдем частоту соответствующей волновому числу фононов для кристаллических тел: $q = \dfrac{2\text{рн}}{a} = 10^3\,\text{см}^{-1}$ [8], откуда $\text{н}_\partial = 7{,}9 \cdot 10^7\,\text{с}^{-1}$ (для стали $a = 5\,000$ м/с). Энергия торможения определится из потери скорости v электронов при прохождении диэлектрика $\dfrac{c}{v} = \sqrt{\text{у}_\text{д}}$ (для диэлектрика фотопленки $\text{у}_\text{д} = 4{,}1$). Кинетическая энергия, соответствующая $E_\text{у}$ составит $0{,}5\,E_\text{а}$. С учетом перечисленных условий уравнение работы импульса примет вид:

$$P_\text{Ф}\left(1 + 0{,}5\text{ч}\right) = 2^{n_L - n_\text{Ф} - 1}\left(P_\text{а} - P_\text{Д}\right), \qquad (3)$$

где $P_\text{Ф} = \dfrac{E_\text{Ф}}{2^{n_\text{Ф}}}t$; $P_\text{а} = \dfrac{E_\text{а}}{\left(2^{n_\text{а}}\right)}t$; $P_\text{Д} = \dfrac{E_\text{Д}}{\left(2^{n_\text{Д}}\right)}tt$; $t = 6 \cdot 10^{-6}$ с; $\text{ч} = \dfrac{P_\text{кр}}{P_\text{Ф}}$ – безразмерная величина доли полного периода единичного импульса.

Расчетные соотношения параметров ГРВ рассматриваемого объекта, представленные в табл. 2, показывают, что энергия активации избыточна для засветки фотослоя. В связи с этим компонента с зависимости (3) представляет собой отношение площадей зависимости, выявляемых по экспериментальным фотографиям. Экспериментальные значения параметров (рис. 2, *б*) составляют $\chi = 0{,}37$, а величины $P_\text{Ф} = 4{,}276 \cdot 10^8$ эВ·с, $P_\text{кр} = 1{,}58 \cdot 10^8$ эВ·с.

Из сопоставления расчетных и экспериментальных данных для $P_\text{Ф}$ и $P_\text{кр}$ видно, что энергия торможения по экспериментам значительно превышает энергию фотоновых переходов фиолетового и красного участков спектра. Возникающий избыток диссипирует через невидимые участки спектра и электрические утечки по поверхностям диэлектриков в окружающее пространство. Сохранение красного свечения при избыточной энергии сигнала может быть обусловлено только модуляцией исходного сигнала при фононном переходе в зоне деформации. Механизм модуляции объясним «прыжковой электропроводимостью» при электрон-фононном взаимодействии [8], вследствие чего возникают биения электромагнитного поля с периодичностями частот ниже де-Бройлевских для электронов. Максимальные амплитуды в биениях достигаются при сложении октавных гармоник [7]. Поэтому следует ожидать, что модулированный фононной частотой сигнал несет серию октавных максимумов. Фотовизуализация выявляет видимые участки спектра, в котором на октавном уровне возможен лишь фиолетово-красный дуплет.

Наличие модулированного в зоне деформации сигнала, содержащего указанный дуплет, подтверждается экспериментом с применением названного нами «пиксельного перехода». В качестве последнего использовался плотный пучок изолированных между собой медных жил диаметром ≤ 0,5 мм. «Пиксельный переход» располагался между объектом и фотослоем. Визуализация

Таблица 2

Расчетные соотношения параметров переходов при ГРВ упруго напряженного объекта

Параметры	Переходы			
	Активация	Деформация	Фиолетовая засветка	Красная засветка
Резонансная частота, Гц	$1{,}9 \cdot 10^{19}$	$7{,}9 \cdot 10^{10}$	$7{,}5 \cdot 10^{14}$	$3{,}75 \cdot 10^{14}$
Октавы $\log_2 \vartheta$	63,18	26,15	49,25	48,25
Число колебаний за $t = 6 \cdot 10^{-6}$ с	$7{,}5 \cdot 10^{13}$	474	$4{,}35 \cdot 10^9$	$2{,}17 \cdot 10^9$
Работа импульса, эВ·с	$P_\text{а} = 5{,}4 \cdot 10^4$ $P_\text{аД} = 8{,}54 \cdot 10^{15}$	$P_\text{Д} = 3{,}76 \cdot 10^{13}$	$P_\text{Ф} = 1{,}19 \cdot 10^6$	$P_\text{кр} = 1{,}19 \cdot 10^6$
Полная энергия, эВ	$4{,}05 \cdot 10^{18}$	$1{,}775 \cdot 10^{16}$	$5{,}2 \cdot 10^{15}$	$2{,}6 \cdot 10^{15}$
Энергия в одноэлементном сигнале при $n_e = 1{,}687 \cdot 10^{15}$, эВ	2 400	10,53	3,09	1,54

выполнялась при вышеперечисленных электрических параметрах.

На полученных фотографиях (рис. 2) представлены: деформируемый объект при непосредственной ГРВ (рис. 2, *а*, *б*) и он же с использованием «пиксельного перехода» (рис. 1, *в*). Зоны красного свечения находятся в полном соответствии на указанных снимках. Таким образом, модуляции частот светового уровня могут передаваться по комбинированным металл-диэлектрическим переходам.

В результате проведенных экспериментов по ГРВ упруго напряженных объектов установлено следующее:

– под действием единичного импульса, длительностью $6 \cdot 10^{-6}$ с, при величинах амплитудных падений напряжения 2 400 V и тока 45 A на упруго-деформируемый тонкостенный объект в зоне торцевого контакта с фоточувствительным слоем возникает свечение, вызываемое вторичной электронной эмиссией, возбуждаемой полем электромагнитных колебаний, модулируемых через циклотронную волну в процессе электрон-фононного перехода на поверхности объекта;

– в газоразрядной зоне контакта, охватывающей внешний контур объекта, наблюдается фиолетовое и красное свечения;

– относительное увеличение площади красного свечения соответствует повышению напряжений упругих деформаций в объекте;

– модулированное в зоне деформации электромагнитное поле активирующего импульса передается через скин-слой в контакте металл–диэлектрик с сохранением периодических пиков импульсов, формируемых по октавным гармоникам;

– энергетический уровень активирующего воздействия значительно превышает энергетические уровни красного и фиолетового переходов, что может указывать на присутствие диссипации энергии торможения в газоразрядной зоне в невидимых диапазонах.

Библиографический список

1. Диагностика и неразрушающий контроль продукции машиностроения / под ред. В. И. Иванова. М. : НПО ЦНИИТмаш, 1998. 132 с.

2. Техническая диагностика и неразрушающий контроль в строительстве, на транспорте и в энергетике [Электронный ресурс] Электрон. дан. Режим доступа : http://www.td.ru. Загл. с экрана.

3. А. с. № 336586. Способ контроля физического состояния металла. С. Д. Кирлиан. 1972.

4. А. с. № 1020773. Способ регистрации изображений электрических неоднородностей в образцах пластинчатой формы. М. А. Резников, А. Е. Кравцов, В. П. Чепак. 1983.

5. Карякин, Н. И. Краткий справочник по физике / Н. И. Карякин [и др.]. М. : Высш. шк., 1969. 600 с.

6. Давыдов. А. С. Теория твердого тела / А. С. Давыдов. М. : Наука, 1976. 639 с.

7. Коваленко, Г. Д. Перспективы энергосберегающих технологий будущего / Г. Д. Коваленко, Л. Г. Глухова // Вестник Сибирской аэрокосмической академии : сб. науч. тр . ; Сиб. аэрокосмич. акад. Красноярск, 2001. Вып. 2. 314 с.

8. Горбачев, В. В. Физика полупроводников и металлов / В. В. Горбачев, Л. Г. Спицина // М. : Металлургия, 1976. 386 с.

G. D. Kovalenko, N. V. Nikushkin, A. V. Katsura, D. S. Urnyshev

THE METHOD OF ESTIMATION OF THE ELASTIC-DEFORMABLE OBJECTS INTENSE CONDITION

It is considered the effect of red and violet splitting of radiations from the secondary issue arising around the contact between elastic-deformable metal and dielectric under influence of the individual electropulse, which stimulates the fluctuations in metal on the phonon level. Experimental confirmation of the prospective mechanism of low-frequency modulation of an electric field by phonones is given.

УДК 629.76.036.72: 539.216

А. Б. Надирадзе, В. В. Шапошников, В. А. Смирнов, И. А. Максимов, С. Г. Кочура

ВЫБОР КРИТЕРИЯ И УЧЕТ СОСТАВА ПЛЕНОК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКАХ СОВМЕСТНОГО ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СОБСТВЕННОЙ ВНЕШНЕЙ АТМОСФЕРЫ И СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассмотрены критерии, используемые при оценках совместного загрязняющего воздействия собственной внешней атмосферы и плазмы, генерируемой стационарными плазменными двигателями. Обоснован переход от критерия «осажденной массы» к критерию «оптической деградации». Предложена интерполяционная модель, позволяющая оценить изменение оптических характеристик функциональных поверхностей космического аппарата. Рассмотрено влияние частиц металла, входящих в состав продуктов распыления, на оптические свойства покрытий.

При оценках загрязняющего воздействия собственной внешней атмосферы (СВА) и стационарных плазменных двигателей (СПД) возможно использование следующих критериев стойкости космического аппарата (КА) к воздействию следующих факторов: «интенсивности массовыделения»; «осажденность массы»; «оптическая деградация».

Критерий «интенсивности массовыделения» – простейший критерий, который ограничивает допустимые значения интегральных параметров массовыделения конструкционных материалов. Принимается условие, что если эти параметры не превышают установленных пределов, то при любых возможных вариантах конструктивно-компоновочной схемы (ККС) КА, температурных режимах эксплуатации используемых материалов и покрытий, максимальный негативный эффект от загрязнения продуктами массовыделения не превысит допустимого значения и не приведет к сбоям и отказам функционирования бортовой аппаратуры КА. Согласно ГОСТ Р 50109–92, ограничения вводятся на общую потерю массы (ОПМ) материала и содержание в нем летучих конденсирующихся веществ (ЛКВ), допустимые значения которых равны 1,0 и 0,1 % соответственно.

Данный критерий чрезвычайно прост в использовании и не требует проведения каких-либо сложных вычислений. В то же время его использование не позволяет учесть вклад конкретного материала в загрязнение того или иного элемента КА и тип источников массовыделения. Кроме того, критерий «интенсивности массовыделения» не может быть применен при оценках загрязняющего воздействия СПД.

На следующем уровне сложности стоит критерий «осажденной массы», ограничивающий допустимое значение массы вещества m_c, осажденного на поверхности КА. Для современных КА критическое значение осажденной массы m_c^* составляет $10^{-6}\ldots10^{-5}$ г/см^2. Основным допущением при использовании этого критерия является предположение о постоянстве среднего состава и структуры пленок загрязнения, образующихся на поверхностях КА. Откуда следует, что изменение оптических свойств пленок загрязнения является функцией от m_c и не зависит от других факторов.

Неоспоримым преимуществом критерия «осажденной массы» является возможность дифференцировать различные источники массы по вкладу в загрязнение того или иного элемента. Но для его реализации необходимо проведение расчетов величин m_c всех элементов КА, критичных к загрязнению, что приводит к дополнительным затратам и требует использования специализированного программного обеспечения.

Рассмотренные выше критерии определяют стойкость КА к загрязняющему воздействию СВА и СПД по массе выделяемого или осажденного вещества. Но в действительности стойкость КА определяется изменением оптических характеристик функциональных поверхностей КА (для отражающих поверхностей – коэффициентом отражения; для терморегулирующих – коэффициентами поглощения и излучения; для защитных (прозрачных) – коэффициентом пропускания). Поэтому наиболее достоверные оценки стойкости КА к загрязняющему воздействию СВА и СПД могут быть получены только при непосредственном рассмотрении деградации указанных выше характеристик. Это означает, что для повышения достоверности необходимо переходить от простых критериев «интенсивности массовыделения» и «осажденной массы» к более сложному критерию «оптической деградации».

В этой связи следует заметить, что использование в составе КА электроракетных двигателей и, как следствие, появление в составе пленок загрязнения дополнительной компоненты – продуктов распыления элементов конструкции КА, может привести к весьма значительным изменениям оптических характеристик функциональных поверхностей КА. Это обусловлено тем, что распылению подвергаются самые различные материалы, включая металлы и их сплавы, существенно изменяющие состав пленок загрязнения.

Исследования, проведенные в ФГУП «НПО прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева», показывают, что компоненты СВА и продукты распыления вносят определяющий вклад в формирование пленок загрязнения функциональных поверхностей КА [1; 2]. В связи с этим выявление зависимости изменения оптических характеристик функциональных поверхностей КА от состава и параметров пленок загрязнения является необходимым условием повышения точности и достоверности оценок стойкости КА к совместному загрязняющему воздействию СВА и СПД.

Наиболее сложной проблемой при определении изменения оптических характеристик функциональных поверхностей КА вследствие их загрязнения является недо-

статок информации о свойствах пленок загрязнения. Для ее решения предлагается использовать интерполяционную модель [3].

Рассматривается оптическая система, состоящая из оптического покрытия (ТРП, оптика и т. п.) и осадка (пленки загрязнения) (рис. 1).

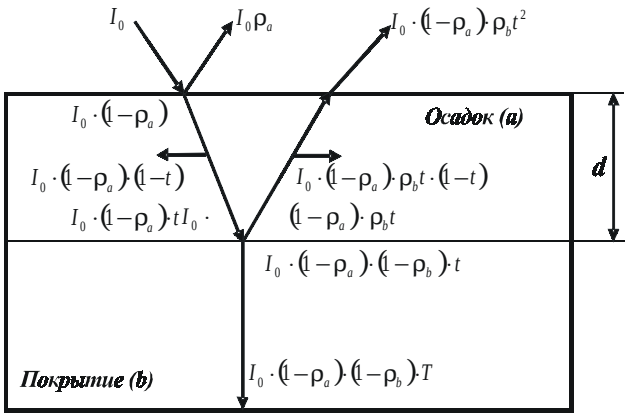


Рис. 1. Схема прохождения света через систему «покрытие–осадок»

В качестве параметров, характеризующих степень загрязнения покрытия, используются коэффициенты внутреннего пропускания солнечного (t_S) и теплового (t_T) излучения:

$$t_S = e^{-\beta_S\cdot d}, \quad (1)$$

$$t_T = e^{-\beta_T\cdot d}, \quad (2)$$

где β_S, β_T – интегральные коэффициенты затухания излучения в пленке.

По мере увеличения толщины осадка *d*, характеристики системы постепенно изменяются от характеристик покрытия ($t=1$) к характеристикам осадка ($t=0$). Скорость изменения характеристик будет тем больше, чем больше поглощение света в пленке.

Изменение коэффициентов отражения R_s, пропускания T_S и поглощения A_S солнечного излучения оптических покрытий может быть вычислено по следующим формулам:

$$R'_S = R_S^{(0)}(1-t_S^2) + R_S^{(1)}t_S^2 - \\ -R_S^{(0)}R_S^{(1)}(1-t_S^2)t_S^2, \quad (3)$$

$$T'_S = (1-R_S^{(0)}(1-t_S^2))t_S\cdot T_S^{(1)}, \quad (4)$$

$$A'_S = (1-R_S^{(0)}(1-t_S^2))(1-R_S^{(1)}\cdot t_S^2), \quad (5)$$

$$R'_S + T'_S + A'_S = 1, \quad (6)$$

$$\varepsilon'_T = \varepsilon_T^{(1)}t_T + \varepsilon_T^{(0)}(1-t_T), \quad (7)$$

где $A_S^{(0)}, A_T^{(0)}$ – коэффициенты поглощения солнечного и теплового излучения в пленке; $T_S^{(0)}=0$ (для осадка бесконечной толщины); $R_S^{(0)}=1-A_S^{(0)}$; $R_T^{(0)}=1-A_T^{(0)}$; $\varepsilon^{(0)}=A_T^{(0)}$ (согласно закону Кирхгофа).

Таким образом, для определения свойств загрязненного покрытия в видимом и инфракрасном диапазоне достаточно знать всего четыре параметра – $A_S^{(0)}, A_T^{(0)}$ и β_S, β_T.

Результаты оценки параметров модели для пленок, образованных различными источниками, представлены в таблице [3].

Так свойства пленок, образованных различными источниками органического происхождения, приблизительно совпадают. Это подтверждает обоснованность критерия осажденной массы для оценки загрязнений, образованных продуктами собственного массовыделения конструкционных материалов. Вместе с тем, значительное отличие свойств пленок алюминия говорит о необходимости учета состава пленок загрязнений, образованных компонентами СВА и продуктами распыления.

Для учета многокомпонентности необходимо рассмотреть влияние толщины и свойств каждой компоненты на интегральные коэффициенты затухания β и поглощения *A* всей пленки.

Если пренебречь взаимодействием отдельных компонент, то коэффициент внутреннего пропускания многокомпонентной пленки загрязнения будет равен

$$t_\Sigma = t_1\cdot t_2\cdot\ldots\cdot t_n, \quad (8)$$

где t_i – коэффициент внутреннего пропускания *i*-ой компоненты, который вычисляется по ее весовой толщине $d_i = m_i/\rho_i$ (m_i – удельная масса, ρ_i – удельный вес компоненты).

Если принять, что коэффициент внутреннего пропускания многокомпонентной пленки описывается выражением

$$t_\Sigma = e^{-\beta_\Sigma\cdot d_\Sigma}, \quad (9)$$

то для коэффициента затухания можно получить следующее соотношение:

$$\beta_\Sigma = \frac{\sum d_i\cdot\beta_i}{\sum d_i} = \frac{\sum\frac{m_i}{\rho_i}\beta_i}{\sum\frac{m_i}{\rho_i}}. \quad (10)$$

Аналогичный подход можно применить к определению коэффициентов поглощения *A*. Поскольку эти коэффициенты отражают поверхностные свойства покрытия, то коэффициент поглощения многокомпонентной пленки можно представить в виде

$$A_\Sigma = A_1\cdot\theta_1 + A_2\cdot\theta_2 + \ldots + A_n\cdot\theta_n, \quad (11)$$

где θ_i – степень заполнения поверхности *i*-ой компонентой пленки загрязнения.

Поскольку $\theta_i = d_i/d_\Sigma$, то для A_Σ получаем следующее соотношение:

$$A_\Sigma = \frac{\sum d_i\cdot A_i}{\sum d_i} = \frac{\sum\frac{m_i}{\rho_i}A_i}{\sum\frac{m_i}{\rho_i}}. \quad (12)$$

Таким образом, соотношения (10), (12) позволяют оценить оптические характеристики многокомпонентных пленок загрязнения на основании информации о весовой толщине каждой компоненты и ее оптических характеристиках.

При совместном загрязняющем воздействии СВА и СПД пленки загрязнения можно считать двухкомпонентными, состоящими из продуктов собственного массовыделения конструкционных материалов внешних поверхностей КА и продуктов распыления, образующихся под воздействием плазменной струи СПД.

В качестве параметров модели для первой компоненты могут быть приняты усредненные значения, приведенные в таблице:

$$A_{S,1}^{(0)} = 0{,}87;\ \beta_{S,1} = 3 \cdot 10^3\ \text{см}^{-1};$$

$$A_{T,1}^{(0)} = 0{,}89;$$

$$\beta_{T,1} = 2 \cdot 10^3\ \text{см}^{-1}.$$

В качестве значений параметров второй компоненты, принимая, что продукты распыления – это металлы, могут быть приняты значения модели, полученные для пленок алюминия (таблица):

$$A_{S,2}^{(0)} = 0{,}023;$$

$$\beta_{S,2} = 6{,}87 \cdot 10^5\ \text{см}^{-1};$$

$$A_{T,2}^{(0)} = 0{,}024;$$

$$\beta_{T,2} = 9{,}21 \cdot 10^6\ \text{см}^{-1}.$$

Полученные с использованием этих коэффициентов расчетные зависимости оптических свойств покрытия типа OCO-C (OSR) от содержания металла в пленке загрязнения при фиксированном значении $m_c = 10^{-6}$ г/см^2 представлены на рис. 2, где заметное влияние на свойства покрытия начинается при содержании металла в пленке загрязнения около 5…10 %.

Согласно научно-техническому отчету [1], в состав пленок загрязнения, образованных продуктами распыления, могут входить углепластик, компоненты кварцевого стекла, экранно-вакуумной теплоизоляции, алюминиевый сплав. Таким образом, их оптические характеристики будут отличаться от характеристик пленок загрязнения, образованных чистым алюминием. Поэтому для повышения точности и достоверности оценок стойкости КА к загрязняющему воздействию СВА и СПД необходимо провести эксперименты по определению зависимости изменения оптических характеристик пленок загрязнения, образованных указанными веществами.

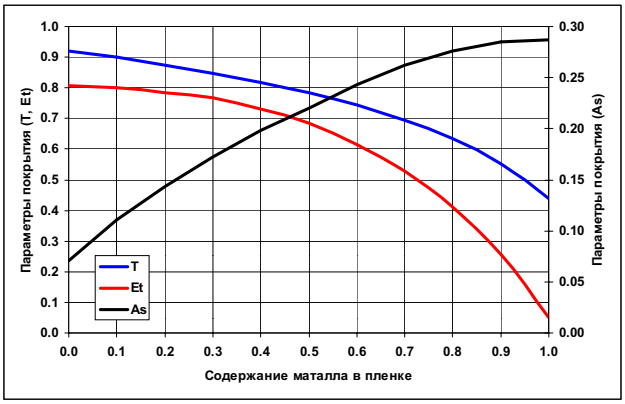


Рис. 2. Зависимость оптических свойств покрытия от содержания металла в пленке загрязнения

Итак, для достоверных оценок стойкости КА к совместному загрязняющему воздействию СВА и СПД наиболее оптимальным является критерий «оптической деградации», учитывающий изменение оптических характеристик функциональных поверхностей КА вследствие их загрязнения компонентами СВА и продуктами распыления.

Влияние частиц металла, входящих в состав продуктов распыления, на свойства покрытий начинает проявляться при содержании металла в пленке загрязнения около 5…10 %.

Для уточнения характеристик многокомпонентных пленок необходимо проведение экспериментальных работ по определению зависимости изменения оптических характеристик пленок загрязнения от их состава.

Библиографический список

1. Обеспечение стойкости космического аппарата к воздействию собственной атмосферы и плазмы, генерируемой стационарными плазменными двигателями : науч.-техн. отчет. Железногорск : ФГУП «НПО прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева». 2007. Инв. № 1 3356 с.

2. Анализ уровней загрязнения функциональных поверхностей космического аппарата «Экспресс-АМ» при натурной эксплуатации : отчет о науч.-исслед. работе. М. : МАИ, 2007.

3. Надирадзе, А. Б. Определение изменения свойств оптических покрытий космических аппаратов в результате их загрязнения / А. Б. Надирадзе, Е. Б. Паршина // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2006. № 10. С. 25–32.

4. Dever, J. A. Combined contamination and space environmental effects on solar cells and thermal control surfaces / J. A. Dever, E. J. Bruckner, D. A. Scheiman, C. R. Stidham // AIAA-94-2627.

5. Rantanen, R. O. Determination of Space Vehicle Contamination / R. O. Rantanen, L. E. Bareiss, E. B. Ress // Proc. of Centre Natianal D'Etudes Spatiales Symphosium on Evaluation of Space Environment on Materials, held at Toulouse. France. P. 211–232.

6. Hurley, C. J. D024 Thermal Control Coatings and Polymeric Films / C. J. Hurley, W. L. Lehn // First Inhterim Status Report. 1973. September.

7. Mauldin III, L. E. Optical degradation due to contamination on the SAGE/SAGEII spaceflight instruments / L. E. Mauldin III, W. P. Chu // SPIE. Vol. 338. P. 58–64.

8. Arrington, L. A. Pulsed Plasma Thruster Plume Stude: Symmetry and Impcat Spacecraft Surfaces / L. A. Arrington,

Свойства пленок, образуемых различными источниками загрязнений

Источник загрязнения	$A_S^{(0)}$	$A_T^{(0)}$	β_S, см$^{-1}$	β_T, см$^{-1}$	Погрешность
Выхлопы двухкомпонентного двигателя [4]	0,87	0,89	$1{,}06 \cdot 10^2$	$1{,}83 \cdot 10^3$	5…10 %
Skylab [5; 6]	0,96	–	$2{,}85 \cdot 10^3$	–	20 %
SAGE/SAGEII [7]	–	–	$1{,}4 \cdot 10^2 \ldots 3{,}8 \cdot 10^3$,	–	–
Струя импульсного плазменного двигателя (fluorocarbon) [8]	0,86	–	$2{,}95 \cdot 10^3$	–	20 %
Алюминий [9; 10]	0,023	0,024	$6{,}87 \cdot 10^5$	$9{,}21 \cdot 10^6$	10 %

C. M. Marrese, J. J. Blandio // AIAA-2000–3262, NASA/TM–2000-210364. 2000. September.

9. Новицкий, Л. А. Оптические свойства материалов при низких температурах : справ. / Л. А. Новицкий, Б. А. Степанов. М. : Машиностроение, 1980.

10. Physics of thin films. Advanced in Research and Development / guest editor : M. H. Francombe and R. W. Hoffman. Vol. VI. Academic Press, 1971.

A. B. Nadiradze, V. V. Shapospnikov, V. A. Smirnov, I. A. Maximov, S. G. Kochura

CRITERION CHOICE AND TAKING INTO ACCOUNT THE CONTAMINATION FILMS COMPOSITION AT THE ESTIMATION OF THE JOINT CONTAMINATING INFLUENCE OF THE OWN EXTERNAL ATMOSPHERE AND STATIONARY PLASMA THRUSTERS

It is viewed the criteria, used at the estimation of the joint contaminating influence of the own external atmosphere and plasma, generating by stationary plasma thrusters. It is proved the transition from «deposited mass» criteria to the «optical degradation». It is proposed the interpolatory model, which allows to estimate the change of the optical characteristics of the functional surfaces of the spacecraft. The influence of the metal particles, which are the part of the dispersion product on the optical characteristics of the covering, is viewed.

УДК 629.78.06-533.6:658.652

А. А. Логанов

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФИЛЯ АКСИАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Предложена методика выбора наилучших конструктивных параметров и показателей эффективности компонентов системы терморегулирования малых космических аппаратов в условиях производственных и финансовых ограничений. На основании анализа статистического материала по профилям аксиальных тепловых труб предлагается методика определения геометрических параметров профиля эффективной тепловой трубы для любых условий эксплуатации.

В последние годы широкий диапазон практических задач возлагается на мини- и микроспутники. Малые массы таких аппаратов (50–300 кг) позволяют повысить эффективность решения данных задач за счет значительного удешевления доставки на рабочую орбиту. Обеспечение тепловых режимов модуля служебных систем и целевой аппаратуры таких спутников традиционно осуществляется с помощью тепловых труб (ТТ). Наибольшее распространение получили ТТ из алюминиевых профилей с аксиальными канавками (аксиальные ТТ). Следует отметить, что наличие достаточно эффективных конструкций ТТ является одним из немногих условий, возможность удовлетворения которых означает в принципе саму техническую возможность создания КА малого класса. Основным фактором, снижающим общую эффективность применения ТТ на мини- и особенно микроспутниках, является проблема весовой эффективности. Масса ТТ обусловлена конструктивными соображениями, т. е. их количество, форма и длина продиктованы системными требованиями по обеспечению теплового режима приборов КА. Это означает, что снижение их массы может быть осуществлено только за счет уменьшения площади поперечного сечения, что, в свою очередь, возможно только при условии применения максимально эффективных профилей ТТ.

В условиях, когда возможность унификации конструкции тепловых труб, устанавливаемых на разные мини- и микроспутники, минимальна, наличие метода, обеспечивающего надежные экспресс-прогноз величины теплопередающей способности проектируемой ТТ, дает преимущество в массе КА разработчику, владеющему таким методом.

С целью исследования эффективности различных вариантов профилей ТТ были обработаны экспериментальные данные по 25-ти различным ТТ [1; 2]. Все варианты профилей можно разбить на две группы – с осевыми канавками сложной (трапециеидальной, бульбовидной) формы (рис. 1, 2) и прямоугольной формы (рис. 3).

Задача исследования – определить зависимость показателя эффективности ТТ с аксиальными канавками от геометрических параметров их профиля для заданных теплофизических характеристик применяемой в ТТ рабочей среды – аммиака. В качестве показателя эффективности использовалась теплотранспортная способность, которая оценивалась по величине QL, где Q – значение отводимой с помощью ТТ тепловой энергии, L – эффективная длина ТТ. При оценке эффективности ТТ рассматривается как абсолютная эффективность ТТ, так и относительная весовая эффективность.

Критерии качества профиля аксиальной ТТ. Для оценки эффективности ТТ исследованы две зависимости: зависимость QL от площади канавок в поперечном сечении и условный скоростной критерий. Зависимость теп-

лопередающей способности QL аммиачных ТТ от площади поперечного сечения капиллярной структуры F для двух групп профилей приведена на рис. 4. Значению F соответствует заштрихованная область на рис. 2, *в*, она определяется по чертежу профиля.

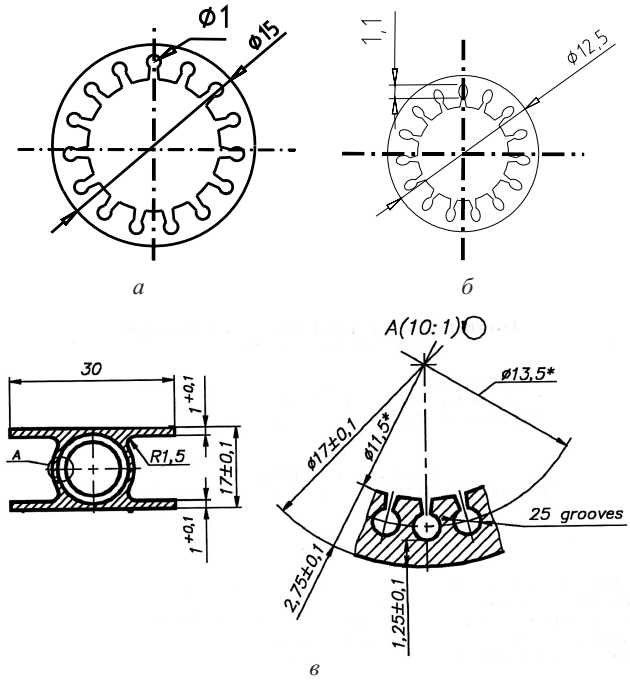


Рис. 1. Типы профилей ТТ с аксиальными канавками бульбовидной формы

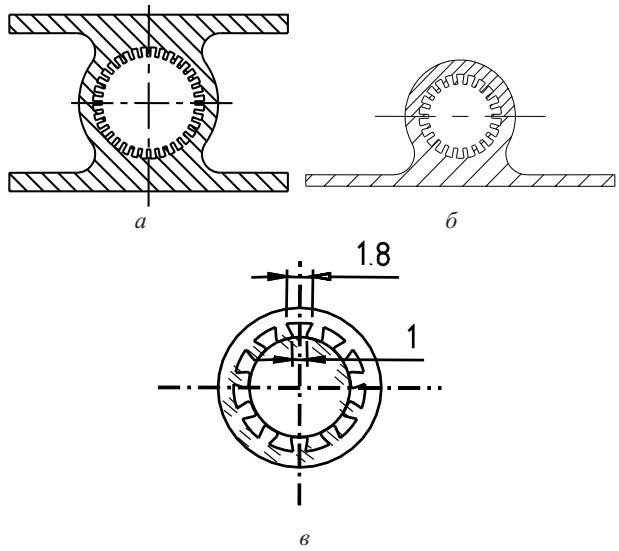


Рис. 2. Типы профилей ТТ с аксиальными канавками трапециеидальной формы

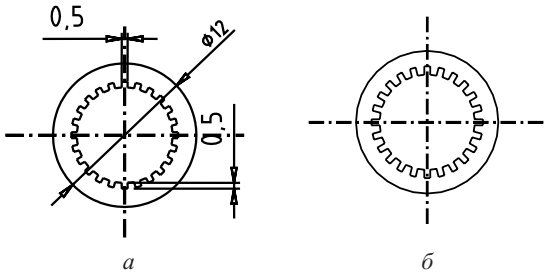


Рис. 3. Типы профилей ТТ с аксиальным канавками прямоугольной формы

Так, зависимость $QL = f(F)$ разделяется на две ветви. Ветвь *1* объединила профили бульбовидного типа (рис. 1, *в*). Такие профили, в отличии от изображенных на рис. 1, *а*, обеспечивают высокое значение капиллярных сил и низкие гидравлические потери в капиллярной структуре.

Второй критерий сопоставляет две величины скорости. Первая величина рассчитывается исходя из величины Q для L = 1 м, при известном r, т. е. значении скрытой теплоты парообразования рабочей жидкости – аммиака:

$$V_r = Q_1/(r\rho F), \qquad (1)$$

где Q_1 – значение отводимой тепловой мощности, приведенное к эффективной длине ТТ 1 м; r – скрытая теплота парообразования рабочего тела; ρ – плотность жидкого аммиака; F – расчетное значение площади капиллярной структуры в поперечном сечении ТТ.

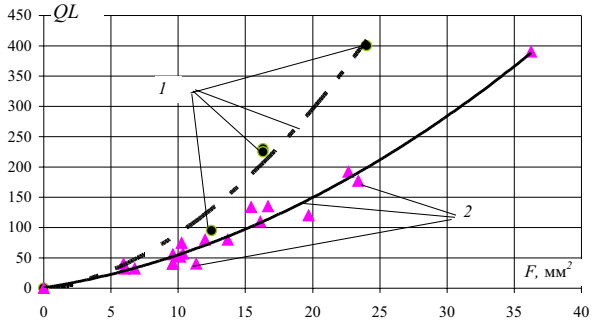


Рис. 4. Зависимость QL от площади капиллярной структуры: *1* – точки экспериментальных результатов и квадратичной аппроксимации для профилей с аксиальными канавками бульбовидной формы; *2* – экспериментальные значения и их квадратичная аппроксимация для всех остальных типов профилей

Вторая величина скорости $V_{КС}$ получается при приравнивании силы капиллярного давления P_C к динамической составляющей давления рабочей жидкости, фактически – условного скоростного напора:

$$1/2 \cdot \rho V^2_{КС} = P_C,$$

где P_C вычисляется по формуле [3]

$$P_C = 2\sigma/r_w,$$

где σ – сила поверхностного натяжения рабочей жидкости при расчетной температуре, r_w – эквивалентный радиус канавки.

Окончательно расчетная скорость капиллярного напора рассчитывается по формуле

$$V_{КС} = \sqrt{\frac{4\sigma}{r_w \rho}}. \qquad (2)$$

Зависимость (4) для 25-ти вариантов профилей ТТ отражена на рис. 5.

Так, наибольшая эффективность наблюдается у показанных профилей. Однако следует отметить, что попытка изготовления таких профилей ТТ с малым наружным диаметром (8 мм и менее) приводит к «вырождению» профиля, что выражается в уменьшении внутреннего диаметра ТТ и в снижении относительной площади капиллярной структуры. При значительном уменьшении наружного диаметра бульбовидного профиля ухудшает-

ся соотношение капиллярных сил и сил гидравлического сопротивления. В таких условиях бульбовидный профиль по своим теплопередающим характеристикам начинает уступать трапециеидальному.

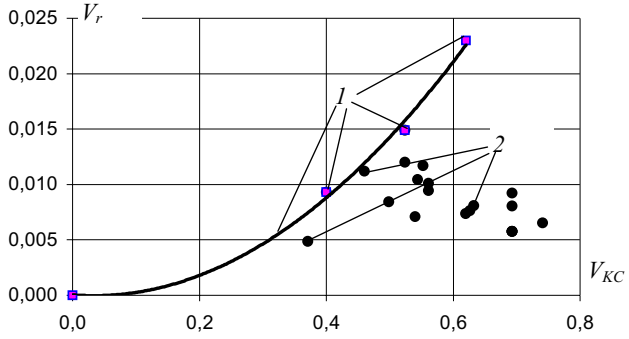


Рис. 5. Зависимость показателя скорости $V_{исп}$ от расчетной капиллярной скорости $V_{КС}$: *1* – результаты эксперимента и квадратичной аппроксимации для профилей с аксиальными канавками бульбовидной формы; *2* – остальных типов профилей ТТ

Для исследования эффективности профилей ТТ по двум критериям – веса и теплопередающей способности – была рассмотрена зависимость $k = k(D)$, (рис. 6), где D – наружный диаметр цилиндрической части профиля ТТ, а k определяется в виде

$$k = QL/(l_1 \cdot F\rho),$$

где l_1 – фактическая длина ТТ эффективной длиной 1 м с учетом герметизации на торцах, м.

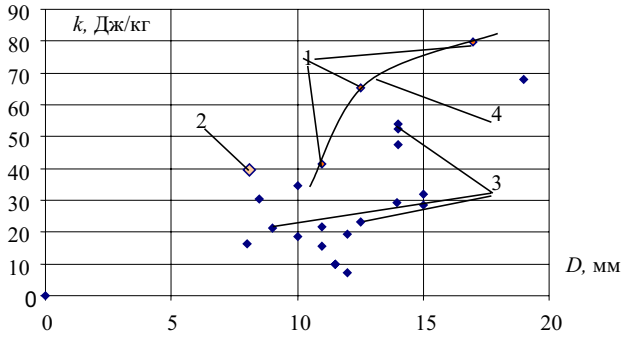


Рис. 6. Зависимость удельной теплопередающей способности ТТ от наружного диаметра: *1* – профили с аксиальными канавками бульбовидной формы; *2* – профили с аксиальными канавками трапециедальной формы; *3* – все остальные типы профилей; *4* – предполагаемая зависимость k от D для профилей с аксиальными канавками бульбовидной формы

Приведенная методика позволит выбрать профили ТТ, которые при заданной тепловой нагрузке отличаются наименьшим весом.

Для оценки соответствия профиля ТТ применяемой рабочей среде и рабочему диапазону температур сформирован общий критерий эффективности:

$$Vr = f(\delta w_{\min}/L), \qquad (3)$$

где

$$\frac{\delta w}{L} = A\frac{\mu_0^{1/2} r_C^{1/4}}{\rho^{1/4} L^{1/2} \sigma^{1/2}} \cdot \frac{w_{\min}}{\sqrt{\dfrac{F w_{\min}}{p^3}}},$$

где δ – толщина пограничного слоя; L – эффективная длина ТТ, A – коэффициент, зависимый от температуры, в условиях поставленной задачи может считаться постоянным, ρ – плотность жидкой фазы рабочего тела, μ_0 – динамическая вязкость [4], $w_{\min}$ – минимальная ширина канавки профиля, p – периметр канавок профиля.

Найденный критерий эффективности профиля ТТ сформирован, исходя из физических свойств рабочей жидкости и геометрических характеристик профиля ТТ. В качестве исходных предпосылок приняты следующие:

– падение величины отводимой тепловой мощности обусловлено потерями трения в осевых канавках, при этом течение в канавках представляет собой слившийся пограничный слой;

– характерная скорость течения в канавках обусловлена действием капиллярных сил (2);

– толщина пограничного слоя связана с эффективной длиной ТТ соотношением [5]

$$\frac{\delta}{L} = A\frac{1}{\sqrt{\dfrac{\rho u L}{\mu_0}}},$$

где δ – толщина пограничного слоя, L – эффективная длина ТТ, A – коэффициент, зависимый от температуры, в условиях поставленной задачи может считаться постоянным, ρ – плотность жидкой фазы рабочего тела, u – характерная скорость жидкой фазы в капиллярной структуре (2), μ_0 – динамическая вязкость [3];

– минимальная ширина канавки $w_{\min}$ пропорциональна толщине пограничного слоя;

– эффективная скорость движения рабочего тела по канавкам (1) рассчитывается исходя из величины Q для $L = 1$ м при известном r, т. е. значении скрытой теплоты парообразования жидкой фазы – аммиака.

Зависимость (3) применительно к результатам испытаний 25-ти различных профилей ТТ показана на рис. 7

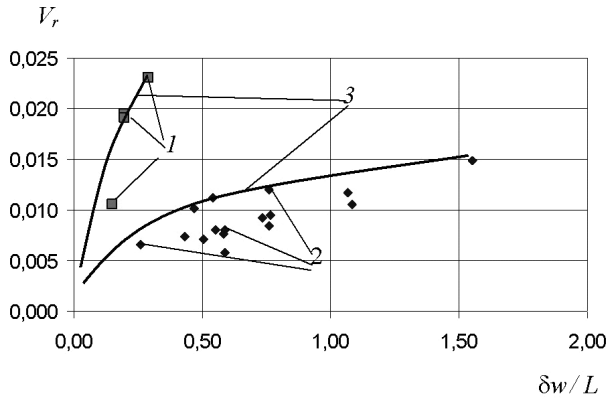


Рис. 7. Зависимость показателя эффективности от параметра dw/L: *1* – бульбовидные профили; *2* – прямоугольные и трапециеидальные; *3* – огибающие для наиболее эффективных профилей каждого типа

Результаты оценки эффективности профилей ТТ для общего случая разделены на две группы: для бульбовидных профилей – точки *1*, для прямоугольных и трапециеидальных – точки *2*. Соответственно, с помощью зависимости (3) необходимые геометрические параметры профиля ТТ могут быть определены для общего случая с

помощью верхней огибающей (рис. 7), для ТТ малого диаметра *D* (менее 10 мм) помощью верхней огибающей.

Итак, в ходе исследования получены критерии оценки эффективности профиля аксиальных ТТ, использующих в качестве рабочего тела аммиак, а также критерии оценки эффективности профиля аксиальной ТТ для общего случая, которые может быть использован и для проектирования профилей под любую рабочую среду в любых условиях.

Библиографический список

1. Оптимизация геометрии конструкции капиллярной структуры ТТ из алюминиевых профилей / К. Г. Смирнов-Васильев [и др.] // Современное состояние разработок и применение тепловых труб в космической технике и товарах народного потребления : сб. докл. Межреспубл. научно-практ. конф. Красноярск-26, 1993. С. 109–119.

2. Investigation Performance of Axial Grooved Heat Pipes with High Thermal Capacity / V. Barantsevich [et al.] //Heat pipes. Science Technology Application: Pros. of the 12th Int. Heat Pipe Conf. Moscow-Samara. 2002. P. 489–493.

3. Чи, С. Тепловые трубы: теория и практика / С. Чи. М. : Машиностроение, 1981. 207 с.

4. Варгафтик, Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / Н. Б. Варгафтик. М. : Наука, 1972, 720 с.

5. Гинзбург, И. П. Теория сопротивления и теплопередачи / И. П. Гинзбург ; Ленинград. горс. ун-т им. А. А. Жданова. М. : Машиностроение, 1970, 376 с.

A. A. Loganov

ESTIMATION OF EFFICIENCY OF A STRUCTURE OF AXIAL THERMAL PIPES OF SMALL SPACE VEHICLES

The technique of choice of the best design data and parameters of the small space vehicles thermal control system efficiency of components in conditions of industrial and financial restrictions is offered. By results of the analysis of a statistical material on axial thermal pipes structures the technique of calculation of effective heat pipe structure geometric parameters for any operating conditions is offered.

УДК629.78

Д. Ю. Щербинин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОГО ОКРУЖЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ПОЛУЧЕННЫХ НА БОРТУ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Рассматриваются вопросы использования информационных технологий при анализе визуальной информации, поступающей с борта Международной космической станции. В качестве решения задачи повышения информативности изображений земной поверхности предлагается использовать на борту станции метод стереосъемки, а для визуализации данных – систему виртуального окружения.

Анализируется опыт использования средств получения стереоизображения в космосе, рассматривается перспектива использования систем виртуальной реальности при визуализации изображений земной поверхности, а также при подготовке экипажей пилотируемых космических аппаратов.

На протяжении более 40 лет космической эры средства наблюдения, устанавливаемые на борту отечественных орбитальных станций, активно развивались и совершенствовались, что позволяло получать достоверную информацию в интересах науки, народного хозяйства и безопасности страны.

Очередным шагом в развитии российской космонавтики является сотрудничество в рамках программы Международной космической станции (МКС). Орбита МКС дает возможность обозревать 85 % поверхности Земли, где проживает 95 % населения планеты, поэтому использование станции для решения задач дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является актуальным. Это, прежде всего, мониторинг районов природных и техногенных катастроф, экологических зон, прогнозирование природных явлений, своевременное обнаружение объектов. Однако изменения в планах развертывания МКС привели к существенному сокращению количества бортовых средств ДЗЗ российского сегмента (РС) МКС. В настоящее время основным источником информации о поверхности Земли являются оптико-электронные средства. Таким образом, задача повышения информативности изображений земной поверхности, полученных с помощью бортовых фото-, видеосредств, является актуальной. Одним из путей ее решения может стать использование методов получения стереоизображения на борту МКС.

Космические системы стереосъемки земной поверхности. В основе пространственного восприятия лежит бинокулярный параллакс (*binocular stereopsis*) – построение объемного зрительного образа на основе разли-

чий проекций трехмерного пространства на сетчатку левого и правого глаза. Таким образом, стереоскопический эффект, или эффект ощущения протяженности пространства и рельефности предметов, создается за счет базиса зрения или расстояния между узловыми точками глаз человека. Данный эффект лежит в основе методов получения пространственной информации на основании стереосъемки. После применения алгоритмов обработки изображений возможно получить информацию о вертикальной составляющей рельефа местности.

В настоящее время основным источником изображений земной поверхности являются спутниковые системы. Работы в области космической съемки начались около 25 лет назад. За это время были выполнены многочисленные исследования в данной области. Искусственные спутники земли (ИСЗ) отличаются по различным параметрам: установленной аппаратуре, углу наклона орбиты, пространственному и спектральному разрешению снимков, возможностям стереосъемки, стоимости материалов дистанционного зондирования. Оценивая ситуацию на рынке данных дистанционного зондирования, можно с уверенностью сказать, что снимки высокого разрешения, получаемые со спутников, оснащенных оптико-электронными средствами наблюдения, являются основным видом данных дистанционного зондирования. Вместе с тем, космические радиолокаторы с синтезированием апертуры (РСА) заняли свою нишу, и уже существует целый ряд приложений, использующих в качестве данных дистанционного зондирования радиолокационные снимки. Это, прежде всего, относится к приложениям, требующим оперативного получения информации независимо от погодных условий и освещенности поверхности (экологический мониторинг, например определение площади разливов нефтепродуктов, затопленных площадей при наводнении, контроль за вырубкой леса). Кроме того, космическая радиолокационная информация может быть использована для геологических исследований (составление геологических карт районов, перспективных для добычи полезных ископаемых), изучения процессов в приповерхностном слое морей и океанов в целях картографирования.

Методы оптико-электронной цифровой съемки с помощью ПЗС-приемников стали развиваться с начала 90-х гг. Это позволило оперативно передавать на Землю пространственную информацию высокого разрешения. Этот метод получения данных, впервые примененный в системе МСУ-7 в 1980 г. на спутнике «Метеор-30», нашел широкое применение при съемке со спутников SPOT (разрешение 10 м), которые оставались наиболее детальными из оперативно получаемых до середины 90-х гг. После этого первенство перешло к индийскому спутнику IRS. Панхроматическая камера PAN на спутнике IRS-1C (1996) и IRS-1D (1997) обеспечивает разрешение 5,8 м в диапазоне 0,5–0,75 мкм. Существенное пополнение фонда оперативных снимков обеспечил запущенный в 1999 г. спутник Landsat-7 (где был добавлен панхроматический канал с разрешением 15 м). В конце 1999 г. запущен коммерческий спутник Ikonos-1 (разрешение 0,83 м). Впервые оперативный метод превзошел по детальности доступные потребителям фотоснимки. Панхроматические снимки имеют разрешение около 1 м, многозональные – 4 м. Вынужденная плата за высокую детальность – небольшой охват, всего 11 км. Следует заметить, что возможности получения стереоизображений у перечисленных выше оптико-электронных систем ограничены.

Вместе с тем, для получения стереоизображения наибольший практический интерес представляют изображения земной поверхности, выполненные аппаратурой высокого разрешения в видимом диапазоне с разрешающей способностью 1–4 м. Сейчас на орбите находятся несколько ИСЗ, способных выполнять стереосъемку.

Система космического наблюдения SPOT (от франц. SPOT (Systeme Probatoire d'Observation de la Terre) – экспериментальная система наблюдения Земли) функционирует с 1986 г. За это время было запущено 5 спутников с различными характеристиками. Долгосрочной целью этого проекта является инвентаризация невозобновляемых и медленно возобновляемых ресурсов, таких как минералы и ископаемые топлива, водные запасы, наблюдение за состоянием сельского хозяйства и атмосферы. Программа ориентирована на возможность опознавать, прогнозировать и в ряде случаев контролировать некоторые процессы, относящиеся к океанографии, климатологии, эрозии почвы и загрязнению воды, а также следить за потенциально опасными природными явлениями, такими как наводнения, засуха, штормы, землетрясения и извержения вулканов. На сегодняшний день снимки SPOT по своим технико-экономическим показателям являются одними из наиболее привлекательных материалов ДЗЗ.

ИСЗ SPOT находится на солнечно-синхронной орбите высотой 832 км с наклонением 98 °, длительность цикла – 26 дней, позволяет выполнять стереосъемку с разрешением 2,5 м.

ИСЗ компании GeoEye Ikonos-2 обеспечивает стереосъемку объектов при разрешении 1м с одного витка при высоте орбиты 680 км.

Индийская организация по исследованию космоса ISRO (Indian Space Research Organisation) 5 мая 2005 г. успешно осуществила запуск спутника Cartosat-1, предназначенного для стереосъемки поверхности Земли с высоты 618 км. Спутник несет на себе два панхроматических сенсора, один из которых установлен на платформе с наклоном (по отношению к направлению полета) вперед на 26 °, а второй – с наклоном назад на 5 °. Совместная работа этих двух камер обеспечивает получение стереоскопических пар снимков с пространственным разрешением 2,5 м за один проход спутника над снимаемой территорией. С учетом многих условий была избрана полярная солнечно-синхронная орбита с наклонением 97,87 °.

Вместе с тем, по мере развития программы МКС, происходит дооснащение бортового комплекта фото-, видеоаппаратуры современными оптико-электронными устройствами, обладающими более совершенными техническими характеристиками. Так, например, размер ПЗС матрицы фотоаппаратов увеличился с 2,74 Мп до 12,84 Мп, что в сочетании с объективом, обладающим фокусным расстоянием 800 мм, дает возможность рассматривать бортовой фотоаппарат в качестве аппаратуры высокого разрешения. Высота орбиты МКС над поверхностью Земли может находится в диапазоне от 335 до 460 км.

Наклонение орбиты 51,6 °. Предварительные расчеты показывают, что с учетом параметров орбиты и технических характеристик фотоаппаратуры на борту РС МКС можно получить изображения, в том числе и стереопары, подстилающей поверхности с разрешением 2,9 м.

Съемка Земли из космоса гораздо информативнее, чем наземная геоинформационная система. Она дает возможность оперативно получать большой объем информации с необходимым разрешением. Это позволяет создавать трехмерные модели подстилающей поверхности для визуализации рельефа и последующего решения различных прикладных задач.

Возможность использования системы виртуального окружения для визуализации изображений земной поверхности и подготовки космонавтов. В настоящее время существует большое количество программных комплексов, в том числе рассчитанных на персональные компьютеры, позволяющих извлекать из стереоизображений пространственную информацию, восстанавливать рельеф местности, объектовый состав и размещать восстановленную информацию на полученных трехмерных цифровых картах. Однако задача качественной визуализации трехмерной информации о поверхности Земли до конца не решена. В качестве решения предлагается использовать систему виртуального окружения (ВО) (*virtual environmen*). Предназначение установок виртуального окружения состоит в том, чтобы обеспечить отдельных пользователей или группы виртуальным рабочим пространством, в котором они могут наблюдать, исследовать и создавать в реальном времени необходимые им виртуальные данные [1].

Практически все установки виртуального окружения имеют следующие элементы:

– графический обработчик: специально разработанное для создания стереоскопических изображений программное обеспечение, работающее на SGI-суперкомпьютере или Linux-кластере;

– проекционная система, которая отображает просчитанную сцену на экран;

– многоканальная аудиосистема, способствующая погружению пользователя в виртуальный мир модели;

– устройство слежения (или трекинга), которое измеряет положение и ориентацию головы пользователя, а также возможно руки или указки; данные, произведенные устройством слежения читаются графическим обработчиком, чтобы определить перспективно правильное изображение для любой точки зрения пользователя и правильно распределить звук по каналам;

– специальные очки, необходимые пользователю для восприятия трехмерного изображения [2].

Используя данную технологию для визуализации стереокарт и виртуальных ландшафтов при подготовке космонавтов, можно существенно повысить эффективность обучения.

Система виртуального окружения дает возможность визуализировать процессы любой сложности, в том числе и такие, которые невозможно наблюдать в обычной обстановке. В условиях подготовки к полету космонавт часто сталкивается именно с такими процессами и явлениями. Например, на занятиях по навигации, баллистике, сближению и спуску необходимо представить положение и траекторию движения космического аппарата в пространстве, реакцию на работу двигателей, полет при появлении нештатных ситуаций. Без хорошо развитого пространственно-образного мышления возникает вероятность ошибочного понимания процессов.

Очевидна актуальность использования системы виртуального окружения при решении задач подготовки к внекорабельной деятельности (ВКД) и ее обеспечении при выполнении работ на орбите. Система позволит «пройти» по маршрутам на внешней поверхности станции, оценить расстояния, возможности перемещения, доступность узлов и оборудования, расположенных вне станции.

При проведении занятий по изучению конструкции космического аппарата обучаемый получает возможность «проникать» под обшивку или за панели пультов для изучения монтажа, увидеть маршруты прокладки кабелей, трубопроводов, причем отображение этих элементов можно производить «по слоям» для изучения отдельных автономных систем либо в комплексе, соответственно со штатным изделием. Данная возможность обычно отсутствует на физическом тренажере или реальном объекте.

Космонавт может самостоятельно или под контролем преподавателя провести «виртуальную экскурсию», ознакомиться с оборудованием реального объекта.

Таким образом, виртуальная реальность становится связующим звеном между теоретической и практической подготовкой, способствуя установлению ассоциативных связей между содержательным смыслом явления и его информационной моделью, воспроизводимой в виртуальной среде и на тренажере [3].

Взаимодействие с объектами виртуальной среды может сопровождаться предъявлением обучаемому справочных сведений о назначении, составе, принципе действия, технических характеристиках объектов и узлов, с которыми работает обучаемый.

Система ВО может быть использована на всех этапах подготовки космонавтов для решения следующих задач:

– формирование знаний по теоретическим основам космонавтики (астрономия, геофизика, материаловедение и т. п.);

– ознакомление с конструкцией и принципами построения космического корабля, его служебных систем, научного и специального оборудования, приобретение первоначальных практических навыков работы с ними;

– ознакомление с теоретическими основами научных исследований и экспериментов, проводимых на космической станции;

– обзорное изучение систем орбитального пилотируемого комплекса;

– формирование навыков выполнения типовых операций по эксплуатации, инвентаризации оборудования, техническому обслуживанию и ремонту и монтажно-демонтажным работам;

– подготовка по задачам ВКД;

– проведение подготовок к тренировкам на тренажере и их разбор.

При выполнении космического полета система ВО может быть использована для сопровождения ВКД и визуализации моделей развития ситуаций, происходящих на орбите.

Таким образом, в статье рассмотрена возможность использования системы виртуального окружения для визуализации изображений земной поверхности и подготовки космонавтов. Данный подход может стать одним из путей практического решения существующих и прогнозируемых проблем подготовки экипажей ПКА. Можно надеяться, что положительный эффект от создания системы виртуального окружения и ее использования распространится за пределы рассматриваемой в статье области пилотируемой космонавтики.

Автор выражает благодарность своим коллегам из Института физико-технической информатики (Протвино) и РГНИИЦПК имени Ю. А. Гагарина (Звездный городок) Ю. М. Батурину, С. В. Клименко, А. И. Шурову за поддержку и помощь в подготовке статьи.

Библиографический список

1. Байгозин, Д. А. Интерактивное повествование в виртуальном окружении: обучающая система «Виртуальный Планетарий» / Д. А. Байгозин [и др.] // Вычислительные методы программирования. 2004. Т. 5. № 2. С. 192–205.

2. Клименко, С. В. Аванго: система разработки виртуальных окружений / С. В. Клименко, И. Н. Никитин, Л. Д. Никитина. М. : ИФТИ, 2006. 250 с.

3. Шукшунов, В. Е. Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации / В. Е. Шукшунов [и др.]. М. : Машиностроение, 2005. 384 с.

D. Yu. Shcherbinin

THE VIRTUAL ENVIRONMENT SYSTEM APPLICATION FOR VISUALIZATION OF THE EARTH SURFACE IMAGES WHICH MADE ON BOARD OF THE INTERNATIONAL SPACE STATION

It is considered the article covers questions of informational technologies use during the analysis of information coming from the International Space Station. In order to resolve the problem of earth's imagery informational capacity increase it is proposed to use a method of stereophotography onboard. For data visualization it is proposed to use the virtual environment system.

Space stereophotography systems are analyzed, prospects of computer-generated virtual environment use for Earth images visualization as well as for spacecrafts crew training are discussed.

УДК 539.3

Р. А. Сабиров

К РАСЧЕТУ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ФЕРМЕННЫХ ОТСЕКОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Предлагается подход к расчету пространственных шарнирно-стержневых систем с жесткими элементами типа переходных отсеков, заключающийся в приложении принципа возможных перемещений в сочетании с методом конечных элементов. Рассматриваются этапы расчета конструкций от формулировки краевой задачи и компьютерного моделирования до анализа напряженно-деформированного состояния. Рассмотрены вопросы точности и достоверности решений.

Ферменные переходные отсеки ракет-носителей состоят из двух кольцевых шпангоутов, соединенных с обшивкой каждой ступени ракеты и симметрично расположенных стержневых элементов фермы. В работах [1–3] рассматривается расчет *напряженного состояния* переходного отсека (рис. 1), в каждом узле которого сходятся только два стержня (рис. 1, *а*). При расчете типовых ферм предполагаются такие упрощения, при которых одинаковыми оказываются жесткость и длина стержней; учитывается симметрия конструкции и симметрия загружения типовыми нагрузками. Типовыми нагрузками являются продольная, перерезывающая силы и изгибающий момент. Задача сводится к статически определимой задаче.

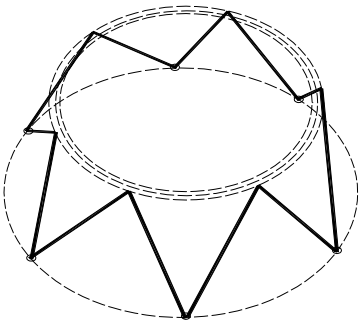
Приложение МКЭ в сочетании с принципом возможных перемещений для учета жесткой вставки позволяет рассчитывать неограниченное разнообразие конструкций ферм переходных отсеков. В качестве примера расчета рассмотрим переходную ферму (рис. 1, *б*). Постановка задачи расчета состоит из двух этапов.

Этап постановки задачи МКЭ. Отделим диск от фермы и рассмотрим ее деформирование. Разберем получение матрицы жесткости пространственного прямолинейного элемента. Обозначим узлы стержня (конечный элемент) (рис. 2) в системе координат *Oxyz* номерами *1* и *2* (рис. 2, *а*). Узел стержня *1* имеет проекцию перемещения на ось стержня, равную $\Delta_1 = l\,u_1 + m\,v_1 + n\,w_1$; проекция смещения узла *2* на ось стержня, записывается анало-

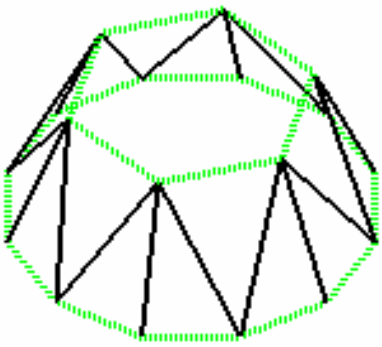
гично: $\Delta_2 = l\,u_2 + m\,v_2 + n\,w_2$. Здесь u_i, v_i, w_i ($i = 1,\ 2$) – проекции векторов перемещений узлов, направленные вдоль выбранных осей координат. Направляющие косинусы l, m, n можно вычислить как проекции стержня на оси координат x, y, z: $l = L_x / L$, $m = L_y / L$, $n = L_z / L$. Длина стержня равна $L = \sqrt{L_x^2 + L_y^2 + L_z^2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$, где координаты узлов x_1, y_1, z_1 и x_2, y_2, z_2. Удлинение стержня определим выражением $\Delta L = \Delta_2 - \Delta_1 = (u_2 - u_1)l + (v_2 - v_1)m + (w_2 - w_1)n$. Тогда его относительная продольная деформация равна $\varepsilon = \Delta L / L$. Произведение деформации на жесткость стержня дает продольную силу: $N = \dfrac{ES}{L}\left[(u_2 - u_1)l + (v_2 - v_1)m + (w_2 - w_1)n\right]$. В узлах *1* и *2* (рис. 2, *б*) приложим силы $F_1 = \{F_{1x},\ F_{1y},\ F_{1z}\}^T$ и $F_2 = \{F_{2x},\ F_{2y},\ F_{2z}\}^T$ и запишем уравнения равновесия вида

$$\begin{Bmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \\ F_{1z} \\ F_{2x} \\ F_{2y} \\ F_{2z} \end{Bmatrix} = \frac{ES}{L} \begin{bmatrix} l^2 & l\,m & l\,n & -l^2 & -l\,m & -l\,n \\ l\,m & m^2 & m\,n & -l\,m & -m^2 & -m\,n \\ l\,n & m\,n & n^2 & -l\,n & -m\,n & -n^2 \\ -l^2 & -l\,m & -l\,n & l^2 & l\,m & l\,n \\ -l\,m & -m^2 & -m\,n & l\,m & m^2 & m\,n \\ -l\,n & -m\,n & -n^2 & l\,n & m\,n & n^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ w_2 \end{Bmatrix}.$$

В правой части данного уравнения равновесия составленная матрица есть матрица жесткости прямолинейного конечного элемента e. Количество составляемых матриц равно числу стержней фермы.



а

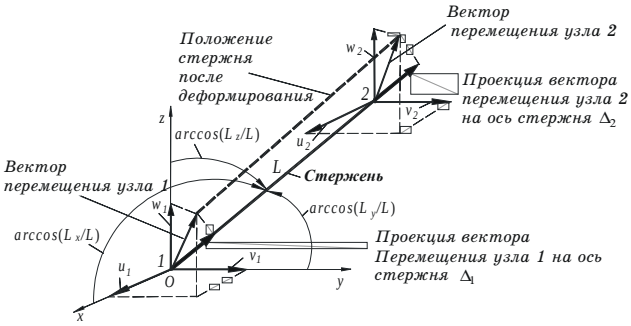


б

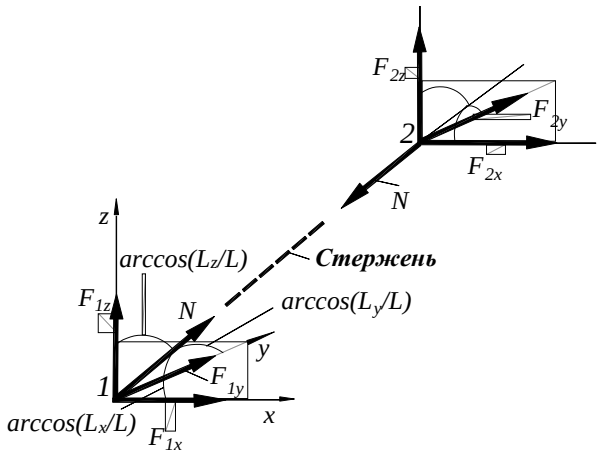
Рис. 1. Переходные отсеки летательных аппаратов: *а* – расчеты напряженного состояния переходных отсеков [1–3]; *б* – конструкции с любой расстановкой стержней и различной жесткостью

Пусть конструкция имеет n узлов, в которых соединяются m стержней. Чтобы получить решение МКЭ, необходимо удовлетворить условию совместности смещений стержней, соединяющихся в узле, и условию равновесия узлов. Система узловых смещений $\{U\} = \{U_1\ \ U_2\ \ U_3\ \ \ldots\ \ U_n\}^T$, где $U_i = \{u_i, v_i, w_i\}^T$, записанная для всех узлов конструкции, удовлетворяет условию совместности смещений. Часть элементов вектора смещений $\{U\}$ является неизвестными смещениями конструкции, а другая часть должна быть известной – эта часть представляет собой ограничения на смещение опор. Внутри каждого конечного элемента обеспечены условия равновесия. Необходимо обеспечить равновесие для узлов конструкции. Предположим, что конструкция нагружена внешними силами, приложенными в узлах: $\{R\} = \{R_1\ \ R_2\ \ R_3\ \ \ldots\ \ R_n\}^T$, где $R_i = \{R_{ix}, R_{iy}, R_{iz}\}^T$. Результирующая система уравнений равновесий всех узлов конструкций записывается суммированием реакций по всем элементам конструкции [4; 5]: $\{R\} = \sum_{e=1}^{e=m} \{F_1^e\ \ F_2^e\ \ \ldots\ \ F_i^e\ \ F_n^e\}^T = \sum_{e=1}^{e=m} F^e$. Учет граничных условий дает разрешающую систему линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных смещений узлов фермы.

Рассмотрим вид фермы (рис. 1, *б*) сверху, и перенумеруем (рис. 3) узлы и стержни (рис. 3, *а*). В задаче количество узлов и число стержней равно 18. К узлам фермы приложим компоненты вектора перемещений (рис. 3, *б*).



а



б

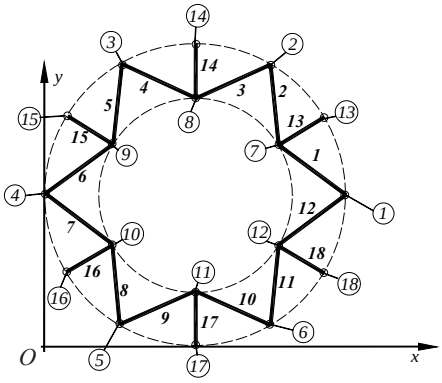
Рис. 2. Конечно-элементное моделирование деформирования стержня: *а* – геометрическая сторона задачи; *б* – обеспечение условий равновесия внутри стержня

Для формирования общей матрицы жесткости стержневой фермы используем алгоритм Дж. Аргироса [6]. Пусть G – общая матрица жесткости, размерностью $N \cdot N$. Напомним, что матрица G связывает реакции в узлах конструкции с перемещениями этих узлов:

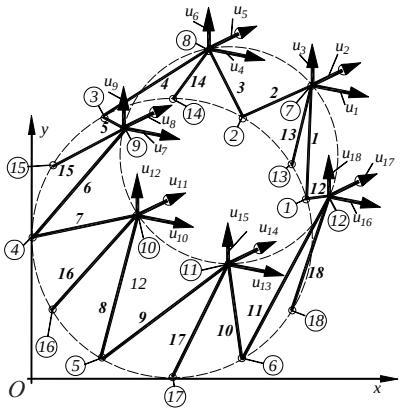
$$\{R_1 \quad R_2 \quad R_3 \quad ... \quad R_{18}\}^T = [G]\{u_1 \quad u_2 \quad u_3 \quad ... \quad u_{18}\}^T .$$

Матрица жесткости будет преобразовываться при формулировке задачи деформирования фермы с жестким диском.

Этап постановки задачи расчета фермы с жестким диском. Рассмотрим перемещение жесткого диска отделенного от фермы (рис. 4). К диску приложены реакции, возникающие в узлах сочленения с фермой, а также выполняются условия неразрывности перемещений в этих же узлах. В качестве полюса выберем произвольную точку O (рис. 4, *а*). Пусть эта точка лежит в плоскости диска. Перемещения полюса O обозначим символами u_0, v_0, w_0. Возможные перемещения обозначаются символами $\delta u_0, \delta v_0, \delta w_0$ и проекции угла поворота диска назначим φ_x – вокруг оси x; φ_y – вокруг оси y, φ_z – вокруг оси z. Вариации углов поворота обозначим символами $\delta\varphi_x$, $\delta\varphi_y$, $\delta\varphi_z$. К диску приложены реакции, возникающие в узлах сочленения с фермой, и выполняются условия неразрывности перемещений в этих же узлах.



а



б

Рис. 3. Проекции фермы переходного отсека: *а* – выбор глобальной системы координат, нумерация узлов и стержней; *б* – ферма, отделенная от жесткого диска, к узлам которой приложены компоненты вектора смещений

Составим соотношения, связывающие смещения полюса и перемещения узлов сочленения фермы с диском:

$$u_1 = u_0 - \varphi_z\, y_7 ;$$

$$u_2 = v_0 + \varphi_z\, x_7 ;$$

$$u_3 = w_0 + \varphi_x\, y_7 - \varphi_y\, x_7 ;$$

$$u_4 = u_0 - \varphi_z\, y_8 ;$$

$$u_5 = v_0 + \varphi_z x_8 ;$$

$$u_6 = w_0 + \varphi_x\, y_8 - \varphi_y\, x_8 ;$$

$$u_7 = u_0 - \varphi_z\, y_9 ;$$

$$u_8 = v_0 + \varphi_z\, x_9 ;$$

$$u_9 = w_0 + \varphi_x\, y_9 - \varphi_y\, x_9 ;$$

$$u_{10} = u_0 - \varphi_z\, y_{10} ;$$

$$u_{11} = v_0 + \varphi_z\, x_{10} ;$$

$$u_{12} = w_0 + \varphi_x\, y_{10} - \varphi_y\, y_{10} ; \qquad (1)$$

$$u_{13} = u_0 - \varphi_z\, y_{11} ;$$

$$u_{14} = v_0 + \varphi_z x_{11} ;$$

$$u_{15} = w_0 + \varphi_x\, y_{11} - \varphi_y\, x_{11} ;$$

$$u_{16} = u_0 - \varphi_z\, y_{12} ;$$

$$u_{17} = v_0 + \varphi_z\, x_{12} ;$$

$$u_{18} = w_0 + \varphi_x\, y_{12} - \varphi_y\, x_{12} .$$

Вариации перемещений узлов выражаются через вариации перемещений полюса:

$$\delta u_1 = \delta u_0 - \delta\varphi_z\, y_7 ;$$

$$\delta u_2 = \delta v_0 + \delta\varphi_z\, x_7 ;$$

$$\delta u_3 = \delta w_0 + \delta\varphi_x\, y_7 - \delta\varphi_y\, x_7 ;$$

$$..... \qquad (2)$$

$$\delta u_{16} = \delta u_0 - \delta\varphi_z\, y_{12} ;$$

$$\delta u_{17} = \delta v_0 + \delta\varphi_z\, x_{12} ;$$

$$\delta u_{18} = \delta w_0 + \delta\varphi_x\, y_{12} - \delta\varphi_y\, x_{12} .$$

Запишем принцип возможных перемещений (принцип Лагранжа) для жесткого диска (рис. 4), к которому приложены внешние и внутренние силы, формулой

$$-R_1\, \delta u_1 - R_2\, \delta u_2 - R_3\, \delta u_3 - ...$$

$$... - R_{18}\, \delta u_{18} + P_x\, \delta u_0 + P_y\, \delta v_0 +$$

$$+ P_z\, \delta w_0 + M_x\, \delta\varphi_x + M_y\, \delta\varphi_y + M_z\, \delta\varphi_z = 0 , \qquad (3)$$

где R_i – реакции стержней фермы (рис. 4, *б*).

Подставив вариации перемещений выражения (2) в уравнение Лагранжа (3), и варьируя полученное уравнение: последовательно назначая $\delta u_i = 1,\ i = 1,\ 2, ..., 18$ при всех оставшихся вариациях, равных нулю, получим уравнения равновесия вида

$$\left\{ \begin{array}{c} R_1 + R_4 + R_7 + R_{10} + R_{13} + R_{16} \\ R_2 + R_5 + R_8 + R_{11} + R_{14} + R_{17} \\ R_3 + R_6 + R_9 + R_{12} + R_{15} + R_{18} \\ R_3\, y_7 + R_6 y_8 + R_9 y_9 + R_{12} y_{10} + R_{15} y_{11} + R_{18} y_{12} \\ -R_3\, x_7 - R_6 x_8 - R_9 x_9 - R_{12} x_{10} - R_{15} x_{11} - R_{18} x_{12} \\ (-R_1\, y_7 + R_2 x_7 - R_4 y_8 + R_5 x_8 - R_7 y_9 + R_8 x_9 - R_{10} y_{10} + \\ + R_{11} x_{10} - R_{13} y_{11} + R_{14} x_{11} - R_{16} y_{12}) \end{array} \right\} =$$

$$= \begin{Bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \\ P_z y_P + M_x \\ -P_z x_P + M_y \\ -P_x y_P + P_y x_P + M_z \end{Bmatrix}.$$

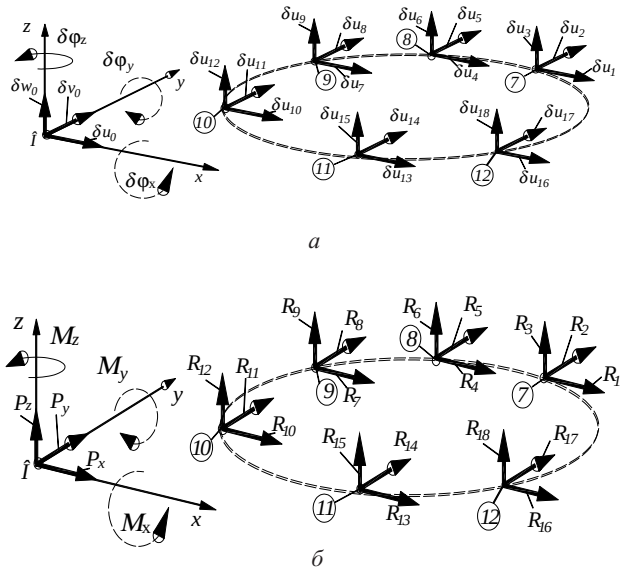


Рис. 4. Диск, отделенный от фермы переходного отсека: *а* – вариации перемещений узлов фермы и углов поворота произвольным образом выбранного полюса; *б* – реакции, возникающие в узлах сочленения фермы с диском; внешние нагрузки, действующие на диск, выражаются через усилия, приложенные к полюсу и проекции моментов (последние – свободные векторы)

Учитывая выражения (1), получим шесть уравнений равновесия относительно перемещений полюса:

$$\begin{bmatrix} & & \\ & G2 & \\ & & \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} u_0 \\ v_0 \\ w_0 \\ \varphi_x \\ \varphi_y \\ \varphi_z \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \\ P_z y_P + M_x \\ -P_z x_P + M_y \\ -P_x y_P + P_y x_P + M_z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}. \quad (4)$$

После решения системы уравнений (4), обратно по формулам (1) вычисляются перемещения узлов *7–12*. Зная перемещения узлов, определим усилия в стержнях фермы.

Продемонстрируем результаты расчета напряженно-деформированного состояния конструкции фермы переходного отсека. Расчеты выполним в системе Maple [7].

1. Приложим к центру диска вертикальную составляющую нагрузки $P_z = 600$ (рис. 5).

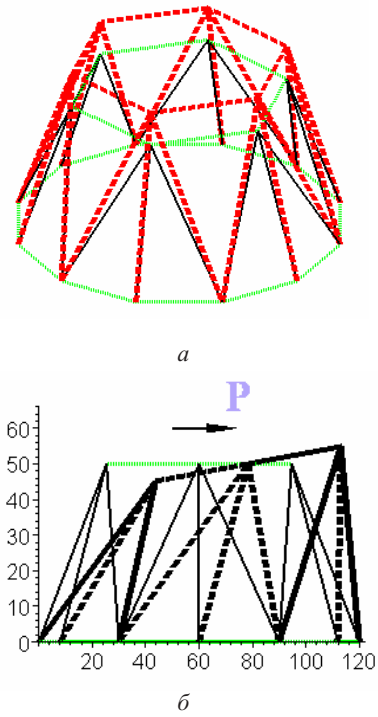


Рис. 5. Деформированный вид конструкции с жестким элементом: *а* – от действия продольной (аксиальной) силы; *б* – от действия поперечной силы

Усилия в стержнях равны $N_k = 35,53;\ k = 1,\ 2, ..., 12$; $N_k = 43,41;\ k = 13,\ 14, ..., 18$. Деформированный вид покажем на рис. 5, *а*. Отметим, что в ферме без жесткого диска от растягивающей силы, например, в трех стержнях *1*, *2*, *13* возникают растягивающие и сжимающие усилия. Устройство жесткого диска меняет картину напряженного состояния: все три стержня растянуты.

2. *Действие поперечной силы* $P_z = 100$. Сила приложена в центре диска. Деформированный вид покажем на рис. 5, *б*. Продольные усилия в стержнях равны

$$N_1 = N_{12} = -13,06;$$

$$N_{13} = N_{18} = -5,44;$$

$$N_2 = N_{11} = 19,07;$$

$$N_3 = N_{10} = -32,14;$$

$$N_4 = N_9 = 32,14;$$

$$N_5 = N_8 = -19,07;$$

$$N_6 = N_7 = 13,06;$$

$$N_{13} = N_{18} = -5,44;$$

$$N_{14} = N_{17} = 0;$$

$$N_{15} = N_{16} = 5,44.$$

3. Изгибание фермы *моментом*, *Mx* = 1 000. Рассмотрим деформирование переходного отсека (рис. 6) моментом, действующим на жесткий диск фермы (рис. 6, *а*). Такое нагружение можно представить как внецентренное растяжение–сжатие. Пусть момент направлен вдоль оси *x*. Вычислим усилия в стержнях:

$$N_1 = N_6 = -N_7 = -N_{12} = 3,72;$$
$$N_2 = N_5 = -N_8 = -N_{11} = -0,5;$$
$$N_3 = N_4 = -N_9 = -N_{10} = 3,22;$$
$$N_{13} = N_{15} = -N_{16} = -N_{18} = 1,57.$$

Построим деформированный вид конструкции (рис. 6, *б – г*).

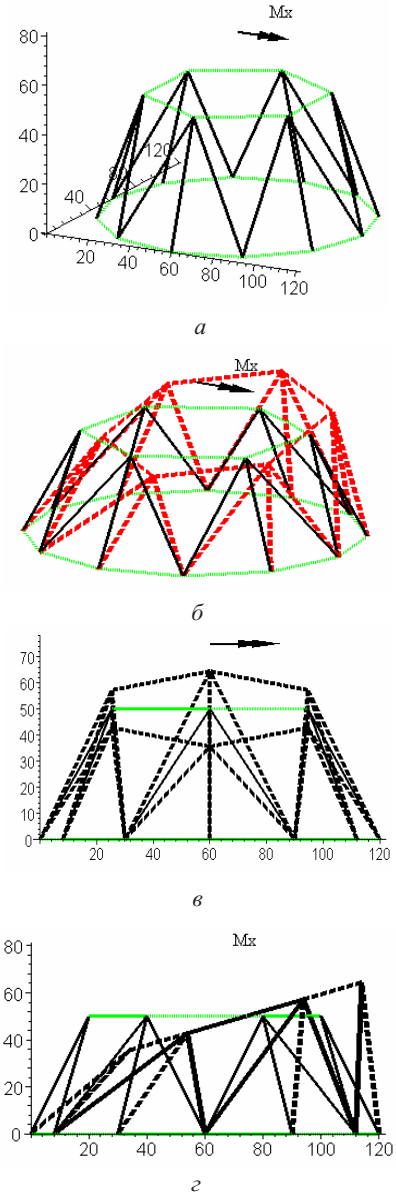


Рис. 6. Деформированный вид конструкции с жестким элементом от действия изгибающего момента: *а* – недеформированный вид; *б* – пространственный вид деформирования; *в* и *г* – виды в плоскостях

4. Кручение переходного отсека, $Mz = 1\,000$. Рассмотрим важный вид деформирования переходной фермы (рис. 7) – это деформирование крутящим моментом (рис. 7, *а*) приложенным к диску.

Усилия в стержнях равны

$$N_1 = -N_2 = N_3 = -N_4 = N_5 =$$
$$= -N_6 = N_7 = -N_8 = N_9 =$$
$$= -N_{10} = N_{11} = -N_{12} = 4,13.$$

Стержни 13–18 являются нулевыми. Деформированный вид фермы показан на рис. 7 штриховыми линиями.

Рассмотренная система ферма–диск являются статически неопределимой. *Главной проверкой* решения ферменной системы с жестким диском является деформационная проверок

$$\Delta_i = \sum_{\text{сумма по стержням}} \int_L \frac{N_i^{\text{единичная}} \cdot N^{\text{окончательная}}}{ES} dL.$$

Для проверки выполненных расчетов были построены в основной системе (по подобию метода сил) единичные эпюры продольных сил $N_i^{\text{единичная}}$. Окончательные усилия $N^{\text{окончательная}}$ в стержнях получены в расчетах. Обеспечение совместности деформирования *всех узлов* фермы, сопряженных с диском позволяет судить о достоверности результатов (уравнения равновесия узлов здесь позволяют только доопределить реакции, возникающие между узлами и диском).

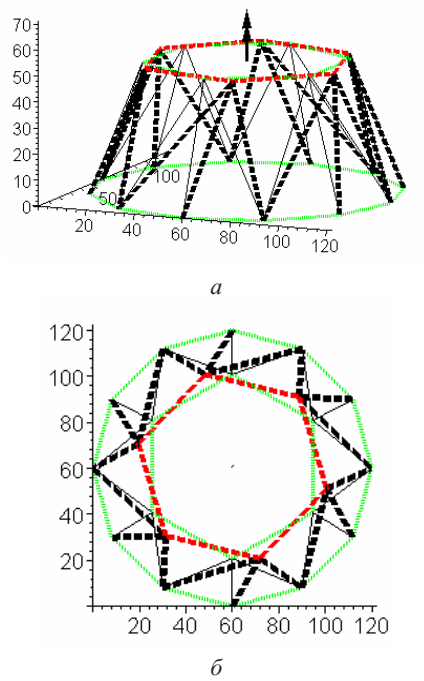


Рис. 7. Деформированный вид конструкции с жестким элементом от действия крутящего момента: *а* – пространственный вид деформирования; *б* – вид сверху

Также были выполнены промежуточные проверки правильности составленной общей матрицы жесткости конструкции фермы, отделенной от диска. Здесь проверялось *равновесие* каждого отдельного узла фермы по трем независимым направлениям. Отметим, что постоянно контролировалась точность вычислений (варьировалось значение оператора Digits) и проверялись решения систем уравнений.

В заключение рассмотренных расчетов пространственных ферм отметим, что приведенные примеры являются своего рода тестовыми. По подобию этих примеров можно выполнить расчеты переходных отсеков для большего многообразия расположения стержней в ферменной части конструкции и разнообразия нагрузок.

Библиографический список

1. Балабух, Л. И. Строительная механика ракет : учеб. для машиностр. спец. вузов / Л. И. Балабух, Л. А. Алфутов, В. И. Усюкин. М. : Высш.шк., 1984. 391 с.

2. Основы конструирования ракет-носителей космических аппаратов / Б. В. Грабин [и др.] ; под ред. В. П. Мишина, В. К. Карраска. М. : Машиностроение, 1991. 416 с.

3. Прочность ракетных конструкций : учеб. пособие для машинстр. спец. вузов / В. И. Моссаковский [и др.]. М. : Высш. шк., 1990. 359 с.

4. Зенкевич, О. Конечные элементы и аппроксимация / О. Зенкевич, К. Морган. М. : Мир, 1986. 318 с.

5. Бате, К. Численные методы анализа и метод конечных элементов / К. Бате, Е. Вилсон. М. : Стройиздат, 1982. 448 с.

6. Постнов, В. А. Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций / В. А. Постнов, И. Я. Хархурим. Л. : Судостроение, 1974. 342 с.

7. Говорухин, В. Компьютер в математическом исследовании : учебный курс / В. Говорухин, В. Цибулин. СПб. : Питер, 2001. 624 с.

R. A. Sabirov

APPLICATION OF VIRTUAL DISPLACEMENT PRINCIPLES IN COMBINATION WITH FINITE ELEMENTS METHOD FOR STRESS-STRAINED ANALYSIS OF TRANSIT TRUSS SEGMENTS

An approach to analysis of hinged-rod systems with rigit members is proposed. Different stages of analyzing the constructions (from the formulation a boundary problem and computer generated simulation to a stress-strained analysis) are considered. The issues of accuracy and reliability of the analysis are focused on.

УДК 621.396.96:629.783

А. М. Алешечкин, М. М. Валиханов, В. И. Кокорин

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ НАЗЕМНОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Рассматриваются методы определения погрешности координат в рабочей зоне радионавигационной системы. Показано, что метод косвенных измерений по точности и вычислительным затратам является наиболее оптимальным. Приводится алгоритм определения координат бортовой станции через широту и долготу на базе итерационного метода Ньютона.

В настоящее время задача определения собственного местоположения Российских судов и кораблей решается с помощью наземных радионавигационных систем (РНС) РС-10, «Марс-75» и «Брас», последние две из которых полностью выработали свой ресурс и требуют замены. Решение задачи с использованием глобальных радионавигационных систем «ГЛОНАСС» (Россия) и GPS (США) не представляется возможным из-за требуемой надежности, неполноценной группировки орбитальной части системы «ГЛОНАСС», а Соединенные Штаты Америки оставляют за собой право загрубления гражданского SA-кода над любым районом земной поверхности, что сужает сферу применения системы GPS.

Актуальной задачей является создание новой радионавигационной системы, которая соответствует современным требованиям точности, дальности действия, пропускной способности, помехозащищенности и надежности.

В наземных РНС используются методы измерения координат подвижного объекта, основанные на определении его положения относительно некоторых опорных пунктов с известными координатами с помощью поверхностей и линий положения (ЛП) [1].

Каждому фиксированному значению навигационного параметра (НП) соответствует определенная поверхность положения (на земной поверхности – линия положения). Местоположение объекта в пространстве определяется пересечением трех поверхностей положения, а на поверхности земли – двух линий положения.

В зависимости от того, какой навигационный параметр измеряется, различают следующие методы определения местоположения: пассивно-дальномерный, разностно-дальномерный, суммарно-дальномерный, квазидальномерный.

Целью данной работы является исследование погрешностей определения местоположения в рабочей зоне наземных радионавигационных систем.

Для достижения указанной задачи были исследованы определения теоретической погрешности в различных режимах работы РНС, алгоритмы решения на эллипсоиде прямой и обратной геодезических задач, методы расстановки расположения опорных станций (ОС) с целью уменьшения влияния геометрического фактора в рабочей зоне РНС.

Основным НП при определении местоположения является дальность, разность или сумма дальностей от бор-

товой стации (БС) до опорных станций. Результат измерения можно представить в следующем виде:

$$R_{\text{изм}i} = R_i + \Delta, \quad (1)$$

где Δ – погрешность измерения; R_i – истинное значение дальности.

Измерения дальностей $R_{\text{изм}i}$ от N опорных станций для исследуемых режимов работы РНС определяются по следующим формулам:

– в пассивно-дальномерном вешение местоположения

$$R_i = \sqrt{\left(X_i - X_{\text{БС}}\right)^2 + \left(Y_i - Y_{\text{БС}}\right)^2}\ ; \quad (2)$$

– в разносно-дальномерном

$$R_i = \sqrt{\left(X_i - X_{\text{БС}}\right)^2 + \left(Y_i - Y_{\text{БС}}\right)^2} - \sqrt{\left(X_{\text{ВД}} - X_{\text{БС}}\right)^2 + \left(Y_{\text{ВД}} - Y_{\text{БС}}\right)^2}; \quad (3)$$

– в суммарно-дальномерном

$$R_i = \sqrt{\left(X_i - X_{\text{БС}}\right)^2 + \left(Y_i - Y_{\text{БС}}\right)^2} + \sqrt{\left(X_{\text{ВД}} - X_{\text{БС}}\right)^2 + \left(Y_{\text{ВД}} - Y_{\text{БС}}\right)^2}; \quad (4)$$

– в квазидальномерном

$$\mathrm{R}_i = \sqrt{\left(X_i - X_{\text{БС}}\right)^2 + \left(Y_i - Y_{\text{БС}}\right)^2} + \Delta t \cdot c, \quad (5)$$

где $i = 1...N$ – текущий номер измерения дальности; X_i, Y_i – координаты i-ой опорной станции; $X_{\text{БС}}$, $Y_{\text{БС}}$ – координаты бортовой станции; $X_{\text{ВД}}$, $Y_{\text{ВД}}$ – координаты ведущей станции; $\Delta\tau$ – расхождение бортового и системного шкал времени, с – скорость распространения волн в среде.

В каждом режиме составляется система из N уравнений с двумя неизвестными и решается итерационным методом Ньютона [1] в прямоугольной проекции Гаусса–Крюгера.

Известно, что на погрешность измерения местоположения влияет геометрическое расположение опорных станций и бортовой станции, так называемый геометрический фактор, который позволяет оценить вклад в точностные характеристики взаимную ориентацию ОС и БС. Определение расположения опорных станций, при котором геометрический фактор оказывает минимальное влияние на погрешность координат в рабочей зоне РНС, является актуальной задачей.

Современное развитие вычислительных систем позволяет производить расчеты и моделирование в короткие сроки. Предварительное проведение исследований погрешностей в рабочей зоне РНС актуально в силу ряда причин.

Во-первых, опорные станции могут быть размещены только в определенных охраняемых и электрифицированных местах, поэтому антенны ОС размещают на маяках или возвышенностях для увеличения дальности действия. Таких потенциальных для размещения мест может быть несколько, и их количество обычно превышает число станций в системе. Соответственно необходимо на основании перечня координат опорных точек провести исследования с целью определения наилучшего взаимного расположения станций.

Во-вторых, для уменьшения погрешности определения координат могут быть развернуты мобильные и перевозимые станции, поэтому необходимо определить наилучшее место расположения дополнительных станций.

В-третьих, теоретически рассчитанная погрешность может быть представлена как «поле погрешностей», которое отображается на экране приемоиндикатора, предоставляя дополнительную информацию членам экипажа судна [2; 3].

При проведении исследований определения погрешности координат в рабочей зоне РНС использовались два метода – статистического моделирования и косвенных измерений.

Статистический метод. В каждой точке рабочей зоны радионавигационной системы производится N измерений навигационных параметров, решается навигационная задача и вычисляется среднеквадратическое отклонение погрешности определения местоположении объекта. Недостатком метода является большое время и объем вычислений.

Метод косвенных измерений лишен недостатка предыдущего. В каждой точке рабочей зоны РНС определяются направляющие косинусов по следующим формулам на плоскости:

– в пассивно-дальномерном режиме работы

$$kx_i = \frac{X_i - X_{\text{БС}}}{R_{\text{бс}_i}}, \quad ky_i = \frac{Y_i - Y_{\text{БС}}}{R_{\text{бс}_i}}, \quad A_i = (kx_i \quad ky_i), \quad (6)$$

где $R_{\text{бс}_i} = \sqrt{\left(X_i - X_{\text{БС}}\right)^2 + \left(Y_i - Y_{\text{БС}}\right)^2}$ – дальность от бортовой до i-ой опорной станции;

– в разносно- и суммарно-дальномерных режимах работы

$$kx_i = \frac{X_i - X_{\text{БС}}}{R\text{бс}_i} \pm \frac{X_{\text{ВД}} - X_{\text{БС}}}{R\text{вд}}, \quad ky_i = \frac{Y_i - Y_{\text{БС}}}{R\text{бс}_i} \pm \frac{Y_{\text{ВД}} - Y_{\text{БС}}}{R\text{вд}}, \quad A_i = (kx_i \quad ky_i), \quad (7)$$

где $R_{\text{ВД}} = \sqrt{\left(X_{\text{ВД}} - X_{\text{БС}}\right)^2 + \left(Y_{\text{ВД}} - Y_{\text{БС}}\right)^2}$ – дальность от бортовой до ведущей станции, знак «+» для суммарно-дальномерного, знак «–» для разностно-дальномерного режимов работы РНС;

– в квазидальномерном режиме работы

$$kx_i = \frac{X_{\text{БС}} - X_i}{R\text{бс}_{\text{i}}}, \quad ky_i = \frac{X_{\text{БС}} - X_i}{R\text{бс}_{\text{i}}}, \quad kt_i = -1 \quad A_i = (kx_i \quad ky_i \quad kt_i). \quad (8)$$

Далее вычисляется определитель матрицы A по формуле

$$M = \det\left(A^T A\right). \quad (9)$$

Выбор наилучшего расположения опорных станций проводится по следующему алгоритму:

1) формируется список комбинаций ОС общим числом сочетаний $C^k_n = k!/(n!(k-n)!)$, где n – число опор-

ных станций, k – число потенциальных мест размещения ОС;

2) рабочая зона разбивается на исследуемые точки по оси X на Nx, по оси Y на Ny, в которых вычисляется значение M и запоминается как элемент матрицы $F_{i,j}$, где $i = 1\ldots Nx$, $j = 1\ldots Ny$;

3) если исследуется разностно- или суммарно-дальномерные режимы, то дополнительно организуется цикл $v = 1\ldots k$, когда одна из станций является ведущей;

4) наилучшим вариантом комбинаций ОС (а также номер ведущей станции) считается тот, когда сумма элементов матрицы F дает минимальное значение.

Для проведения моделирования заданы координаты шести точек расположения опорных станций (таблица). Необходимо из возможных комбинаций ОС выбрать такие четыре, при которых геометрический фактор оказывает минимально-возможное влияние (рис. 1).

Точки опорных станций

№ ОС	X, м	Y, м
1	1780852	19077
2	2143114	367945
3	2726775	26726
4	1740000	420000
5	1610000	270000
6	1800000	200000

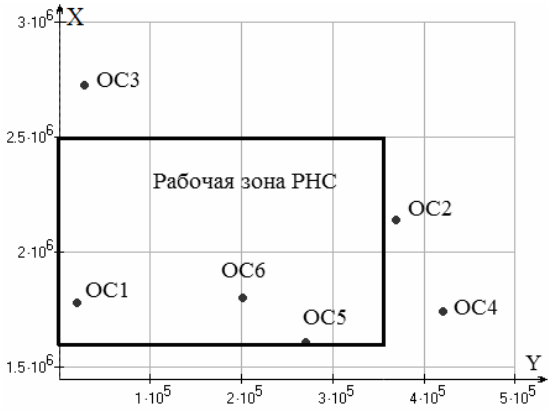


Рис. 1. Расположения опорных станций

В результате моделирования установлено, что наилучшим расположением обладают ОС с номерами в следующих режимах работы РНС: в пассивно-дальномерном – 4, 3, 2, 1; в разносно-дальномерном – 5, 3, 2, 1 и ведущая станция 2; суммарно-дальномерном – 5, 4, 2, 1 и ведущая станция 4; в квазидальномерном – 5, 3, 2, 1.

Результаты вычислений исследуемых режимов работы радионавигационной системы (поле теоретически рассчитанной погрешности координат) для станций с номерами 5, 3, 2, 1 и ведущая станция 2 приведены на рис. 2.

Как показывает моделирование, метод косвенных измерений по сравнению со статистическим более компактен и требует меньших вычислений. В силу этого рекомендуется применять данный метод для расчета теоретической погрешности в рабочей зоне РНС.

При работе радионавигационной системы квазидальномерный метод более предпочтителен, так как обладает погрешностью определения координат в рабочей зоне, сравнимой с полученной в дальномерном режиме работы РНС как в разносно- и суммарно-дальномерных режимах обеспечивает обслуживание бесконечного числа потребителей, а также дополнительно позволяет определять расхождение бортового и системного шкал времени, но за счет введения дополнительной третьей опорной станции.

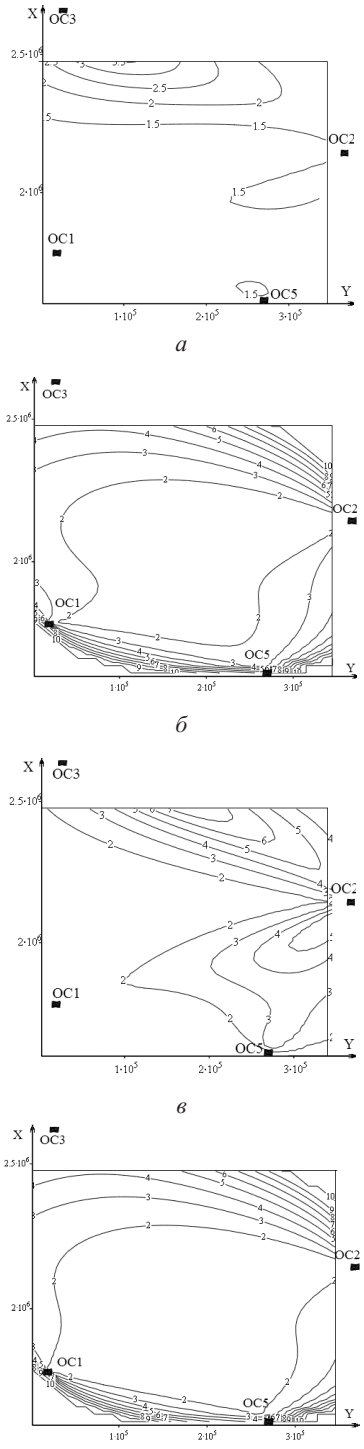


Рис. 2. Поле теоретически рассчитанной погрешности в четырех режимах работы РНС: *а* – дальномерном; *б* – разностно-дальномерном, *в* – суммарно-дальномерном; *г* – квазидальномерном

В настоящее время для определения координат бортовой станции в радионавигационных системах ближней навигации (100–150 км) проводят измерения по формулам (2)–(5). В системах навигации средней дальности действия, измеренные дальности по сигналам радионавигационной системы и вычисленные в соответствии с выражением (2)–(5) будут отличаться друг от друга вследствие сферичности Земли. В настоящее время известно несколько способов решения данной проблемы. В работе [4] предложен способ перехода с плоскости на эллипсоид путем вычисления поправки, учитывающей сферичность Земли:

$$\Delta R_i = \frac{R_i}{6R_З^2} \cdot \begin{pmatrix} (Y_i - Y_0)^2 + (Y_{БС} - Y_0)^2 + \\ + (Y_i - Y_0)(Y_{БС} - Y_0) \end{pmatrix}, \qquad (10)$$

где Y_0 – константа, равная 500 000 м, соответствующая смещению координат, используемому в системе Гаусса–Крюгера; $R_З$ – радиус Земли в заданном регионе [2]; для перехода на эллипсоид поправку ΔR необходимо отнять от R_i.

Другой способ определения дальности между двумя точками на эллипсоиде основан на решении обратной геодезической задачи (ОГЗ). Известно большое число методов решения ОГЗ, однако наиболее строгим является метод решения, основанный на алгоритме Бесселя. Данный метод обеспечивает точность не меньше 3–5 мм при любых расстояниях между точками, в том числе и в области высоких широт [4]. Метод Бесселя был приведен к виду для решения основных геодезических задач на любом эллипсоиде.

Недостатком данного способа является повышенная трудоемкость вычислений по сравнению со способом вычисления поправки за сферичность Земли. Однако при современном уровне вычислительной техники данный недостаток не является существенным.

Погрешность перехода с плоскости на эллипсоид с учетом поправки сферичности Земли можно определить по следующему алгоритму: задаются координаты двух точек на плоскости, и по ним вычисляются географические координаты, далее определяются расстояния на плоскости (R_i) и эллипсоиде (S_i) по способу Бесселя, соответственно. Вычисляется поправка ΔR_i и далее определяется погрешность перехода:

$$\Delta_i = S_i - (R_i - \Delta R_i)\,. \qquad (11)$$

График погрешности перехода с плоскости на эллипсоид с учетом поправки за сферичность Земли в одной шестиградусной зоне в проекции Гаусса–Крюгера изображен на рис. 3.

Так, метод вычисления расстояния на плоскости с поправкой за счет сферичности Земли зависит от широты, и наибольшая погрешность достигает значения около метра на экваторе. Одна из проблем, встречающаяся при расчетах, – переход из одной зоны в другую в проекции Гаусса–Крюгера и определение расстояния между точками, находящимися в разных зонах проекции. При решении задачи в прямоугольной системе координат необходимо перейти к географическим координатам, задать требуемый меридиан и перейти обратно к прямоугольным, далее определить расстояние между двумя точками. При преобразовании координат растет методическая погрешность и увеличивается общее время вычислений.

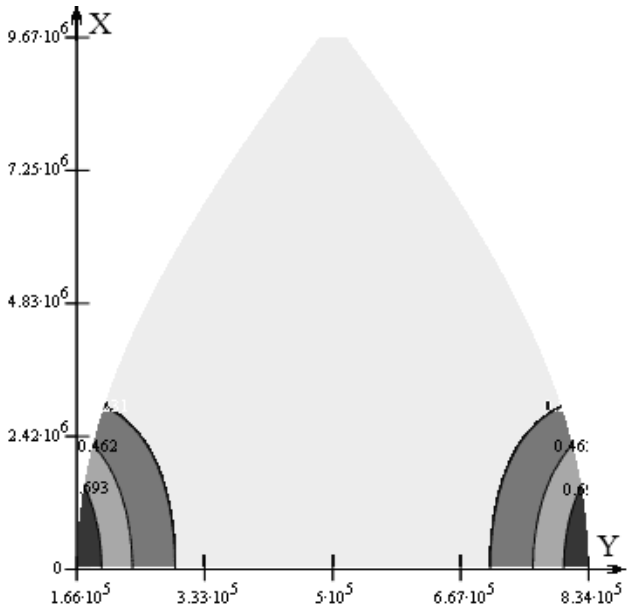


Рис. 3. Погрешность перехода с плоскости на эллипсоид в одной шестиградусной зоне

Для решения поставленной задачи разработан алгоритм определения координат на эллипсоиде, для уменьшения методической погрешности в географических координатах (широта, долгота) проведены исследования прямого и обратного преобразования координат географических в плоские на любом эллипсоиде [4]. Погрешность преобразования доведена до 10^{-4} м на границе 6-градусной зоны за счет учета коэффициентов более высоких порядков.

Для решения навигационной задачи на эллипсоиде составляется система уравнений для определения координат, например, в квазидальномерном режиме, решение производится по итерационному методу Ньютона:

$$\left.\begin{array}{l} A_{1,0} \cdot \Delta B + A_{1,1} \cdot \Delta L + \Delta\tau \cdot c = \Delta R_1 \\ \vdots \\ A_{N,0} \cdot \Delta B + A_{N,1} \cdot \Delta L + \Delta\tau \cdot c = \Delta R_N \end{array}\right\}, \qquad (12)$$

где A – матрица направляющих косинусов, элементы которой определяются как $A_{i,0} = \frac{B_0 - B_i}{S_i} M$; $A_{i,1} = \frac{L_0 - L_i}{S_i} Ne \cdot \cos(B_0)$; $A_{i,2} = -1$; B_0, L_0 – геодезические координаты начального приближения бортовой станции; ΔB, ΔL – поправки к координатам; B_i, L_i – координаты опорных станций РНС; a – большая полуось эллипсоида, на котором заданы координаты станций РНС; e – эксцентриситет эллипсоида; $Ne = a\left(1 - e^2 \sin^2(B_0)\right)^{-\frac{1}{2}}$ – радиус кривизны нормального сечения; $M = a\left(1 - e^2\right)\left(1 - e^2 \sin^2(B_0)\right)^{-\frac{3}{2}}$ – радиус кривизны меридионального сечения; $\Delta R_i = S_{ИЗМi} - S_i$ – разность между измеренными и расчетными дальностями; $R_{ИЗМi}$ – измеренные дальности от БС до опорных станций; S_i – расчетные дальности от объекта до опорных пунктов.

Система решается итерационным методом, состоящим в последовательном уточнении координат начального приближения B_0, L_0 [1]. Число итераций зависит от близости начального приближения к истинным координатам бортовой станции.

Алгоритм определения координат бортовой станции с учетом сферичности Земли для квазидальномерного режима работы РНС представлен на рис. 4. В результате моделирования получено, что число итераций не превышает 3–4 при точности вычислений, равной 1 мм.

Моделирование режимов работы РНС показывает, что предложенный алгоритм решения навигационной задачи на эллипсоиде обладает следующими достоинствами: получение несмещенных координат КС; высокая точность вычисления расстояний между двумя точками на эллипсоиде; вычисления производятся в географических координатах, в связи с чем устраняется ряд проблем, возникающих при определении координат в проекции Гаусса–Крюгера.

Итак, проведено исследование методов определения теоретической погрешности в рабочей зоне наземной радионавигационной системы. Метод косвенных измерений позволяет сократить на порядок время вычислений при сравнении со статистическим методом.

Разработан и исследован алгоритм определения наилучшего взаимного расположения станций в различных режимах работы и в рабочей зоне навигационной системы, который позволяет минимизировать влияние геометрического фактора расположения опорных станций на погрешность определения координат судна в рабочей зоне РНС.

Проработаны алгоритмы определения координат на плоскости и эллипсоиде в режимах работы радионавигационной системы: пассивно-дальномерный, разноснодальномерный, суммарно-дальномерный, квазидальномерный. Исследования показывают, что квазидальномерный режим представляет собой наибольший интерес, так как обладает высокой точностью определения координат и большой зоной работы.

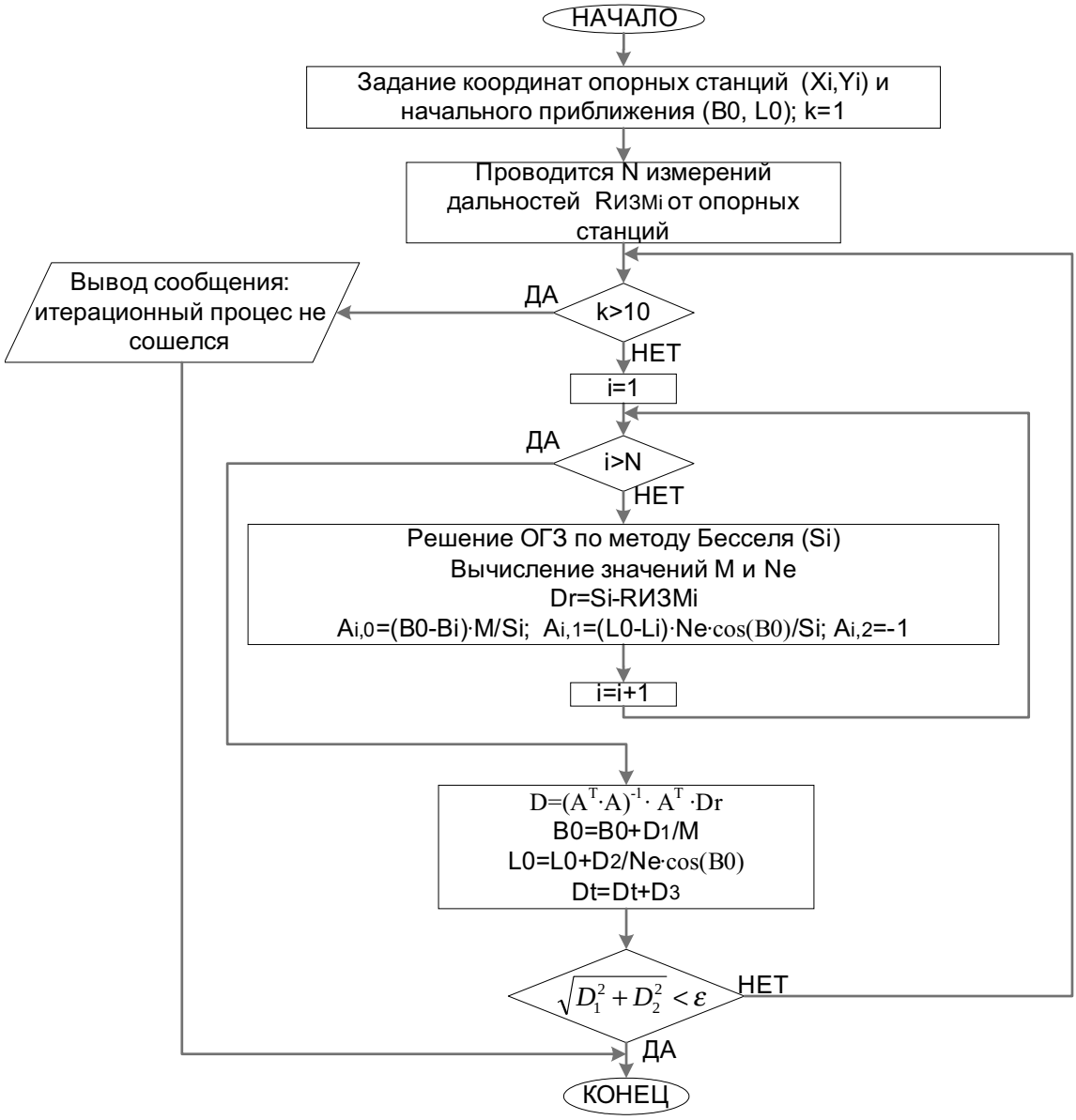


Рис. 4. Алгоритм определения координат бортовой станции в радионавигационной системе «Спрут»

Проведены исследования алгоритмов преобразования координат из прямоугольных в географические, предложены алгоритмы решения задач для любого эллипсоида, точность преобразований менее 10^{-4} м на границе 6-градусной зоны.

Проведены исследования алгоритмов вычисления основных геодезических задач на эллипсоиде, рекомендован метод Бесселя. Для уменьшения методической погрешности путем учета коэффициентов более высоких порядков, вычисление дальности доведено до 1–2 мм между двумя точками, находящихся на противоположенных сторонах эллипсоида, а также при решении задачи на любом эллипсоиде.

Разработан и рекомендован алгоритм определения местоположения на эллипсоиде через широту и долготу на базе итерационного метода Ньютона. В настоящее время разработанный алгоритм реализован в программном обеспечении вторичной обработки информации бортовой станции РНС «Спрут» с целью решения задач определения координат морских объектов.

Библиографический список

1. Шебшаевич, В. С. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / В. С. Шебшаевич [и др.] ; под ред. В. С. Шебшаевича. 2-е изд. М. : Радио и Связь, 1993. 408 с.

2. Алешечкин, А. М. Исследование дальномерного режима радионавигационной системы «КРАБИК-БМ» / А. М. Алешечкин, А. Г. Бяков, М. М. Валиханов // Современные проблемы радиоэлектроники : сб. научн. тр. / под науч. ред. А. В. Сарафанова ; Краснояр. гос. техн. ун-т. Красноярск, 2002.

3. Алешечкин, А. М. Исследование дистанционного режима радионавигационной системы «КРАБИК-БМ» / А. М. Алешечкин, А. Г. Бяков, М. М. Валиханов // Современные проблемы радиоэлектроники : сб. научн. тр. / под науч. ред. А. В. Сарафанова ; Краснояр. гос. техн. ун-т. Красноярск, 2002.

4. Морозов, В. П. Курс сфероидической геодезии / В. П. Морозов. М. : Недра, 1979.

A. M. Aleshechkin, M. M. Valikhanov, V. I. Kokorin

THE RESEARCH OF ACCURACY DETERMINATION OF POSITION OF GROUND RADIO-NAVIGATION SYSTEM

It is covered methods of accuracy determination of position in working area ground radionavigation system. It is displayed that method of indirect measuring is optimized with relation computational burden. Algorithm determination of ship position via latitude and longitude with Newton iteration method is suggested.

УДК 629.78

М. В. Лукьяненко, М. М. Лукьяненко

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ТРОСОВЫХ СИСТЕМ

Рассмотрены вопросы математического моделирования электродинамических тросовых систем. Разработана математическая модель электродинамической тросовой системы, позволяющая определить зависимость характеристик системы от положения на орбите и параметров троса, а также область наиболее эффективного использования системы в качестве источника электроэнергии космического аппарата.

Космические тросовые системы – новое и очень перспективное направление развития космической энергетики. Особый интерес представляют электродинамические тросовые системы (ЭТС), которые являются альтернативным источником электроэнергии в околоземном пространстве. Они представляют собой систему космических объектов, соединенных между собой токопроводящим тросом.

При пересечении силовых линий магнитного поля Земли токопроводящим тросом, развернутым с орбитальной станции вдоль местной вертикали, в нем наводится ЭДС, и при замыкании контура по тросу начинает течь ток. Со стороны магнитного поля Земли на трос, по которому течет ток, действует распределенная сила Ампера, которая тормозит движение станции. Вся система в этом случае представляет собой глобальный виток, вырабатывающий электроэнергию за счет торможения в магнитном поле Земли.

Проводящий трос может быть использован как генератор электроэнергии. При движении троса в магнитном поле, снабженного на концах устройствами контакта с плазмой, в тросе будет индуцироваться ЭДС. Если между тросом и одним из устройств контакта с плазмой поместить электрическую нагрузку, то на ней будет производиться полезная работа. Сила, действующая на трос со стороны магнитного поля, в этом случае будет тормозить движение станции.

Концепция тросовых космических систем представляет следующие уникальные характеристики:

– сматывание троса может заменить сложный и дорогостоящий процесс стыковки;

– возможна передача энергии или данных по тросу;

– на платформе, соединенной тросом с орбитальной станцией, можно проводить научные эксперименты, изолированные от магнитной интерференции и динамических турбуленций, обычно исходящих от работающей космической станции;

– развернутый вниз трос может позволить изучение верхних слоев атмосферы Земли;

– тросовые космические системы могут позволить корректировать траекторию станции;

–вращающиеся тросовые космические системы могут создавать на платформе искусственную тяжесть, которую можно регулировать, изменяя расстояние от центра масс системы;

– возможно использование тросовой космической системы с токопроводящим тросом для создания дополнительной тяги, т. е. использование ее в качестве двигателя.

Для исследования движения тросовой космической системы на орбите использовалась модель с невесомым тросом. Расчеты проводились при допущении, что магнитное поле дипольное. На основе разработанной модели исследовалась динамика движения ЭТС в режиме генерации электроэнергии на экваториальных и наклонных круговых орбитах, а также влияние параметров ЭТС на вырабатываемую электроэнергию при ряде допущений.

1. Предложенная модель рассматривает основные энергетические характеристики ЭТС в точке максимальной мощности без учета нагрузки и при условии протекания по тросу постоянного тока. Это допущение обусловлено тем, что на концах троса происходит непрерывный контакт с окружающей плазмой и по тросу, таким образом, течет постоянный ток, значение которого изменяется в зависимости от положения движущегося троса относительно пересекаемых линий магнитной индукции. Поведение энергетических характеристик ЭТС при подключении нагрузки переменного тока является одним из направлений дальнейших исследований в этой области.

2. На концах троса имеются идеальные устройства контакта с плазмой. Идеальность в данном случае подразумевает малое сопротивление контакторов. Практически сопротивление плазменных замыкателей и полых катодов на обоих концах троса составляет не более 5 % сопротивления всей электрической цепи. Поэтому при моделировании протекания тока по тросу сопротивлением контакторов можно пренебречь.

3. Сопротивление плазмы пренебрежимо мало (0,1–0,3 Ом). При использовании длинных тросов (0,5–10 км) в зависимости от диаметра, сопротивление троса составит в среднем 8–10 Ом. Таким образом, сопротивление плазмы составляет менее 3 % сопротивления электрической цепи и им можно пренебречь.

4. Математическая модель, разработанная авторами, не учитывает изменения плотности плазмы на освещенных и затененных участках орбиты, хотя изменение плотности заряженных частиц ведет к изменению сопротивления плазмы. В данной работе значение тока в точке максимальной мощности сравнивалось с током, который может течь при использовании полых катодов в идеальных условиях при плотности частиц 10^{11} м$^{-3}$.

Математическая модель ЭТС включает в себя две взаимодействующие подмодели – модель генерации электроэнергии за счет торможения в магнитном поле Земли и модель движения системы под влиянием всех внешних сил, действующих на систему. В проводимых ранее исследованиях эти две модели рассматривались по отдельности, что не давало целостной картины.

Для аппроксимации магнитного поля Земли при исследованиях можно использовать различные математические модели. Наиболее точную аппроксимацию магнитного поля Земли дают модели с использованием полиномов Лежандра и косого диполя. При незначительном различии в ошибке аппроксимации модель с использованием косого диполя является более простой и требует меньше вычислительных ресурсов.

В данной работе модели генерации энергии и движения системы связаны между собой. Связующим звеном является разработанная модель магнитного поля Земли в виде косого диполя, используемая для определения энергетических характеристик ЭТС, которые, в свою очередь, влияют на динамику движения системы (за счет действующей на трос с током распределенной силы Ампера при взаимодействии с магнитным полем).

На основе разработанных математических моделей предложена методика определения допустимых параметров троса для генерации заданной мощности на орбите.

Математическая модель генерации электроэнергии за счет торможения в магнитном поле Земли, разработанная авторами, отличается от ранее используемой тем, что она определяет энергетические характеристики ЭТС в точке максимальной мощности, использует модель магнитного поля Земли в виде косого диполя и позволяет определить зависимость характеристик системы не только от положения на орбите и параметров троса, но и от времени.

При расчетах энергетических характеристик ЭТС была представлена в виде эквивалентной схемы (рис. 1), последовательно включающей в себя источник ЭДС, генерируемой в тросе, и сопротивление, которое определяется суммой сопротивлений (троса $R_{ТР}$, контакторов $R_{К1}$ и $R_{К2}$, нагрузки $R_Н$ и плазмы $R_П$).

Максимальную полезную мощность в данной схеме можно получить при равенстве сопротивления нагрузки $R_Н$ и внутреннего сопротивления источника, т. е. суммы $R_{К1} + R_{ТР} + R_{К2} + R_П$.

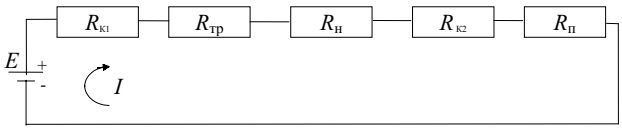


Рис. 1. Эквивалентная схема ЭТС

При допущении, что на концах троса установлены идеальные устройства контакта с плазмой, максимальная мощность, которую можно получить от ЭТС, определяем по формуле

$$P_{max} = \frac{E^2}{4R_{ТР}}, \quad (1)$$

где E – ЭДС индукции, наводящаяся в тросе; $R_{ТР}$ – внутреннее сопротивление троса, вычисляемое по формуле

$$R_{\text{ТР}} = \rho \frac{l}{S}, \quad (2)$$

где l – длина троса; S – диаметр поперечного сечения троса; ρ – удельная проводимость троса.

Учитывая, что длина троса на несколько порядков меньше высоты орбиты, изменением вектора магнитной индукции вдоль троса можно пренебречь и ЭДС индукции, возникающая при его движении в магнитном поле Земли, равна

$$E = \frac{d\Phi}{dt} = BlV, \quad (3)$$

где Φ – поток вектора магнитной индукции через площадь контура; B – вектор магнитной индукции на высоте орбиты основного спутника; V – скорость движения основного спутника.

С учетом выражений (2) и (3) формула для определения максимальной мощности, которую можно получить от тросовой системы (1), принимает вид

$$P_{\max} = \frac{(BlV)^2}{4\rho \, l/S} = \frac{S}{4\rho} l (BV)^2. \quad (4)$$

Составляющие вектора скорости основного спутника V в точке на орбите определяют по формулам [1]

$$V_n = \sqrt{\mu / p}(1 + e \cdot \cos(\vartheta)),$$
$$V_r = \sqrt{\mu / p} \cdot e \cdot \sin(\vartheta), \quad (5)$$
$$V = \sqrt{V_n^2 + V_r^2},$$

где V_n – составляющая скорости по нормали к радиусу орбиты; V_r – составляющая скорости по радиусу орбиты; e – эксцентриситет орбиты, p – фокальный параметр орбиты; ϑ – угол истинной аномалии; μ – гравитационная постоянная.

Ток, текущий по тросу, в точке максимальной мощности равен

$$I_m = 2 \frac{P_{\max}}{E}. \quad (6)$$

На проводник с током, движущийся в магнитном поле, действует распределенная сила Ампера, которую определяют по формуле

$$F_a = I \cdot B \cdot l \cdot \sin(\alpha), \quad (7)$$

где I – ток, текущий по тросу; α – угол между вектором магнитной индукции и направлением тока.

Сила Ампера отклоняет трос от радиального положения и в зависимости от направления тока в тросе либо ускоряет, либо тормозит движение ЭТС. При больших токах гравитационный момент не может уравновесить момент амперовых сил, и тросовая система переходит во вращение. Поэтому для поддержания тросовой системы в равновесии на силу Ампера накладывают следующее ограничение [2]:

$$F_a < 3(m_{\text{С}} + m_{\text{Т}}/2)\omega^2 l, \quad (8)$$

где $m_{\text{С}}$ – масса субспутника; $m_{\text{Т}}$ – масса троса; $\omega = \sqrt{\mu / R_0^3}$ – угловая скорость основного спутника.

Ограничение на силу Ампера эквивалентно ограничению на силу тока, текущего в тросе, и, следовательно, на вырабатываемую мощность. Согласно формулам (7) и (8), критический ток определяется по выражению

$$I_{\text{К}} = \frac{3(m_{\text{С}} + m_{\text{Т}}/2)\omega^2}{B \sin(\alpha)}. \quad (9)$$

При токе $I < I_{\text{К}}$ ЭТС будет оставаться в равновесии.

Основным показателем эффективности ЭТС является отношение генерируемой электроэнергии к массе ЭТС

$$K_{\text{ТР}} = \frac{P}{m_{\text{ТС}}}, \quad (10)$$

где P – мощность, вырабатываемая ЭТС; $m_{\text{ТС}}$ – масса источника электроэнергии, которую определяют как сумму масс

$$m_{\text{ТС}} = m_{\text{ТР}} + m_{\text{ПК}} + m_{\text{МВ}}, \quad (11)$$

где $m_{\text{ПК}}$ – масса плазменных контакторов; $m_{\text{МВ}}$ – масса механизма выдвижения.

Массу троса определяем по формуле

$$m_{\text{ТР}} = \rho_m lS + m_u, \quad (12)$$

где ρ_m – плотность материала, из которого изготовлен проводник, m_u – масса изоляции троса.

Введя параметр $m_{\text{С}} = m_{\text{ТР}} + m_{\text{ПК}} + m_{\text{МВ}} + m_u$ по выражениям (4) и (9)…(13), получим

$$K_{\text{ТР}} = \frac{P}{m_{\text{ТС}}} = \frac{\frac{S}{4\rho} l (BV)^2}{\rho_m lS + m_C}. \quad (13)$$

Следует отметить, что если в (13) принять $\rho_m lS >> m_{\text{С}}$, то коэффициент $K_{\text{ТР}}$ не зависит от длины и диаметра троса.

Генерация электроэнергии ЭТС вызывает снижение орбиты основного спутника. Причем на более низких орбитах генерируется большая мощность, но и снижение орбиты при этом также увеличивается. Определим критерий эффективности использования ЭТС в режиме генерации электроэнергии и назовем его высотно-мощностным $K_{\text{ВМ}}$:

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{P_{\max}}{H_0}, \quad (14)$$

где $P_{\max}$ – максимальная генерируемая мощность, кВт; H_0 – относительный уход с орбиты (потеря высоты за сутки в метрах по отношению к высоте орбиты в километрах).

С точки зрения данного критерия использование ЭТС в режиме генерации наиболее эффективно, когда при вырабатывании некоторой мощности относительное снижение ЭТС является минимальным либо при заданном снижении возможна генерация максимальной мощности. В общем случае данный коэффициент зависит от параметров орбиты и троса.

Движение центра масс ЭТС относительно геоцентрической системы координат определяется суммой гравитационных и аэродинамических сил, сил реакции связи, электростатическими и магнитными силами, силой светового давления, возмущениями плазмы и т. д. Центр масс системы принимается совпадающим с центром масс основного спутника, так как масса основного спутника значительно превышает сумму масс троса и субспутника. Задача изучения движения объектов является чрезвычайно сложной, поэтому приходится вводить ряд упрощений и рассматривать, в первую очередь, влияние наиболее существенных факторов, которыми являются грави-

тационные, аэродинамические и электромагнитные силы, а также силы реакции связи.

Превалирующей из всех сил в свободном полете является сила, обусловленная гравитационным полем Земли, которая и определяет при заданных начальных условиях траекторию полета основного спутника.

При предположении, что поле тяготения Земли является центральным (гравитационная сила в любой точке направлена к центру Земли), ее величина определяется следующим выражением:

$$F_{д} = \mu \frac{m_{З} m_{ОС}}{r^2}, \qquad (15)$$

где $F_{д}$ – гравитационная сила; r – расстояние от центра масс связки до центра Земли; $m_{З}$ – масса Земли; $m_{ОС}$ – масса объекта связки.

На каждый объект ЭТС кроме гравитационных сил действует также центробежная сила. Центробежная сила определяется следующим выражением:

$$C = m_0 \omega^2 R, \qquad (16)$$

где C – центробежная сила; m_0 – масса объекта; ω – угловая скорость объекта; R – расстояние от объекта до центра Земли.

Силу сопротивления при движении объекта в молекулярном потоке газа можно рассчитать по формуле

$$\theta = A_x S_m \frac{\rho(h) V^2}{2}, \qquad (17)$$

где θ – аэродинамическая сила; A_x – безразмерный коэффициент аэродинамического сопротивления (для тел сферической формы $A_x \approx 2...2,5$); S_m – площадь миделева сечения объекта; $\rho(h)$ – плотность воздуха.

Трос, соединяющий объекты связки, ограничивает их свободное движение, поэтому движение связанных объектов будет отличаться от того, какое они имели бы под действием тех же сил в отсутствии троса. Эффект действия троса аналогичен действию сил, вследствие чего действие троса можно заменить силами реакции связи.

Сила реакции идеальной невесомой связи, действующей на объекты, равны по величине и противоположны по направлению. Вектор силы реакции, приложенной к объекту массой m, на оси орбитальной системы координат определяется следующим выражением:

$$R_i = -\lambda \frac{m_i + m_j}{m_i} r_i, \qquad (18)$$

где R_i – сила реакции троса; r_i – расстояние от объекта до центра масс связки; λ – множитель связи; m_i – масса i-го объекта.

При допущении, что центр масс связки движется по круговой орбите с постоянной скоростью, множитель связи определяется формулой

$$\lambda = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} 3\omega^2 D, \qquad (19)$$

где D – текущее расстояние между объектами связки; ω – угловая скорость движения объектов связки.

При допущении, что трос всегда находится в натянутом состоянии ($D = l$), сила реакции троса будет равна

$$R_i = -m_i \cdot 3\omega^2 D r_i. \qquad (20)$$

Математическая модель абсолютного движения объектов связки представляет собой следующую систему дифференциальных уравнений:

$$m_i \frac{d^2 r_i}{dt^2} = \bar{F}_i + \bar{R}_i, \qquad (21)$$

где F_i – сумма всех внешних сил, действующих на i-й объект связки.

Таким образом, полученные математические выражения для расчета энергетических характеристик ЭТС в точке максимальной мощности позволяют определить зависимость характеристик системы не только от положения на орбите и параметров троса, но и от времени. Кроме того, получены математические выражения для определения параметров троса, при которых ЭТС будет генерировать заданную максимальную мощность при ограничении на напряжение.

Основными энергетическими характеристиками ЭТС являются максимальная мощность, вырабатываемая системой; наводящаяся в тросе ЭДС индукции; ток в тросе. Кроме того, важными характеристиками работы ЭТС в режиме генератора являются сила Ампера, действующая на трос с током и тормозящая систему; уход системы с орбиты за счет торможения в магнитном поле Земли и коэффициенты эффективности.

На основе разработанных авторами математических моделей проведены исследования энергетических характеристик ЭТС в режиме генерации электроэнергии в зависимости от параметров орбиты и троса с использованием модели косого диполя магнитного поля Земли.

По результатам моделирования определена зависимость максимальной мощности ЭТС от высоты орбиты основного спутника при различных длинах и диаметрах троса (рис. 2).

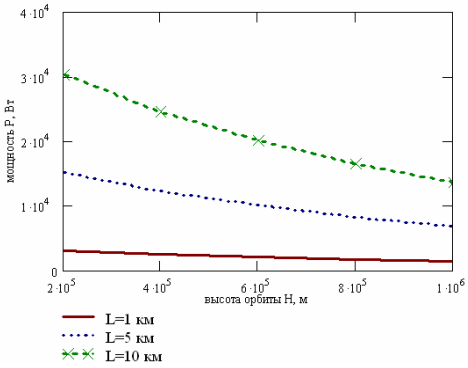


Рис. 2. Зависимость генерируемой максимальной мощности ЭТС от высоты орбиты для тросов различной длины

Исследования показали, что при увеличении высоты орбиты на 50 км максимальная мощность вырабатываемой электроэнергии уменьшается в среднем на 5 % для любого из выбранных диаметров троса на всем исследуемом интервале высот орбиты 200–1 000 км. Исследования для других параметров троса на этом же диапазоне высот показали аналогичные результаты.

Исследование ЭДС индукции, наводящейся в тросе, при его движении в магнитном поле Земли показало значительную зависимость от высоты орбиты ЭТС (рис. 3).

Анализ полученных зависимостей показал, что при увеличении высоты орбиты на 50 км ЭДС индукции уменьшается в среднем на 2,48 % для любой из выбранных длин троса на всем исследуемом интервале высот орбиты ЭТС и составляет 214 В на высоте 250 км и 147 В на высоте 1 000 км для троса длиной 1 км.

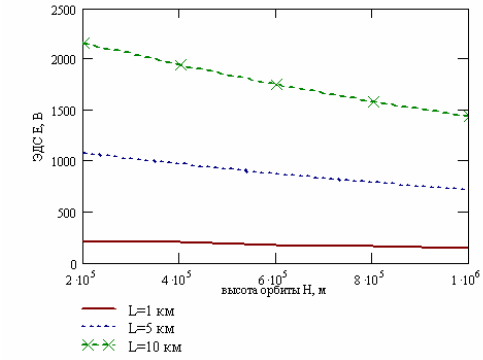


Рис. 3. Зависимость ЭДС, наводящейся в тросе, от высоты орбиты ЭТС для тросов различной длины

На основе математической модели определялся ток в точке максимальной мощности, и проведено исследование его зависимости от высоты орбиты ЭТС (рис. 4)

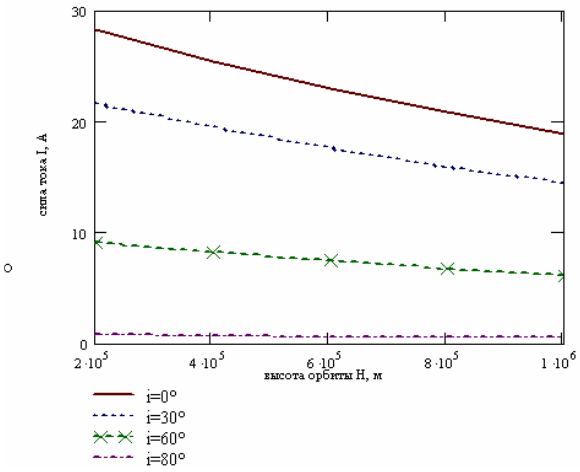


Рис. 4. Зависимость силы тока в тросе от высоты орбиты ЭТС с разным наклонением при длине троса 1 км и диаметре 3 мм

Исследования показали, что ток в точке максимальной мощности с увеличением высоты орбиты на 50 км уменьшается в среднем на 2,5 % для тросов с любыми параметрами из заданного диапазона на всем интервале высот орбиты. При отсутствии орбитального наклона ток в точке максимальной мощности составляет 76,2 А на высоте 250 км и 52,4 А на высоте 1 000 км для тросов диаметром 5 мм и соответственно 27,4 А и 19 А при диаметре 3 мм.

Сила Ампера, действующая на трос с током, зависит от высоты орбиты ЭТС, так как значение вектора магнитной индукции уменьшается с увеличением высоты, и скорость спутника зависит от параметров орбиты. Исследования зависимости силы Ампера от высоты орбиты при ее нулевом наклонении показали, что при увеличении высоты орбиты на 50 км сила Ампера уменьшается в среднем на 4,5 % и составляет 2,21 Н на высоте 200 км и 1,05 Н на высоте 1 000 км при длине троса 1 км и диаметре 5 мм и соответственно 0,794 Н и 0,376 Н при диаметре 3 мм (рис. 5).

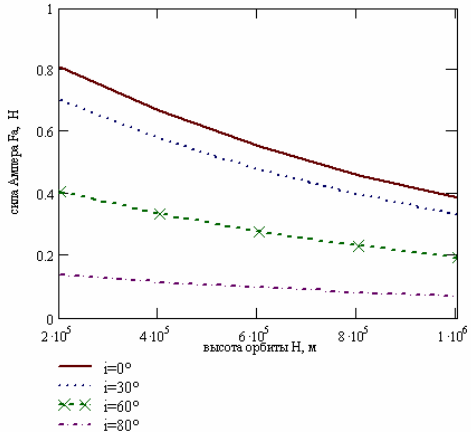


Рис. 5. Зависимость среднего значения силы Ампера, действующей на трос с током, при длине троса 1 км и диаметре 3 мм на орбитах с разными наклонениями

В реальной ЭТС суммарная масса контакторов, механизма съема энергии и механизма выдвижения ориентировочно составляет 10 кг. При этом условии проведены исследования зависимости коэффициента эффективности K_{SEP} от высоты орбиты ЭТС при разных параметрах троса (рис. 6, 7).

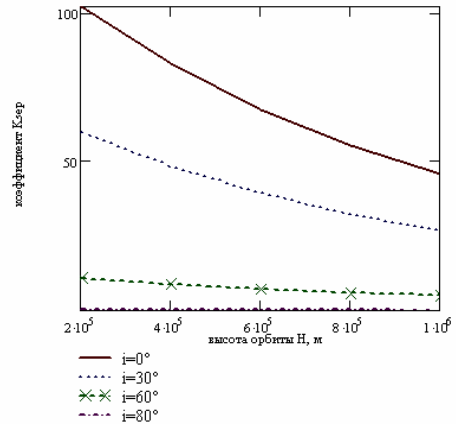


Рис. 6. Зависимость среднего значения коэффициента эффективности K_{SEP} от высоты орбиты ЭТС при длине троса 1 км и диаметре 3 мм на орбитах с разным наклонением

Исследования показали, что при увеличении высоты орбиты ЭТС на 50 км K_{SEP} уменьшается в среднем на 4,9 % и для троса длиной 1 км и диаметром 3 мм составляет 90,7 на высоте 200 км и 40,58 на высоте 1 000 км, для тросов длиной 5 км K_{SEP} соответственно равен 117,7 и 52,7.

Таким образом, по результатам проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

– при разработке математической модели ЭТС модель генерации электроэнергии за счет торможения в магнитном поле Земли и модель движения системы под влиянием всех внешних сил, действующих на систему, необходимо рассматривать взаимосвязанно;

– полученные математические выражения для расчета энергетических характеристик ЭТС в точке максимальной мощности позволяют определить зависимость характеристик системы не только от положения на орбите и параметров троса, но и от времени;

– использование ЭТС в режиме генерации электроэнергии наиболее эффективно, когда при генерации некоторой мощности относительное снижение системы минимально либо при заданном снижении возможна генерация максимальной мощности;

– математическая модель позволяет определить параметры троса, при которых ЭТС будет генерировать заданную максимальную мощность при ограничении на напряжение и область наиболее эффективного использования ЭТС в качестве источника электроэнергии космического аппарата.

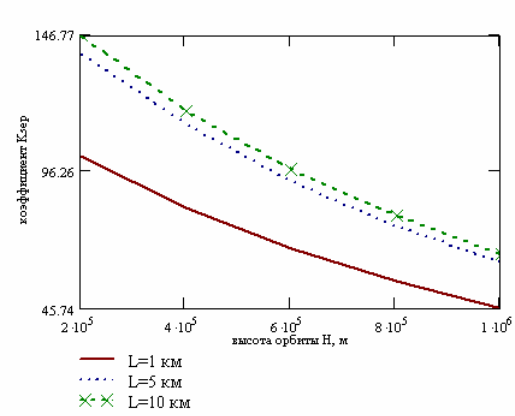


Рис. 7. Зависимость среднего значения коэффициента эффективности K_{SEP} от высоты орбиты при различной длине троса и диаметре 3 мм на орбитах с разным наклонением

Библиографический список

1. Чернявский, Г. М. Орбиты спутников связи / Г. М. Чернявский, В. А. Бартенев. М. : Связи, 1978. 240 с.

2. Белецкий, В. В. Динамика космических тросовых систем / В. В. Белецкий, Е. М. Левин. М. : Наука, 1990. 336 с.

M. V. Lukyanenko, M. M. Lukyanenko

ENERGY CHARACTERISTICS SIMULATION OF ELECTRODYNAMIC WIRE ROPE SYSTEMS

Mathematical simulation issues of energy characteristics of electrodynamic wire rope systems are considered. The mathematical model of electrodynamic wire rope system is developed. This model allows dependence of system characteristics versus orbital position and rope parameters as well as the area of the most effective utilization of the systems as spacecraft power supply to be determined.

УДК 621.362:621.316.728

М. В. Лукьяненко, А. Б. Базилевский

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Предложена идентифицированная теоретическая модель солнечной батареи, содержащая элемент формализации. Разработанная модель позволяет производить практические расчеты в диапазоне от холостого хода до короткого замыкания.

Необходимость сокращения сроков разработки и повышения эксплуатационных характеристик систем электроснабжения (СЭС) космических аппаратов (КА) выдвигает на первый план задачу создания эффективных методов проектирования подобных систем. В большинстве случаев правильный выбор структуры СЭС КА и согласованный режим работы источников электроэнергии позволяют повысить удельные энергетические характеристики на 40 % [1].

В настоящее время в качестве первичного источника электроэнергии в СЭС КА наиболее широко применяются солнечные батареи (СБ). В статье рассмотрены вопросы математического моделирования характеристик СБ в диапазонах освещенностей и температур, соответствующих реальным условиям ее эксплуатации.

Энергоотдача СБ во многом зависит от структурной схемы СЭС КА, схемотехнических решений силовой части импульсных преобразователей и способа формирования управляющего сигнала. Оценка энергетических возможностей СБ для каждого конкретного случая определяется точностью математической модели при любом сочетании значимых факторов.

Наиболее распространена теоретическая модель вольтамперной характеристики (ВАХ) солнечного элемента (СЭ), полученная на основе схемы замещения с сосредоточенными параметрами [2; 3]:

$$I_{\text{Н}} = I_{\Phi} - I_{\text{ОН}}\{\exp[\frac{e(U_{\text{Н}} + I_{\text{Н}}R_{\text{П}})}{AkT}] - 1\} - \frac{U_{\text{Н}}}{R_{\text{Ш}}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{Н}}$ – ток нагруженного СЭ; I_{Φ} – фототок, или ток короткого замыкания СЭ; $I_{\text{ОН}}$ – обратный ток насыщения; $U_{\text{Н}}$ – напряжение на СЭ; $R_{\text{П}}$ – последовательное сопротивление (тела полупроводника и контактной сетки СЭ);

$R_{Ш}$ – индуктивное сопротивление; k – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура СЭ; e – заряд электрона; A – эмпирический параметр ВАХ, получаемый при сравнении теоретической и экспериментальных кривых и принимающий значения от 1 до 5.

Очевидно, что требуемая точность описания ВАХ обуславливает точность входящих в формулу (1) зависимостей, причем $R_{П}$ и $R_{Ш}$ могут быть получены экспериментально, а A – только косвенно, вычислением. Если членом $\frac{U_{Н}}{R_{Ш}}$ можно пренебречь ($R_{Ш}$ достигает нескольких КОм), то сопротивлением $R_{П}$, являющимся функцией температуры, пренебречь нельзя даже при условии, что $I_{Н}R_{П} << U_{Н}$. Очевидна также большая чувствительность (1) к эмпирическому параметру A.

При экспериментальных исследованиях наиболее удобно представлять ВАХ по трем характеристическим точкам: холостого хода, короткого замыкания и максимальной мощности (рис. 1). Эти точки уверенно регистрируются приборными методами, однако не учитывается конкретная схема замещения, а исследуемый объект выступает как источник с нелинейной ВАХ, то есть имеет место формализация представления кривой.

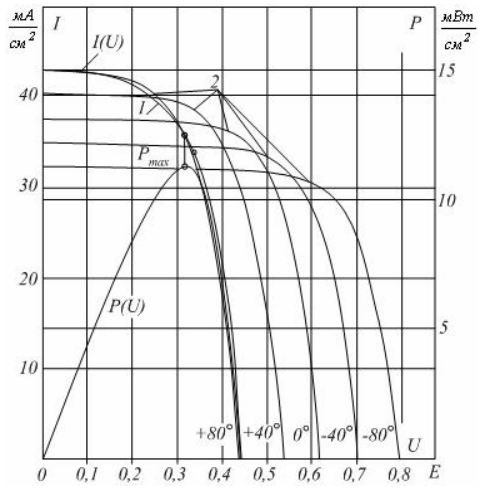


Рис. 1. Представление ВАХ СЭ по трем характеристическим точкам

С учетом эмпирического характера (1) и необходимости проведения соответствующих исследований рассмотрим формализованные выражения, аппроксимирующие кривые подобного вида, исходя при этом из того, что наилучшее приближение к ВАХ СЭ, как к *n-p*-переходу, можно реализовать экспоненциальной функцией. В общем виде экспоненциальные модели можно записать в виде

$$I_{Н} = I_{КЗ}[1 - e^{f(U_{Н})}], \qquad (2)$$

где $f(U_{Н})$ – функция текущего напряжения и параметров характеристической ВАХ, равная

$$f(U_{Н}) = (U_{Н} - U_{XX})\frac{\ln(1-i)}{U_{XX}(j-1)}, \qquad (3)$$

где параметры i и j определяют относительное положение точки максимальной мощности, причем

$$i = \frac{I_{ОПТ}}{I_{КЗ}}; \quad j = \frac{U_{ОПТ}}{U_{XX}}.$$

Представление ВАХ СЭ через формальные параметры i и j приведены в работе [4], где однако авторы не учитывали влияние $R_{П}$ и не включили в описание параметров зависимости температуры и освещенности (указаны лишь пределы их изменения). Исследования, проведенные авторами, показали, что хотя аппроксимирующая кривая проходит через точку с координатами i и j, но ее оптимальная точка не совпадает с заданной.

Таким образом, задача сводится к идентификации указанной характеристической точки. Для этого вводится дополнительное условие, которому эта точка удовлетворяет: $\left.\frac{dP}{dU_{Н}}\right|_{U_{У}=U_{ОПТ}} = 0$ или, $\left.\frac{dI_{Н}}{dU_{Н}}\right|_{U_{Н}=U_{ОПТ}} = -\frac{iI_{КЗ}}{jU_{XX}}$.

Опуская промежуточное доказательство, отметим, что в экспоненциальной модели по выражению (2) нами использовалась подстановка

$$f(U_{Н}) = \left\{\left[\frac{i}{1-i} - \frac{\ln(1-i)}{\ln j}\right]\left(\frac{U_{Н}}{U_{XX}j} - 1\right) + \ln(1-i)\right\} \times \frac{\ln(U_{Н}/U_{XX})}{\ln j}. \qquad (4)$$

В характеристических точках кривой $I_{КЗ}, U_{XX}, i, j$ зависимости от освещенности и температуры описываются следующим образом:

$$U_{XX} = (A_1c + A_2 - A_3t)N_{ПОС}, \qquad (5)$$

$$I_{КЗ} = \frac{cSP_{УД}(1 + A_5t)}{A_4N_{ПОС}}, \qquad (6)$$

$$j = A_6 - cA_7e^{A_8t} - A_9t, \qquad (7)$$

$$i = A_{10} - cA_{11}e^{A_{12}t} - A_{13}t, \qquad (8)$$

где c – удельная мощность излучения $\left(\frac{Вт}{м^2}\right)$; t – температура (°С); S – площадь СБ м²; $P_{УД}$ – удельная электрическая мощность СБ; $N_{ПОС}$ – количество СЭ, соединенных в СБ последовательно; $A_1 ... A_{13}$ – эмпирические безразмерные коэффициенты аппроксимации.

Выражение (2) с подстановкой (4)...(8) справедливо для следующих диапазонов температур и освещенностей: $c = 0...1400\frac{Вт}{м^2}$, $t = -90...+80\,°С$, для образцов СБ с $P_{УД} = 100...140\frac{Вт}{м^2}$.

Поскольку при экспериментальных исследованиях регистрировались характеристики не отдельных СЭ, а минимальных сборочных единиц – модулей, то и выражения (4)...(8) описывают СБ, состоящую из идеальных (не имеющих технологического разброса) одинаковых СЭ, ВАХ которых связаны аффинным подобием с результирующей ВАХ, что при экстраполяции на СБ большой площади обеспечивает удовлетворительную точность.

Проведем идентификацию теоретической модели, считая полученную формализованную модель исходной точной. Для теоретической модели выразим эмпирический параметр A через известные зависимости

$$A = \frac{U_{XX}e}{kT\ln\left(\frac{I_{Ф}}{I_{ОН}} + 1\right)}, \qquad (9)$$

для чего воспользуемся зависимостью обратного тока насыщения от температуры

$$I_{\text{ОН}} = B_1 \exp[B_2(T-273)]\frac{S}{N_{\text{ПОС}}}. \qquad (10)$$

Значение $R_{\text{П}}$ определяется из условия прохождения теоретической кривой через точку с координатами i и j формализованной. Разница абсцисс кривых при $I = I_{\text{ОПТ}}$ (при одинаковых T и A), описывающих ВАХ «идеального» диода и реального СЭ, представляет собой падение напряжения на $R_{\text{П}}$. Таким образом, зависимость можно аппроксимировать выражением

$$R_{П} = B_3 \exp[B_4(T-273)]\frac{S}{N_{\text{ПОС}}}. \qquad (11)$$

Значения коэффициентов аппроксимации в выражениях для СБ с $P_{\text{УД}} = 120\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ следующие:

$$A_1 = 5,46\cdot 10^{-5};$$

$$A_2 = 0,550\,8;$$

$$A_3 = 2,16\cdot 10^{-3};$$

$$A_4 = 2,298\cdot 10^{-3};$$

$$A_5 = 1,762\cdot 10^{-3};$$

$$A_6 = 0,782;$$

$$A_7 = 7,142\cdot 10^{-6};$$

$$A_8 = 1,96\cdot 10^{-2};$$

$$A_9 = 3,15\cdot 10^{-4};$$

$$A_{10} = 0,896;$$

$$A_{11} = 7,142\cdot 10^{-6};$$

$$A_{12} = 2,05\cdot 10^{-2};$$

$$A_{13} = 2,35\cdot 10^{-4};$$

$$B_1 = 1,14\cdot 10^{-4};$$

$$B_2 = 3,43\cdot 10^{-2};$$

$$B_3 = 4,2\cdot 10^{-5};$$

$$B_4 = 9,54\cdot 10^{-3}.$$

Таким образом, идентифицированная теоретическая модель (1) с подстановками (6) и (9)...(11) также содержит элемент формализации, поскольку реальные СЭ по своей сути являются элементами с распределенными параметрами. Однако для практического расчета эта модель приемлема, так как разница в значениях мощности, вычисленной по формализованной и теоретической моделям, не превосходит 1,5 % в диапазоне от холостого хода до короткого замыкания, следовательно, указанная формализация допустима.

Библиографический список

1. Полупроводниковые системы электроснабжения космических летательных аппаратов / Г. М. Веденеев, [и др.]. М. : Моск.энерг.ин-т, 1986.

2. Васильев, А. М. Полупроводниковые фотопреобразователи / А. М. Васильев, А. П. Ландсман. М. : Сов. радио, 1971.

3. Раушенбах, С. Справочник по проектированию солнечных батарей / С. Раушенбах. М. : Энергоатомиздат, 1983.

4. Глиберман, А. Я. Кремниевые солнечные батареи / А. Я. Глиберман, А. К. Зайцева. М. – Л. : Госэнергоиздат, 1961.

M. V. Lukyanenko, A. B. Basilevsky

PHOTOVOLTAIC ARRAY MODEL IDENTIFICATION

An identified theoretical model of photovoltaic array containing formalization element is proposed. The developed model allows practical calculation in the range from open circuit to short current to be made.

УДК 629.7.017

А. Г. Зосимов, О. Г. Бойко, Л. Г. Шаймарданов

МЕТОД РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЛУАТАНТОВ

Разработан метод расчета вероятности отказа функциональных систем на 1 ч полета по статистическим материалам эксплуатантов.

Статистические материалы эксплуатантов (авиакомпаний, регионов и отрасли гражданской авиации в целом) [1; 2], а также зарубежной авиационной техники [3] убедительно показывают, что средний налет на отказ самолетов в целом, их функциональных систем и отдельных агрегатов для конкретных типов самолетов не зависит от времени (от налета часов самолетов). Постоянство среднего налета на отказ обеспечивается реализацией программ технического обслуживания самолетов, направленных на поддержание уровня летной годности, т. е. надежности агрегатов, систем и самолетов в целом.

Принятый в расчетах надежности функциональных систем метод основывается на теореме умножения вероятностей. В соответствии с ней вероятность безотказной работы последовательно соединенных агрегатов принимается равной произведению вероятностей безотказной работы этих агрегатов. Вероятность отказа параллельно включенных агрегатов определяется в виде произведения вероятностей их отказа.

Сложные функциональные системы содержат большое число агрегатов и имеют многократное общее и индивидуальное резервирование отдельных агрегатов. В связи с этим расчетные зависимости для вероятности отказа либо безотказной работы систем содержат суммы вероятностей отказа агрегатов, суммы их степеней и произведений.

Центральная предельная теорема теории вероятностей [4] утверждает, что распределение вероятности суммы случайных величин неограниченно приближается к нормальному закону распределения при неограниченном увеличении числа слагаемых. В функциональных системах самолетов число агрегатов достаточно велико, но, естественно, ограниченно.

Рассмотрим вид интегральной функции распределения отказа системы и ее плотности вероятности на примере расчета тестовой системы. Пусть система имеет 4-кратное общее резервирование ветви содержащей 4 последовательно соединенных агрегата. Положим, что параметр потока отказа является одинаковым для всех агрегатов и равным $1 \cdot 10^{-4}$.

В отраслевой нормали «Надежность изделий авиационной техники» [5] для малых, свойственных агрегатам авиационной техники, значений параметра потока отказов предложено распределение вероятностей отказа агрегатов представить законом равномерной плотности вероятности, т. е.

$$Q(t) = \omega t. \qquad (1)$$

Следует отметить, что распределение (1) при малых вероятностях $Q(t)$ хорошо согласуется с экспоненциальным распределением.

При этих предположениях вероятность отказа тестовой системы определяется в виде

$$Q_c(t) = [1 - (1 - 1 \cdot 10^{-4} t)^4]^4. \qquad (2)$$

Рассчитанная по формуле (2) функция вероятности отказа системы приведена на рис. 1. Там же представлена аналогичная зависимость, но построенная в предположении экспоненциального закона распределения вероятности отказа агрегатов.

Вероятность отказа систем авиационной техники нормируется Нормами летной годности самолетов [5] в виде вероятности отказа на 1 ч полета, приводящего к последствиям различной степени тяжести. Для рассматриваемой системы эти зависимости приведены на рис. 2. Характер изменения во времени функции распределения вероятности отказа системы (рис. 1) и вероятности ее отказа на 1 ч полета близки к интегральной функции распределения вероятности и плотности вероятности нормального распределения.

Здесь следует иметь в виду, что плотность вероятности определяется по формуле

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt}, \qquad (3)$$

а вероятность отказа на 1 ч полета в виде

$$Q_{1c}(t) = \frac{\Delta Q(t)}{\Delta t}. \qquad (4)$$

Поскольку $\Delta t = 1$ ч, а t изменяется в пределах десятков тысяч часов, допустимо считать Δt величиной 4-го порядка малости. Но тогда зависимости $f(t)$ и $Q_{c1}(t)$ мало чем отличаются друг от друга.

При использовании закона распределения с равномерной плотностью вероятности (1) плотность вероятности равна

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = \omega = \text{const}, \qquad (5)$$

т. е. в этом случае плотность вероятности и параметр потока отказов тождественны. Тогда, приняв за единицу времени 1 ч, допустимо считать, что параметр потока отказов есть не что иное, как вероятность отказа на 1 ч.

Таким образом, рассматриваемая тестовая система содержит агрегаты, вероятность отказа которых в течение 1 ч не зависит от времени. Естественным было бы ожидать независимость от времени и вероятности отказа системы на 1 ч. Эти представления расходятся с результатом расчета системы, представленном на рис. 2.

В рассмотренной методике задача расчета надежности решена относительно интегральной функции распределения вероятности отказа системы, а вероятность отка-

за на 1 ч определена как производная от нее. При построении интегральной функции распределения в рассмотрение введено время t, которое затем возводится в степени и суммируется многократно в зависимости от сложности системы. При этом остается проигнорированным факт независимости от времени вероятности отказа агрегата на единицу времени.

Ниже предлагается альтернативный методологический подход к построению расчета надежности системы. При этом на первом этапе рассматривается задача расчета вероятности отказа системы на 1 ч полета, а функция распределения вероятности отказа находится как результат ее интегрирования.

Рассматривается тестовая система, состоящая из n агрегатов и имеющая m кратное общее резервирование. Вероятности отказов агрегатов приняты одинаковыми и

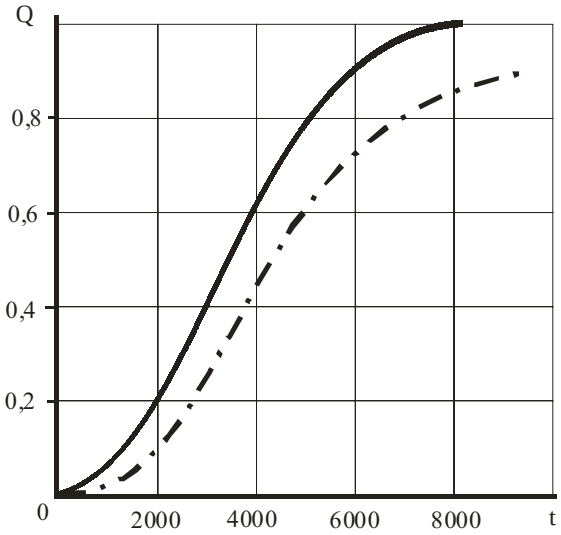


Рис. 1 Вероятность отказа системы

общее резервирование

общее резервирование при экспоненциальном распределении

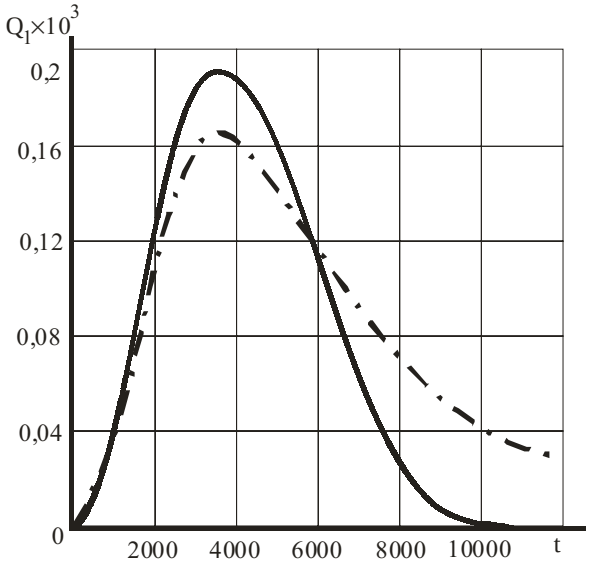


Рис. 2 Вероятность отказа системы на 1 ч полета

общее резервирование

общее резервирование при экспоненциальном распределении

распределенными по закону равномерной плотности вероятности. Вводится понятие суммарного потока отказов системы ω_c, определяемого суммой потоков отказов агрегатов. Поскольку агрегатов n, а их параметры пока отказов ω одинаковы, то

$$\omega_c = n\,\omega. \qquad (6)$$

Реализация отказа с параметром потока ω_c не отождествляется с отказом системы и не идентифицируется с метом его возникновения.

Необходимым и достаточным условием отказа системы в течении 1 ч является реализация в каждой из m резервированных подсистем с последовательным соединение n/m агрегатов хотя бы одного отказа. Вероятность возникновения в одной из m подсистем отказа одного агрегата в m раз меньше, чем в системе в целом. Поскольку подсистем m, то вероятность отказа одного агрегата в каждой из них в m^2 раз меньше. С другой стороны, вероятность одновременной реализации m независимых отказов равна произведению вероятности этих отказов.

Поскольку вероятность отказа агрегатов принята распределенной по закону равномерной плотности вероятности, допустимо считать вероятность реализации отказа одного агрегата в системе равной ω_c. Тогда вероятность отказа системы в течение 1 ч определится в виде

$$Q_{c1} = \frac{\omega_c^m}{m^2} = \frac{(n\cdot\omega)^m}{m^2}. \qquad (7)$$

Это значение вероятности отказа на 1 ч полета не зависит от времени, а интегральная функция распределения вероятности отказов системы Q_c является линейной функцией времени

$$Q_c = \frac{(n\cdot\omega)^m}{m^2}t. \qquad (8)$$

Для рассмотренной выше системы из 16-ти агрегатов вероятность отказа на 1 ч будет равна

$$Q_{c1} = \frac{(16\cdot\omega)^4}{16} = 16^3\cdot\omega^4. \qquad (9)$$

В рассматриваемом числовом примере при традиционной методике расчета и $\omega = 10^{-4}$ вероятность отказа на 1 ч полета на отрезке времени (0,1) составляет $0{,}256\cdot10^{-13}$, среднее значение в интервале от 0 до 1 000 ч оставляет $0{,}14\cdot10^{-4}$ и максимальное значение, достигаемое при t = 3 500 ч, составляет $0{,}18\cdot10^{-3}$. При предложенном альтернативном решении задачи вероятность отказа на 1 ч полета равна $0{,}409\,6\cdot10^{-12}$ и не зависит от наработки часов.

Значение интегральной функции распределение вероятности отказа системы в первом случае равно 1 при t = 10 000 ч, во втором случае при этой же наработке часов оно составляет $0{,}409\,6\cdot10^{-8}$.

Библиографический список

1. Анализ влияния надежности авиационной техники на безопасность полетов за 2003 г. Минтранс России. М., 2004. 102 с.

2. Анализ инженерно-авиационного обеспечения безопасности полетов в авиапредприятиях Красноярского МТУ ВТ МТ РФ за 2003 год. Красноярск, 2004. 24 с.

3. ДОК 9642-AN/941. Руководство по сохранению летной годности. Международная организация гражданской авиации. 1995 г.

4. Венцель, Е. С. Теория вероятности / Е. С. Венцель. М. : Изд-во Физикоматематической литературы, 1962. 564 с.

5. ОСТ 1 00132-84. Надежность изделий авиационной техники. Методы количественного анализа безотказности функциональных систем при проектировании самолетов и вертолетов.

A. G. Zosimov, O. G. Boyko, L. G. Shaimardanov

THE RELIABILITY CALCULATION METHOD OF THE CIVIL AVIATION AIRPLANES FUNCTIONAL SYSTEMS BY THE STATISTIC MATERIALS OF EXPLOITER

The possibility calculation method of the functional systems breakdown for an hour flight by the statistic materials of exploiter is developed.

УДК 629.7.017

О. Г. Бойко, Л. Г. Шаймарданов

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТОВ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Рассмотрены методические противоречия в расчетах надежности сложных систем, обусловленные проявлением центральной предельной теоремы теории вероятностей, приводящим к реализации нормального распределения вероятности отказа в системах со стационарными параметрами потока отказов агрегатов.

Функциональные системы самолетов осуществляют выполнение многих операций, обеспечивающих безопасность полетов. Они представляют собой сложные разветвленные системы, в которых использовано как общее, так и индивидуальное резервирование. Так, гидросистема самолета Ту-154 М содержит 79 агрегатов, имеет трехкратное общее резервирование и 6-кратное резервирование по гидронасосам. В гидросистеме самолетов Ил-86 и Ил-96-300 применено 4-кратное общее резервирование и 8-кратное резервирование насосных агрегатов. Не менее сложными являются системы управления и механизации планера, топливные системы, системы кондиционирования и др.

Показатели надежности самолетов в целом и их функциональных систем задаются государственными и международными требованиями, отраженными в Нормах летной годности самолетов (НЛГС) [1; 2]. В НЛГС требования к надежности определены в виде допустимых на 1 ч полета значений вероятностей отказов систем, приводящих к возникновению в полете неблагоприятных ситуаций, классифицированных как сложная, аварийная и катастрофическая ситуация.

В эксплуатационных подразделениях надежность агрегатов и систем контролируется по косвенным показателям, таким как налет часов на 1 отказ по самолету вцелом, по системам, по агрегатам; налет на отказ, приводящий к определенным неблагоприятным последствиям (инцидент, серьезный инцидент, авиационное происшествие); количество отказов на 1 000 ч налета ($K_{1\,000}$) и др. Надежность агрегатов и систем самолетов иностранного производства в эксплуатации оценивается в косвенных показателях, не имеющих принципиальных отличий от используемых в гражданской авиации России.

Косвенные показатели оценки надежности задаются головными разработчиками типов самолетов и должны отражать требования НЛГС и облегчить эксплуатантам процедуры контроля надежности.

Крупные авиакомпании, эксплуатирующие десятки однотипных самолетов, принципиально имеют право разрабатывать свои программы технического обслуживания самолетов, направленные на уменьшение эксплуатационных расходов и обеспечивающие поддержание надежности на уровне установленных требований. Разработка таких программ сопряжена с высокой степенью ответственности и должна базироваться на анализе надежности агрегатов и систем выполненном в прямых показателях определяемых НЛГС.

Теория надежности является развитым научным направлением, в рамках которого разработаны методики расчета надежности агрегатов и сложных систем в целом. Вместе с этим следует отметить, что предлагаемые методики не доводятся до расчетов надежности на коротком интервале времени, например на 1 ч полета, нормируемой в НЛГС.

При анализе надежности агрегатов и систем в пределах малого интервала выявлен ряд некорректностей, присущих принятым методикам, которые никак себя не проявляют при расчете функций распределения вероятности отказов либо безотказной работы. Обсуждению этих некорректностей и посвящена данная работа.

Рассматривается простой случай, когда интенсивность отказов λ либо параметр потока отказов ω являются постоянными величинами, не зависящими от времени t наработки агрегата. Это предположение подтверждается опытом эксплуатации агрегатов, систем и самолетов в

целом независимостью от времени их наработок на 1 отказ зафиксированных в ежегодных отраслевых [3] и полугодовых региональных [4] анализах надежности авиационной техники. Анализ надежности агрегатов и систем самолетов фирмы Боинг [5] предусматривает построение зависимостей числа отказов систем и самолета в целом помесячно за текущий год и нарастающим итогом по средним значениям за одноименные месяцы предшествующих лет эксплуатации. Эти анализы также убедительно показывают устойчивость значений наработок на отказ по налету часов.

Постоянство λ и ω по налету часов поддерживается выполнением инженерными службами работ по техническому обслуживанию, которые включают:

– замену агрегатов по отработке ресурсов;

– восстановление либо замену агрегатов, имеющих неисправности;

– диагностирование для выявления неисправностей на ранних стадиях;

– контроль параметров функционирования и недопущение их выхода за предотказные допуски;

– контроль надежности и тенденций ее изменения с целью выполнения работ по недопущению ее уменьшения ниже уровня установленного косвенными показателями.

В принятых методиках анализа надежности [6–9] используются интенсивность отказов λ и параметр потока отказов ω. При постоянстве λ и ω для расчетов вероятности безотказной работы используется экспоненциальный закон распределения вероятностей

$$P = e^{-\lambda t}, \qquad (1)$$

где t – текущее значение времени.

В ряде случаев [8] экспоненциальное распределение признается основным в расчетах надежности агрегатов. Функция распределения вероятности отказа при экспоненциальном распределении (рис. 1) монотонно возрастает от 0 и стремится к 1 при неограниченном увеличении времени t. При этом вероятность отказа за некоторый промежуток времени τ, например за 1 ч, уменьшается от некоторой величины в начальный момент до нуля при неограниченном увеличении времени.

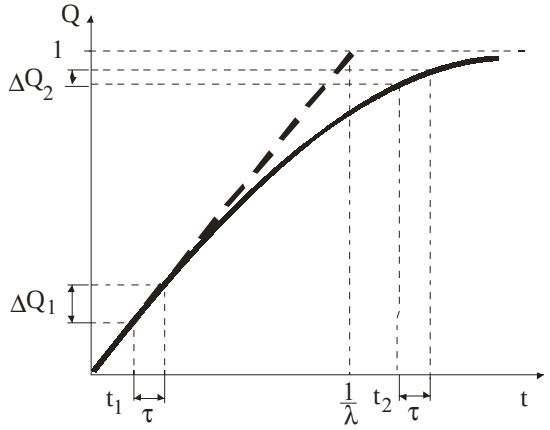


Рис. 1. Функция распределения вероятности отказа

экспоненциальное распределение

распределение равномерной плотности вероятности

В работе [7] утверждается, что вероятность отказа на участке τ, при экспоненциальном распределении зависит только от величины участка τ, но не зависит от координаты его начала.

Экспоненциальное распределение может быть получено из распределения Пуассона

$$P = \frac{(\lambda l)^m}{m!} e^{-\lambda l}, \qquad (2)$$

как вероятность попадания на участок протяженностью l ровно m точек при $m = 0$:

$$P_0 = e^{-\lambda l}. \qquad (3)$$

При построении распределения Пуассона на распределение точек на оси наложен ряд ограничений. В частности, предполагается, что вероятность попадания того или иного числа точек на отрезок l зависит только от длины отрезка, но не зависит от его положения на оси.

Применительно к вероятности безотказной работы это ограничение предопределяет независимость вероятности отказа от положения финансированного отрезка времени на оси времени и ее зависимость только от протяженности этого отрезка. С другой стороны, вероятность отказа на отрезке, например времени τ, является приращением функции распределения вероятности на этом отрезке. Характер протекания этой функции при экспоненциальном распределении (рис. 1) наглядно показывает неравенство приращений

$$\Delta Q_1 \cdot \Delta Q_2 \text{ при } t = t_1 \text{ и } t = t_2.$$

Плотность распределения вероятности при экспоненциальном законе имеет вид (рис. 2)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \qquad (4)$$

Очевидно, что значение приращения функции распределения на участке τ и в этом случае интегрирования по длине участка зависит не только от его протяженности, но и от положения по оси t.

В работе [9] доказывается характеристическое свойство экспоненциального закона надежности: вероятность безотказной работы элемента в интервале времени длительностью t не зависит от времени предшествующей работы до начала рассматриваемого интервала, а зависит только от длительности интервала t (при заданной интенсивности отказа λ).

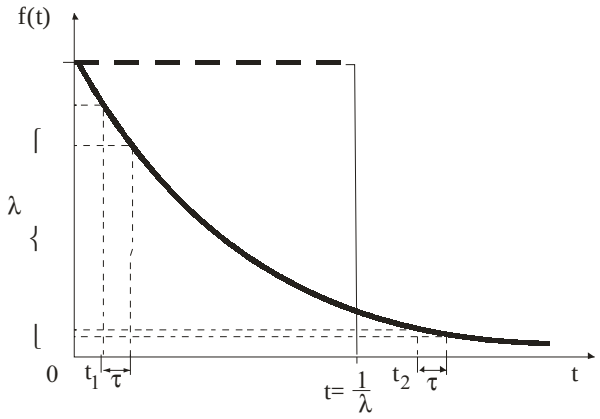


Рис. 2. Плотность вероятности отказа

экспоненциальное распределение

распределение равномерной плотности вероятности

Вводятся обозначения событий: A – безотказная работа элемента в интервале $(0, t_0)$ длительностью t_0; B – безотказная работа элемента в интервале $(t_0, t_0 + t)$ длительностью t; AB – безотказная работа в интервале $(0, t_0 + t)$ длительностью $t_0 + t$.

Далее находятся вероятности этих событий:

$$P(A) = e^{-\lambda t_0}, \quad (5)$$

$$P(B) = e^{-\lambda t}, \quad (6)$$

$$P(AB) = e^{-\lambda(t_0+t)} = e^{-\lambda t_0} \cdot e^{-\lambda t}. \quad (7)$$

Определяется условная вероятность того, что элемент будет работать безотказно в интервале $(t_0, t_0 + t)$ при условии, что он уже проработал безотказно в предшествующем интервале $(0, t_0)$:

$$P_{\text{А}}(B) = \frac{P(AB)}{P(A)} = \frac{e^{-\lambda t_0} \cdot e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t_0}} = e^{-\lambda t}. \quad (8)$$

Полагается, что поскольку в формуле не содержится t_0, а содержится только t, то это означает, что время работы в предшествующем интервале не влияет на величину вероятности безотказной работы на последующем интервале, которая зависит только протяженности интервала t.

Здесь следует отметить, что в форме записи выражения (6) и в числителе выражения (8) интервал протяженностью t представлен начинающимся в начале координат, т. е. от 0 до t. В постановочной же части задачи интервал определен как $(t_0, t_0 + t)$, т. е. от t_0 до $t_0 + t$, что далеко не одно и то же.

Уменьшение вероятности отказа на единицу времени (1 ч полета) с увеличением времени и тем более ее стремлению к нулю нельзя признать адекватно отвечающим стационарности потока отказов реализуемой при эксплуатации агрегатов функциональных систем самолетов. При постоянстве

$$\omega = \frac{1}{T_{\text{ср}}}, \quad (9)$$

где $T_{\text{ср}}$ – средняя наработка на отказ, естественно было бы считать вероятность отказа на 1 ч полета независящей от налета часов. Единственным законом распределения вероятности (рис. 1, 2), удовлетворяющим этому условию, является закон равномерной плотности вероятности, при котором функция распределения вероятности отказа имеет вид

$$Q = \lambda \cdot t \text{ либо } Q = \omega \cdot t. \quad (10)$$

В отраслевой методике [10] использован именно этот закон, но в предположении малости λ. Очевидно, что при малых λ (10^{-5}; 10^{-6}) и при наработках свойственных агрегатам самолетов закон равномерной плотности вероятности и экспоненциальный не расходятся сколь либо существенно.

Приняв для описания вероятности отказа агрегатов закон равномерной плотности, рассмотрим характер изменения во времени вероятности отказа системы из 16-ти одинаковых агрегатов, имеющих $\lambda = 1 \cdot 10^{-4}$ соединенных последовательно и параллельно. Рассмотрим две схемы резервирования. Индивидуальную, когда 4 блока из 4-х параллельно соединенных агрегатов включены последовательно и общего резервирования, когда 4 цепочки из 4-х последовательно включенных агрегатов соединены параллельно. Расчетные выражения для вероятностей отказа этих систем имеют вид

$$Q = 1 - \left(1 - 1 \cdot 10^{-16} \cdot t^4\right)^4, \quad (11)$$

$$Q = \left[1 - \left(1 - 1 \cdot 10^{-4} \cdot t\right)^4\right]^4. \quad (12)$$

Искомые функции распределения вероятности отказа приведены на (рис. 3).

В обоих случаях вероятности отказа систем представляют собой S-образные кривые, свойственные нормальному распределению. Для вероятности отказа систем такие кривые известны в трудах по теории надежности [8] и претензий к ним не возникало. Но только до той поры пока не перешли к анализу вероятности отказа на 1 ч. Для рассматриваемых систем эти зависимости приведены на (рис. 4). Поскольку они являются производными от S-образных кривых (рис. 3), то естественным образом их форма, а в существенной степени и содержание, соответствуют плотности вероятности нормального распределения. Производные от выражений (11) и (12) равны нулю при $t = 1 \cdot 10^{-4}$, поскольку в примере принято распределение с равномерной плотностью вероятности с $\omega = 10^{-4}$. Вместе с этим уменьшение вероятности отказа на 1 ч полета и тем более ее равенство нулю при увеличении времени налета никак не адекватно неизменности числа отказов в системах самолета на единицу времени. С другой стороны, при расчете вероятности отказа системы, в качестве исходной принята предпосылка о $\omega = \text{const}$ и о реализации для каждого агрегата закона равномерной плотности вероятности, при котором вероятность отказа на 1 ч полета не зависит от времени. В этих условиях мы вправе ожидать, что и вероятность отказа системы на час полета также не будет зависеть от времени.

Штрихпунктирной линией представлены зависимости вероятности отказа и вероятности отказа на 1 ч полета для рассматриваемого примера (рис. 3 и 4), но при экс-

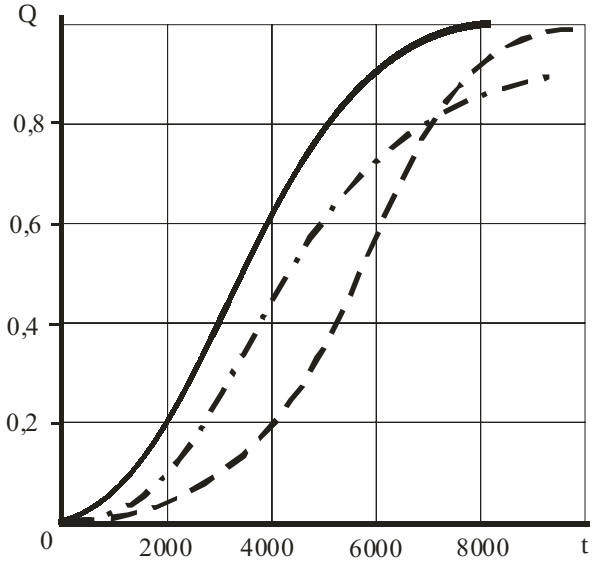


Рис. 3. Вероятность отказа системы

общее резервирование

индивидуальное резервирование

общее резервирование при экспоненциальном распределении

поненциальном законе распределения вероятности и только для случая общего резервирования. Принципиальных различий в характере протекания процессов изменения надежности системы при использовании различных законов распределения вероятностей нет.

Центральная предельная теорема устанавливает нормальный закон распределения вероятности для суммы большого числа одинаково распределенных случайных величин. Нормальный закон описывает распределение вероятностей совокупности случайных величин, у которой за пределами интервала ±3 среднеквадратических отклонения практически отсутствуют реализации.

Рассматриваемые нами системы состоят из агрегатов с одинаковым распределением вероятностей отказа. Развернутые выражения для вероятности отказа этих систем содержат не только суммы вероятностей отказов агрегатов, но и их произведения и суммы произведений. Строго говоря, у нас нет корректных доказательств того, что вероятность отказа таких систем может быть представлена нормальным распределением, но зависимости, приведенные на рис. 3 и 4, подталкивают именно к такому выводу. Здесь следует иметь в виду, что плотность вероятности $f(t)$ определяется формулой

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt}, \qquad (13)$$

а вероятность отказа на 1 ч полета в виде

$$Q_1(t) = \frac{\Delta Q(t)}{\Delta t}, \qquad (14)$$

при этом Δt – на практике величина 4-го порядка малости сравнительно с диапазоном изменения t и определения (9) и (10) весьма близки друг другу. Тогда становится понятным, что ниспадающая ветвь вероятности отказа на 1 ч полета обусловлена уменьшением числа реализаций событий, а ее стремление к нулю их практически полным отсутствием за пределами 3-х среднеквадратичных отклонений свойственным нормальному распределению.

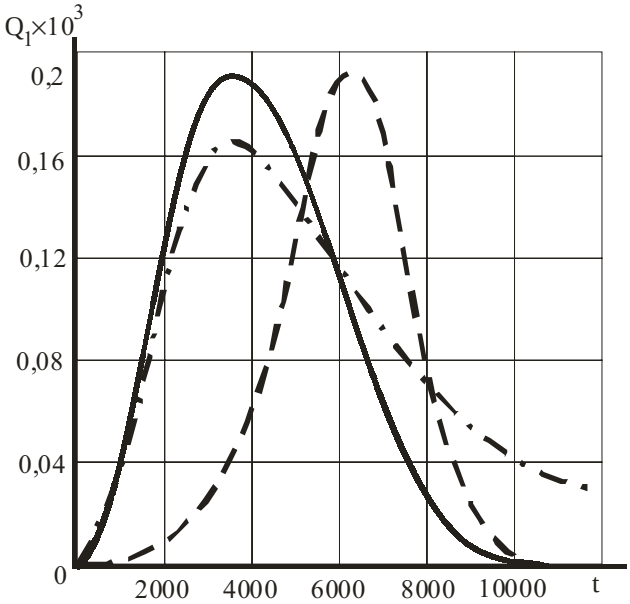


Рис. 4. Вероятность отказа системы на 1 час полета

общее резервирование

индивидуальное резервирование

общее резервирование при экспоненциальном распределении

В практике эксплуатации функциональных систем самолетов условие отсутствия реализации при увеличении времени не выполняется. Поток событий стационарен и непрерывен. Возникла на наш взгляд парадоксальная ситуация. С одной стороны, методика расчета вероятности отказа систем, принятая в теории надежности, не вызывает сомнений. С другой – в соответствии с ней вероятность отказа сложных систем описывается *S*-образной кривой, свойственной нормальному распределению. При этом вероятность отказа на малом интервале времени стремится к нулю с увеличением времени, что совсем не согласуется со стационарностью потока отказов. В этих условиях вероятность отказа достоверно как свойство системы может быть определена на малом (1 ч) отрезке времени, примыкающем к началу координат.

Существует и другой аспект оценки надежности функциональных систем в стационарном процессе эксплуатации, обуславливающий оправданность ее оценки только по значению в начале координат. Рассмотрим его.

С точки зрения эксплуатации парка однотипных самолетов, например в авиакомпании, любой момент времени выполнения анализа надежности можно считать произвольным t_i. В этот момент осуществляется сбор и обработка статистической информации, расчет λ или ω агрегатов и функции распределения вероятности отказа системы. Пусть *S*-образной нет. В любой другой момент времени $t_i + \Delta t_i$ операции повторяются, интенсивности отказов или параметры потока отказов останутся прежними, и будет рассчитана функция распределения вероятности отказа, эквидистантная первой и отстающая от нее на Δt_i. В конечном счете может быть построено поле таких функций распределения (рис. 5). Любому произвольному времени T_j будет соответствовать бесконечное множество значений вероятности отказа в интервале от 0 до 1 в зависимости от времени t_i начала работ по ее оценке. Из этого множества только одно значение не зависит от момента t_i. Это значение вероятности отказа на 1 ч полета, примыкающее к началу координат.

В НЛГС [1] в расчетах надежности систем рассматривается только участок времени, примыкающий к началу координат, т. е. от $t = 0$ до $t = 1$ ч полета либо до $t = t_п$ – продолжительности типового полета. Для рассматриваемого примера при общем резервировании, чаще используемом в системах самолетов гражданской авиации, в диапазоне времени от 0 до 1 ч вероятность отказа составляет $0{,}256 \cdot 10^{-13}$. Среднее же значение вероятности отказа на 1 ч по диапазону от 0 до 1 000 ч определяется как $0{,}14 \cdot 10^{-4}$.

С позиции эксплуатации агрегатов в составе функциональных систем 1 000 ч – это небольшая наработка, составляющая 10 % межремонтного ресурса малонадежных агрегатов. В связи с этим определение безотказности систем по первому часу либо по первому полету принятое в ОСТ [10], трудно признать оправданным.

В связи с этим представляется заманчивым определить вероятность отказа на 1 ч полета по ее максимальному значению. Для рассматриваемого примера оно равно $0{,}18 \cdot 10^{-3}$ и достигается при наработке 3 500 ч.

Высоконадежные функциональные системы самолетов содержат агрегаты с параметрами потока отказов $10^{-5}\ldots10^{-6}$, при этом максимум вероятности отказа системы достигается при 60 000…80 000 ч, т. е. за пределами ресурса самолета в целом.

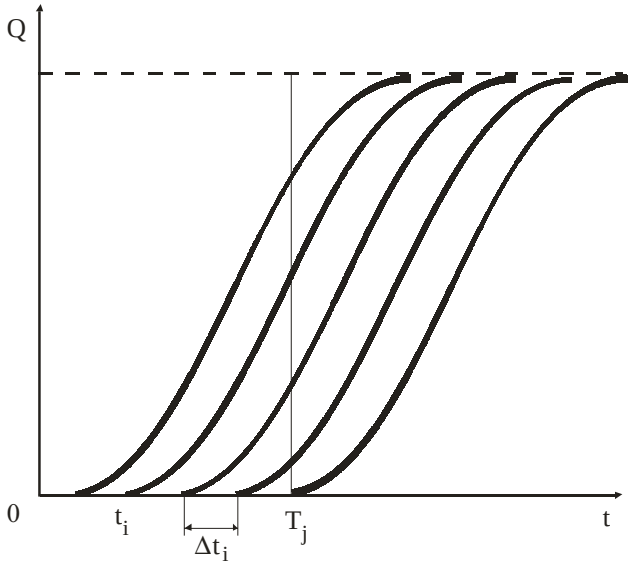


Рис. 5.Поле функций распределения вероятности отказа системы

Библиографический список

1. АП-25. Авиационные правила. Нормы летной годности самолетов. М. : МАК, 1994.

2. Летная годность воздушных судов. Прил. 8 к Конвекции о гражданской авиации. ИКАО, 1983.

3. Анализ влияния надежности авиационной техники на безопасность полетов за 2003 г. Минтранс России. М., 2004. 102 с.

4. Анализ инженерно-авиационного обеспечения безопасности полетов в авиапредприятиях Красноярского МТУ ВТ МТ РФ за 2003 г. Красноярск, 2004. 24 с.

5. Doc 9642-AN/9441. Руководство по сохранению летной годности. Международная организация гражданской авиации, 1995.

6. Новожилов, Г. В. Безопасность полета самолета. Концепция и технология / Г. В. Новожилов, М. С. Неймарк, Л. Г. Цесарский. М. : Машиностроение, 2003. 143 с.

7. Воробьев, В. Г. Надежность и эффективность авиационного оборудования / В. Г. Воробьев, В. Д. Константинов. М. : Транспорт, 1995. 143 с.

8. Сугак, Е. В. Надежность технических систем / Е. В. Сугак, Н. В. Василенко, Г. Г. Назаров, А. Б. Паньшинч. Красноярск : МПГ «Раско», 2001. 608 с.

9. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В. Е. Гмурман. М. : Высш. шк. 1979. 400 с.

10. ОСТ 1 00132-84. Надежность изделий авиационной техники. Методы количественного анализа безотказности функциональных систем при проектировании самолетов и вертолетов.

O. G. Boyko, L. G. Shaimardanov

THE METHODIC SPECIALTIES OF THE FUNCTIONAL SYSTEMS RELIABILITY OF THE CIVIL AVIATION AIRPLANES

The methodic contradictions in the reliability calculations of complicated systems are considered. These contradictions appear because of revealing of the theory of possibilities center limited theorem which lead to realization of normal distribution of the breakdown possibility in the systems with stationary units breakdown streams.

УДК 621.787.

И. В. Трифанов, Л. И. Оборина, В. И. Трифанов, И. В. Стерехов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНСТРУМЕНТА-ДОРНА И ЗАГОТОВКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КАНАЛОВ МАЛОГО СЕЧЕНИЯ

Получение каналов малого сечения при создании деталей изделий требует определения параметров взаимодействия инструмента-дорна и заготовки при деформирующем протягивании.

При изготовлении методом многостороннего деформирования каналов малого сечения линий передачи энергии возникает необходимость изучения параметров контактного взаимодействия инструмента-дорна с тонкостенной заготовкой: усилия дорнования, контактных давлений и усадки сечения канала, а также исследование точности сечения каналов, радиусов сопряжения стенок и качества их поверхностного слоя [1; 2]. Обработка трубчатых заготовок после электрохимической обработки проводилась круглыми дорнами. Измерения усилий дорнования реализовывались с использованием однокомпонентного упругого динамометра с фольговыми тензорезисторами. Запись электрических сигналов, поступающих от динамометра, выполняли через усилитель ТА-5 шлейфовым осциллографом НО71. 5 М. Точность измерений усилий дорнования во всех случаях была не ниже ± 1 %. Экспериментальные и теоретические зависимости усилий дорнования круглых отверстий заготовок труб малого сечения от величины обжатия заготовки канала малого сечения приведены на рис. 1. Особую роль для изготовления труб со стабильными параметрами размеров играют сплавы с низким коэффициентом температурного расширения (табл. 1). Самым низким ТКЛР обладает сплав 32НКД в диапазоне температур (20…100 °С) (табл. 1).

Графики усилий дорнования T наиболее применяемых экспериментальных материалов для изготовления каналов малого сечения в зависимости от величины обжатия a представлены на рис. 1 и 2.

Рис. 1. Зависимость усилия дорнования T от величины обжатия a: *1* – Сталь 20; *2* – Сталь 45; *3* – Сплав 32 НКД;

Усилие дорнования представляет собой нелинейную зависимость

$$T = f(a, \delta_{02} / E, d), \qquad (1)$$

где a – величина обжатия заготовки, δ_{02} – предел текучести материала заготовки, E – модуль упругости.

Усилие дорнования необходимо для назначения режимов обжатия, протягивания и расчета хвостовика инструмента-дорна.

После дорнования трубчатой заготовки происходит усадка отверстия из-за упругих свойств материалов (рис. 3 и 4).

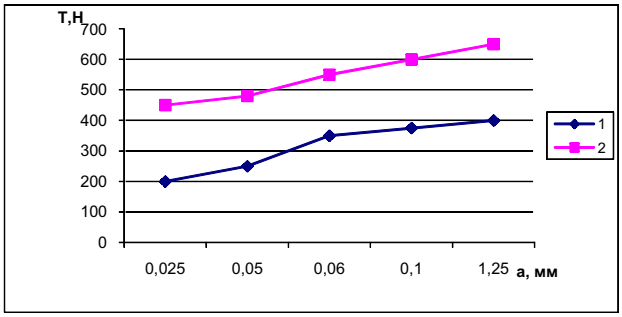


Рис. 2. Усилие дорнования трубчатой заготовки $d = 3$ мм от величины обжатия: *1* – М1 – медь; *2* – латунь – Л-63

Рис. 3. Зависимость усадки отверстий $d = 3$ мм от натяга a при одноцикловом дорновании: *1* – Д 16 Т; *2* – Сталь 32 НКД; *3* – Сталь 45; *4* – Сталь 20

Величина усадки отверстия после дорнования зависит от величины обжатия заготовки и отношений условного предела текучести δ_{02} к модулю упругости материала заготовки E (табл. 2):

Таблица 1

Основные характеристики сплавов с низким коэффициентом температурного расширения

Сплав	$\alpha_{ср} \cdot 10^5$, $К^{-1}$ (20...100 °С)	Точка Кюри, °С	ρ, мкОм · м	Е, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ, %	H_C, А/м
36Н	1,5	220	0,82	$1{,}48 \cdot 10^{-5}$	447	45	12,7
32НКД	1	220	0,78	$1{,}44 \cdot 10^{-5}$	451	41	12,7
35НКТ	3,5	210	0,85	$1{,}64 \cdot 10^{-5}$	1110	17,5	15,1

$$h_{ус} = f\left(a, \delta_{02} / E_{01}\right), \quad (2)$$

где $h_{ус}$ – величина усадки.

Величину усадки необходимо учитывать при назначении допусков на диаметры отверстий высокоточных труб малого сечения.

Чем больше значение δ_{02} /E, тем больше усадка. Величина усадки также зависит от диаметра отверстия *d* канала малого сечения и величины натяга (рис. 4).

Рис. 4. Зависимость усадки от диаметра отверстия трубы *d* и усилия обжатия *a*: *1* – *d* = 2, сталь 45; *2* – *d* = 3 мм, сталь 45; *3* – *d* = 2, сталь 32НКД; *4* – *d* = 3, сталь 32 НКД

Усадка при одной и той же величине обжатия увеличивается пропорционально росту диаметра трубчатой заготовки. В поверхностном слое в процессе дорнования происходит упрочнение обрабатываемой поверхности трубчатой заготовки.

Исследование деформированного упрочнения поверхностного слоя проводили при обработке отверстий с диаметрами *d* = 2…3 мм часть заготовок после сверления отверстий подвергались вакуумному отжигу при температуре 800 °С с выдержкой 1 ч, который полностью устранял упрочнение поверхности слоя, сформированного при сверлении [3]. Упрочнение определяли путем измерения микротвердости на приборе ПМТ-3 при нагрузках на пирамиду 0,98 и 1,96 Н. Измерения проводили на специальных шлифах, которые получали методом электроэрозионного вырезания проволочным электродом из трубчатой заготовки канала малого сечения.

Распределение микротвердости носит нелинейный характер по толщине стенки трубы малого сечения [3]:

$$M = f\left(a, b, H_{\nu}, \Psi\right), \quad (3)$$

где *a* – величина обжатия трубчатой заготовки; *b* – толщина стенки трубчатой заготовки; $H\nu$ – твердость материала заготовки; Ψ – использование запаса пластичности металла.

Для выравнивания микротвердости необходимо производить отжиг в вакууме перед дальнейшими технологическими операциями при изготовлении высокоточных каналов малого сечения, так как остаточная микротвердость снижает пластические характеристики металла, ухудшает технологичность труб малого сечения, изменяет стабильность коэффициента температурного расширения и может приводить к деформациям каналов малого сечения после их изготовления.

Таким образом, усилие дорнования труб малого диаметра представляет собой нелинейную зависимость, и определятся величиной обжатия диаметра трубчатой заготовки и свойствами материла.

Величина усадки диаметра отверстия зависит от величины обжатия, исходного диаметра трубы, отношение условного предела текучести к модулю упругости материала заготовки.

Распределение микротвердости по толщине стенки трубчатой заготовки после дорновании, носит нелинейный характер.

Микротвердость существенно зависит от величины обжатия, твердости материала заготовки, использования запаса пластичности.

Библиографический список

1. Скорцов, В. Ф. Дорнование глубоких отверстий малого диаметра : моногр. / В. Ф. Скворцов, А. Ю. Арлянов ; Том. пед. ун-т. Томск, 2005. 89 с.

2. Трифанов, И. В. Технологическое обеспечение качества изготовления отверстий в каналах малого сечения / И. В. Трифанов [и др.] // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та. Красноярск, 2006. Вып. 6. С. 103–106.

3. Трифанов, И. В. Технологическое обеспечение качества при изготовлении линий передачи энергии антенно-фидерных устройств / И. В. Трифанов, В. И. Трифанов, В. В. Евтушенко ; Краснояр. гос. архитектур. ун-т. Красноярск, 2006. 242 с.

Таблица 2

Материал заготовки	Д16Т	Сталь 45	Сталь 20	М 1	32 НКД	Латунь Л-63	Бронза Браж 10	Сталь 20х
δ_{02} / E	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$	$2,04 \cdot 10^{-3}$	$1,33 \cdot 10^{-3}$	$1,785 \cdot 10^{-3}$	$3,175 \cdot 10^{-3}$

I. V. Trifanov, L. I. Oborina, V. I. Trifanov, I. V. Sterehov

RESEARCH OF INTERREACTIONS CHARACTERISTICS OF CORE-INGINERY AND FEEDSTOCK TO FABRICATE CANALS OF LIGHT SECTION

The receiving of light sections canals during the developing of the products components requires characterisation of interreactions between instrument-dorn and feed work when deforming stretch.

УДК 658.1

Ю. В. Ерыгин, А. В. Цветцых, А. В. Быченков

ИНСТРУМЕНТЫ ПЛАНИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОГО ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Приведены результаты исследования теоретических основ и инструментов планирования устойчивого инновационного развития предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в условиях интеграции. Предложена методика планирования устойчивого инновационного развития предприятий ОПК, включающая инструменты стратегического планирования, метод определения допустимых инновационных проектов, метод нормирования рисков, критерий эффективности диверсификации, модель формирования оптимального портфеля инновационных проектов.

Развитие предприятий отечественного оборонно-промышленного комплекса на современном этапе его реформирования осуществляется в условиях становления новой системы государственного управления отраслью, появления новых конкурентов, новых рынков сбыта вооружений и военной техники (ВиВТ). Под влиянием создания принципиально новых видов ВиВТ, меняющих сам характер вооруженной борьбы, в конъюнктуре мирового рынка ВиВТ происходят существенные структурные изменения, определяющие перспективный облик оборонной промышленности. Существующие тенденции развития ОПК определяют особую значимость инновационного фактора в его развитии, повышают неопределенность и риски инновационной деятельности, что в условиях нормирования рентабельности продукции предприятий ОПК требует решения задачи обеспечения устойчивости их развития.

Важным способом снижения рисков инновационной деятельности предприятий ОПК, повышения устойчивости их развития является диверсификация бизнеса путем формирования оптимального портфеля инновационных проектов на основе использования технологий двойного назначения. Объективную основу для формирования оптимального портфеля инновационных проектов создают протекающие процессы интеграции в ОПК.

Таким образом, новизна задач, стоящих перед предприятиями ОПК, требует совершенствования инструментов как стратегического, так и внутрифирменного планирования инновационного развития.

Несмотря на серьезную разработку современными исследователями проблем, возникающих при планировании развития предприятий в условиях интеграции, многие прикладные, а также отдельные теоретические вопросы требуют своего разрешения и, как следствие, проведения дополнительных исследований. Прежде всего, это относится к учету влияния специфики, характера и состава проектов, реализуемых на предприятиях ОПК, а также определения критериев целесообразности их интеграции, выбора инструментов и методов стратегического и внутрифирменного планирования развития предприятий. Использование данных инструментов, в конечном счете, позволит добиться снижения инновационных рисков, повышения эффективности инновационной деятельности и устойчивости инновационного развития предприятий ОПК.

Важность решения сформулированной проблемы, недостаточная ее разработанность как в теоретическом, так и в методологическом аспекте определили выбор предмета исследования.

Анализ современных подходов к определению сущности устойчивого инновационного развития предприятия позволил сделать следующие выводы:

– *существующие* подходы к раскрытию сущности развития предприятия характеризуют лишь отдельные стороны (свойства) такой сложной экономической категории как развитие;

– на сегодняшний день *отсутствует* понимание сущности устойчивого инновационного развития предприятия, *адекватного* сущности понятий «развитие», «инновации» и «устойчивость».

Сделанные выводы послужили основанием для уточнения содержания понятия «устойчивое инновационное развитие предприятия», определения его свойств. Под устойчивым инновационным развитием предприятия нами понимается процесс, характеризующийся экзогенным или эндогенным источником качественных изменений (инноваций) в различных сферах деятельности, сопровождающийся восстановлением сбалансированности, пропорциональности и эффективности основных экономических процессов функционирования предприятия на количественно и/или качественно новом уровне, обеспечивающего сохранение непрерывности простого и расширенного воспроизводства в перспективе.

Основными свойствами устойчивого инновационного развития являются следующие: повышение эффективности инновационной деятельности; повышение определенности результатов инновационной деятельности; снижение рисков инновационной деятельности.

Результаты исследования сущности устойчивого инновационного развития позволили определить основную цель планирования инновационного развития предприятий ОПК – *обеспечение устойчивости инновационного развития*.

Эффективное достижение главной цели планирования инновационного развития предприятий ОПК предполагает решение определенных задач. Формирование указанных задач и их последующая структуризация с учетом особенностей объекта исследования невозможны без систематизации факторов, оказывающих влияние на предмет исследования.

Для систематизации факторов, учитываемых в процессе планирования инновационного развития предприятий ОПК в условиях интеграции, была выполнена их классификация на основе данных экспертного опроса (табл. 1).

Таблица 1

Факторы устойчивого инновационного развития предприятий оборонно-промышленного комплекса

	Факторы по функциональным стратегическим сферам бизнеса	Характер информации	Тип интеграции предприятий	
СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ	**Организационное развитие**			
	Уровень организационного и информационного обеспечения	Д	Г	Г*
	Степень зависимости от бюрократизма государственных органов управления	Н	В	Г
	Социальное развитие			
	Возможность привлечения дополнительного персонала требуемого уровня квалификации	В/О-Д	Г	Г*
	Уровень специализации инженерно-технического персонала	В/О-Д	В	Г
	Технико-технологическое развитие			
	Зависимость от качества государственного регулирования инновационной деятельности	В/О-Д	В	Г
	Использование плодотворности стержневой технологии	В/О	Г	Г*
	Длительность инновационных процессов	В/О	В	Г
	Материально-техническое обеспечение и производство			
	Уровень специализации оборудования	Д	В	Г
	Степень зависимости от уровня и стабильности цен на продукцию и услуги естественных монополий	В/О	В	Г
	Объем производства группы бизнес-единиц	В/О-Д	Г	Г*
	Маркетинг			
	Использование характера назначения продукции бизнес-единиц	В/О	Г	Г*
	Объем продаж продукции группы бизнес-единиц	В/О-Д	Г	Г*
	Финансы и инвестиции			
	Зависимость от состояния инфраструктуры финансового рынка	В/О-Д	В	Г
	Уровень инвестиционной привлекательности группы бизнес-единиц	В/О-Д	Г	Г*
	Величина собственных средств для инвестирования в бизнес-единицы	В/О-Д	Г	Г*
	Стоимость капитала	В/О-Д	В	Г
	Уровень рентабельности группы бизнес-единиц	В/О-Д	Г	Г*
Несистематические	**Организационное развитие**			
	Уровень организационного и информационного обеспечения бизнес-единицы	В/О-Д	В	Г
	Социальное развитие			
	Уровень квалификации персонала бизнес-единицы	В/О-Д	Г	Г*
	Уровень развития системы переподготовки кадров бизнес-единицы	Д	Г	Г*
	Технико-технологическое развитие			
	Уровень инновационного потенциала бизнес-единицы	В/О	Г	Г*
	Уровень затрат на осуществления инновационных процессов	Д	В	Г
	Объем предложения и качество инновационных проектов	В/О	Г	Г*
	Объем спроса на инновационные проекты	В/О	Г	Г*
	Материально-техническое обеспечение и производство			
	Уровень и стабильность материально-технического обеспечения бизнес-единицы	В/О-Д	В	Г
	Уровень затрат на материально-техническое обеспечение бизнес-единицы	В/О-Д	В	Г
	Объем предложения комплектующих изделий, их качество	Д	В	В*
	Уровень загрузки основных средств бизнес-единицы	В/О-Д	Г	Г*
	Маркетинг			
	Зависимость от уровня цен на продукцию бизнес-единицы	Д	В	Г
	Состояние сервисной и сбытовой базы бизнес-единицы	В/О-Д	Г	Г*
	Объем и стабильность продаж бизнес-единицы	В/О-Д	Г	Г*
	Уровень затрат на продвижение продукции бизнес-единицы	В/О-Д	В	Г
	Финансы и инвестиции			
	Уровень рентабельности бизнес-единицы	В/О-Д	В	В*
	Зависимость от уровня и стабильности государственного финансирования разработки и производства продукции бизнес-единицы	В/О-Д	В	Г
	Уровень обеспеченности ИП бизнес-единиц инвестициями	Д	Г	Г*
	Уровень генерирования бизнес-единицей внешних источников финансирования	В/О-Д	Г	Г*

Примечания: 1. Характер информации: Н – неопределенный; В/О – вероятностно-определенный; Д – детерминированы. Типы интеграции: Г – горизонтальный тип; В – вертикальный тип.

2. В последнем столбце указан тип интеграции, нивелирующий негативное воздействие соответствующего фактора на устойчивость инновационного развития.

3. Знак «звездочка» означает повышение эффективности соответствующего типа интеграции (например, при горизонтальном типе пересмотр форм совместной деятельности, степени интеграции, совершенствование организационной структуры и культуры и т. д.).

Соотнесение факторов по функциональным стратегическим сферам бизнеса позволило сформировать систематизированный перечень рисков, учитываемых при планировании инновационного развития, и определить соответствующий тип интеграции предприятий.

Разделение факторов на систематические и несистематические позволило определить источник и степень влияния факторов риска на объект исследования, а также учесть эффект диверсификации. Достижение эффекта диверсификации становится возможным вследствие формирования оптимального портфеля проектов. Таким образом, необходимость диверсификации бизнеса предприятий ОПК в целях снижения риска и максимизации результатов инновационной деятельности дает основание использовать методы портфельного планирования инновационного развития. Объективную основу для формирования оптимального портфеля проектов создает протекающая ныне интеграция предприятий ОПК.

Систематизация факторов позволила установить, что содержание и устойчивость инновационного развития предприятий ОПК зависят от характера и состава реализуемых проектов. В этой связи при планировании инновационного развития предприятий ОПК необходим учет специфики реализуемых проектов. Данное обстоятельство определило необходимость разработки типологии проектов инновационного развития предприятий ОПК. Для решения названной задачи авторами был проведен морфологический анализ, основанный на использовании признаков, отражающих особенности реализуемых на предприятиях ОПК проектов.

Морфологический анализ позволил сделать вывод, что важнейшим признаком, определяющим наиболее существенные отличия реализуемых проектов, является тип осуществляемых инноваций: технологические, продуктовые и рыночные. Было установлено, что наиболее существенные отличия выделенных типовых проектов характерны для таких признаков как назначение и значимость проектов, направленность воздействия на основные технологии, продукты и рынки, характер проекта.

Деление проектов на оборонные и конверсионные имеет существенное значение с точки зрения выбора форм и методов их освоения. Оборонные и конверсионные проекты могут быть разделены на технологические, продуктовые и рыночные.

Разделение проектов по характеру нововведений существенно с точки зрения учета разного уровня рисков, связанных с их разработкой и реализаций.

Решение о составе портфеля проектов предприятий всегда носит стратегический характер, следовательно, в процессе стратегического планирования на предприятиях ОПК необходимо использование специальных инструментов идентификации бизнес-стратегий, учитывающих особенности преобладающих проектов, реализуемых на предприятиях ОПК в условиях интеграции.

В результате анализа инструментов стратегического планирования [1] было установлено, что показатели, лежащие в основе матриц формирования стратегий не позволяют учесть специфики предприятий ОПК при определении соответствующей бизнес-стратегии. В частности, раздельный учет (конкретизация на основе построения нескольких матриц) по вертикали таких факторов, как «плодотворность технологии», «привлекательность продукта», «потенциал роста рынка», позволил бы формировать бизнес-стратегии, адекватные особенностям преобладающих проектов, реализуемых на предприятиях ОПК.

Основываясь на результатах классификации факторов устойчивого инновационного развития, разработки типологии проектов, анализа инструментов стратегического и внутрифирменного планирования предприятий была разработана методика планирования, включающая предложенные авторами инструменты планирования инновационного развития (см. рисунок).

На *первом этапе* проводится сбор информации, характеризующей плодотворность используемых технологий, потенциал роста рынков, привлекательность продуктов и потенциал роста бизнес-единиц.

На *втором этапе* проводится анализ собранной информации, и на основе полученной исходной базы, определяются миссия и цели развития предприятий.

На *третьем этапе* проводится идентификация бизнес-стратегий развития предприятий. Необходимость выбора бизнес-стратегий на данном этапе методики связана со следующей проблемой. Решение о составе портфеля проектов предприятий всегда носят стратегический характер, следовательно, процесс стратегического планирования бизнеса предприятий (бизнес-единиц) нуждается в выработке специальных инструментов идентификации бизнес-стратегий. В этой связи формирование бизнес-стратегий на предприятиях ОПК было предложено проводить на базе использования матриц «плодотворность технологии – потенциал роста бизнес-единицы», «привлекательность продукта – потенциал роста бизнес-единицы», «потенциал роста рынка – потенциал роста бизнес-единицы». Данные инструменты стратегического планирования были подробно рассмотрены автором ранее [1].

На *четвертом этапе* предлагаемой методики по результатам идентификации бизнес-стратегий формируется множество альтернативных проектов, существенных как для отдельного предприятия, так и для группы предприятий в целом.

На *пятом этапе* путем установления соответствия проектов выбранным бизнес-стратегиям предприятий проводится их подбор.

На *шестом этапе* на основе использования экономического (количественного) критерия определяются проекты, которые принимаются в качестве допустимых при формировании оптимального инновационного портфеля предприятий ОПК. С этой целью проводится определение и сопоставление расчетного значения доходности проекта (NPV) с нормативным показателем доходности. Величина нормативной доходности проекта определяется нормой рентабельности предприятий ОПК. При удовлетворении требованию нормативного уровня доходности ($NPV_{расч} \geq NPV_{норм}$) проект j принимается в качестве допустимого (*седьмой этап*). При неудовлетворении требованию нормативного уровня доходности головная компания (по согласованию с предприятиями) исключает рассматриваемый проект из перечня допустимых (*восьмой этап*).

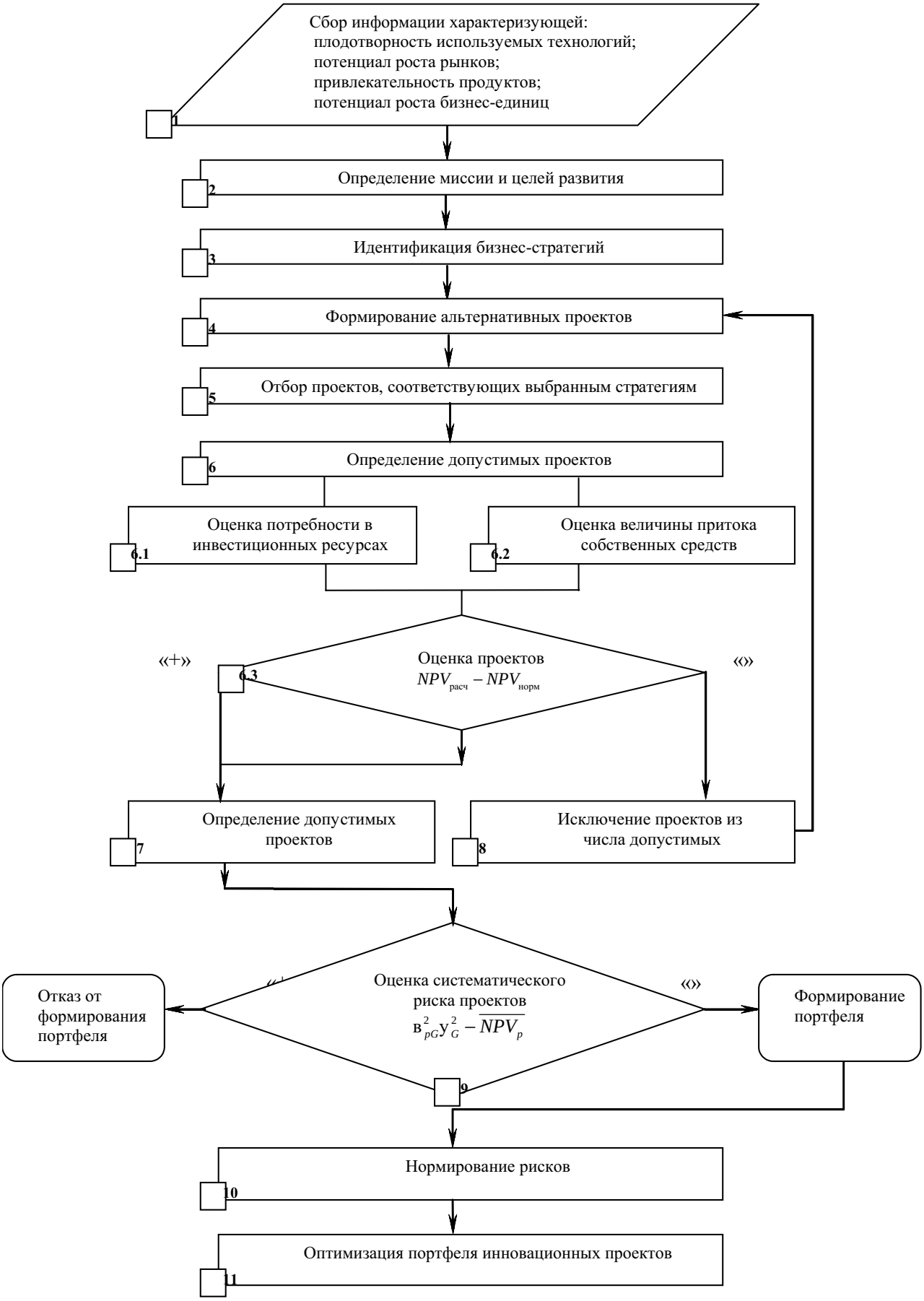


Схема алгоритма методики планирования устойчивого инновационного развития предприятий ОПК в условиях интеграции

Использование показателя NPV_j позволяет получать результаты и оценивать риск в абсолютных величинах; обладает свойством аддитивности, что является необходимым условием при формировании портфеля проектов.

На *девятом этапе* проводится оценка систематического (рыночного) риска инновационных проектов и принимается решение относительно возможности формирования инновационного портфеля. Для определения систематического риска используется рыночная модель. В соответствии с данной моделью систематический риск портфеля измеряется показателем σ_{sp}: $\sigma_{sp} = в_{pG}^2 у_G^2$. Коэффициент «бета» портфеля определяется на основе построения ковариационной матрицы. Ковариационная матрица позволяет получать значения среднеквадратического отклонения доходности портфеля в зависимости от среднеквадратического отклонения отраслевого индекса.

На основе сведений о среднем значении ожидаемой доходности и величины систематического риска портфеля принимается решение о целесообразности формирования инновационного портфеля и интеграции предприятий. При ситуации, когда $\overline{NPV_p} < \sigma_{sp}$ (ожидаемая средняя доходность портфеля ниже значения его систематического риска), на уровне головной компании предприятий принимается решение в пользу отказа от формирования инновационного портфеля (в силу того, что систематический риск является непонижаемым методами диверсификации портфеля). При ситуации, характеризуемой как $\overline{NPV_p} > \sigma_{sp}$ (ожидаемая $\overline{NPV_p}$ портфеля выше и его систематического риска), принимается решение в пользу формирования портфеля инновационных проектов.

На *десятом этапе* проводится нормирование рисков. С этой целью на предварительном этапе проводится определение собственного риска портфеля, путем обобщения результатов оценки отклонения NPV каждого проекта от ожидаемого его значения, полученных методом субъективной вероятности.

Обобщение результатов оценки отклонений NPV каждого проекта проводится путем определения среднего квадратического отклонения доходности портфеля – величины собственного риска $у_{ер}$.

Далее путем суммирования собственного $у_{ер}$ и систематического риска $у_{sp}$ определяют значение общего риска инновационного портфеля $у_р$, норматив по риску, тип инновационного портфеля и тип стратегии инвестора. Для этого составляется «матрица оценки инновационного портфеля» (табл. 2), позволяющая устанавливать нормативы риска и определять тип портфеля инвестора.

В основе установления нормативов риска и типа портфеля лежит трехуровневая система оценки доходности портфеля NPV_p в пределах ниже средней и выше среднеотраслевого значения доходности.

Нормирование рисков позволяет не только устанавливать границы допустимого уровня риска, но и в дальнейшем производить его учет, при формировании оптимального портфеля инновационных проектов.

На *одиннадцатом этапе* на основе метода линейного программирования с использованием булевых переменных проводится формирование оптимального портфеля инновационных проектов по критерию максимизации доходности инновационной деятельности (экономического результата).

Основное уравнение линейного программирования, выражающее условный оптимальный выигрыш $\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{N} NPV_{ji}\left(NPV_p\right)$ задачи, будет иметь вид

$$f\left(x\right) = \sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{N} NPV_{ji} x_{ji} \to \max ; \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{N} I_{ji} x_{ji} \le B + M ; \quad (2)$$

$$i = \overline{1, N};\ j = \overline{1, J} ; \quad (3)$$

$$x_{ji} = \{1, 0\}, \quad (4)$$

где x_{ji} – булевая переменная, показывающая планируется ли к реализации *j*-ый проект на *i*-ой бизнес-единице (если $x_{ji} = 1$, то планируется; если $x_{ji} = 0$, не планируется); I_{ji} – общая величина инвестиций по *j*-му проекту в *i*-ую бизнес-единицу; $\sum_{j=1}^{J}\sum_{i=1}^{N} NPV_{ji}\left(NPV_p\right)$ – максимальное значение стоимости бизнеса, созданной в результате реализации допустимых инновационных проектов.

Полученный результат $\left(NPV_p\right)$ по соответствующему портфелю должен удовлетворять ограничению по риску, выбираемому (с позиции консервативного типа инвестора) из матрицы оценки инновационного портфеля (табл. 2).

Представленные методические инструменты были апробированы на примере планирования устойчивого инновационного развития предприятий формируемой интегрированной структуры ОАО «Информационные спутниковые системы».

Библиографический список

1. Ерыгин, Ю. В. Инструменты стратегического планирования устойчивого инновационного развития интегрированной структуры оборонно-промышленного комплекса / Ю. В. Ерыгин, А. В. Цветцых // Проблемы машиностроения и автоматики. 2006. № 4.

Таблица 2

Матрица оценки инновационного портфеля

Оценка инновационного портфеля		
$NPV_p > \overline{NPV_p} + у_p$	$\overline{NPV_p} - у_p < NPV_p < \overline{NPV_p} + у_p$	$NPV_p < \overline{NPV_p} - у_p$
Агрессивный	Умеренный	Консервативный
Тип портфеля (тип стратегии инвестора)		

U. V. Erygin, A. V. Tsvettsykh, A. V. Bychenkov

THE INSTRUMENTS OF PLANINIG OF STABILITY INNOVATIVE EVOLUTION OF THE INDUSTRIAL COMPLEX ENTERPRISES

It is resulted the research of theoretical bases and instruments of planning of stability innovative evolution of the industrial complex enterprises in conditions of integration, is given in the article. The technique of planning of steady stability innovative evolution of industrial complex enterprises, including instruments of strategic planning, a method of definition of admissible innovative projects, a method of normalization of risks, criterion of efficiency diversification, model of formation of an optimum portfolio of innovative projects are offered.

УДК 339.137.2: 005

Н. Т. Аврамчикова

ПРОБЛЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ

Рассмотрены вопросы поиска оптимального баланса в рамках триединства «территориальное развитие – пространство развития – территория развития», путь к которому для России, в отличие от западноевропейских стран, должен быть иным с учетом размеров и степени освоенности территории.

Основы региональной политики в России закладывались 100 лет назад, и уже тогда пришли к выводу, что если Россия не начнет районировать развитие своего хозяйства, то мало на что можно будет рассчитывать в будущем. За последние 15 лет учителями российских реформаторов стали Ф. Хайек, М. Фридман, Портер и другие западные идеологи свободного рынка, школа регионалистов осталась забыта и не востребована современной действительностью. Россия – огромная страна, и требуется разный подход к развитию каждого региона.

Федеральная региональная политика строилась в предыдущие годы на платформе выравнивания социально-экономического развития регионов и была обусловлена рядом обстоятельств. Сегодня же можно констатировать, что политика выравнивания утратила свою эффективность. Прежние инструменты управления региональным развитием не работают, а часто их использование приводит к негативным результатам. Разрыв в уровне развития регионов продолжает нарастать – никакого выравнивания на деле не происходит. Попытку выравнивания осуществляет только Министерство финансов РФ через имеющийся у него инструмент федеральных трансфертов, но это выравнивание только бюджетных душевых расходов, а не социально-экономического развития регионов.

Разрыв в темпах роста экономики между отдельными субъектами Российской Федерации является объективной тенденцией в условиях рынка. Настало время принципиально изменить отношение к концепции управления региональным развитием и перейти к политике поляризованного развития (или «развития, сфокусированного на приоритетах»).

Огромное количество инфраструктуры, построенное в Советском Союзе, избыточно для нынешнего типа хозяйствования.

Главной проблемой региональной политики России является неразличение государственного строительства, предметом внимания которого являются властные отношения, и регионального строительства, сущность которого заключается в хозяйстве. Для того, чтобы быть конкурентоспособной в мировом масштабе, Россия должна оформить свой макрорегион.

Неэффективное размещение населения, недостаток ресурсов в точках реального роста, неэффективный рисунок транспортных коммуникаций, унаследованный от предыдущих эпох – все это мощно тормозит развитие страны.

Неэффективная пространственная организация деятельности на территории страны обходится ей потерей, как минимум, 2–3 % внутреннего валового продукта (ВВП) ежегодно [1].

Основной проблемой внутри страны является проблема поиска оптимального баланса в рамках триединства «территориальное развитие – пространство развития – территория развития» – баланса, найти который за всю историю России на достаточно продолжительный срок пока не удавалось. Сущность этой проблемы видится в том, что с учетом размеров территории, степени ее неосвоенности, сложности и многообразия природно-климатических условий, демографической ситуации финансовых и материальных ресурсов всего мира вряд ли хватит для того, чтобы в обозримом будущем довести среднюю плотность освоения территории России и ее насыщенность пространствами до европейского уровня. Значит те стратегии развития социально-территориальных систем, которые исторически сложились в Европе с ее уникальным сочетанием благоприятного климата, малых расстояний и оптимальной плотности населения, непригодны для России, где все перечисленные параметры характеризуются экстремальными значениями (тер-

ритория и среднее плечо переброса электроэнергии – самые большие в мире, средняя плотность населения – одна из самых низких).

Значит, и путь к европейским ориентирам уровня и качества развития должен быть иным по его содержанию и механизмам, по обеспечивающим его пространствам. Очевидно, что при невозможности территориального развития всей России, развитие должно концентрироваться в территориях развития. Его должны подкреплять и продвигать социальные пространства развития. Их взаимодействие с международными и глобальными пространствами должно строиться так, чтобы в длительной перспективе укреплять суверитет России и эффективность ее контроля над национальной территорией в целом, т. е. через территории развития включать ее в стабильные пространства современного мира. Такой подход не означает, что каким-то частям страны отказано в развитии на неопределенно долгое время: они смогут делать это за счет своих ресурсов и возможностей. Но публичное признание давно доказанного исторического факта – вся территория страны не может развиваться одинаково быстро, а часть этой территории не может развиваться вообще – позволило бы сформулировать оптимальную стратегию национального развития. Пространства при этом будут производны от желаемых типа развития и путей его достижения.

В современном мире развитие даже крупнейших стран не может быть автаркическим, и поэтому должно так или иначе вписываться в международные и глобальные пространства: территория хозяйствования, от которой зависят благополучие населения и в конечном счете развитие страны, все чаще и все дальше выходит за территорию государства.

Наиболее развитые и устоявшиеся пространства глобального мира – экономическое и финансовое – оформлены через структуры Всемирной торговой организации (ВТО), Международного валютного фонда (МВФ) и Всемирного банка. Членство в этих организациях и отношения с ними – вопрос добровольного выбора государств и правительств. Отсутствие членства создает стране и ее субъектам экономически немало организационно-практических неудобств, приносит ряд ощутимых (хотя не трагических) экономических потерь, не дает в полной мере воспользоваться правовыми и некоторыми другими возможностями, доступными государствам-членам. Но поскольку в названных организациях представлена почти вся мировая экономика, и именно они во многом определяют «правила игры», то государства-члены, будучи одновременно участниками международных региональных соглашений и союзов, координируют внутренние нормы таких соглашений со своими обязательствами в рамках ВТО. Причем если при создании этих международных организаций их нормы и принципы определялись правительствами-учредителями и в целом отвечали тогдашним позициям государств-инициаторов, то с течением времени эти структуры расширяли свое членство, масштабы деятельности и обретали все большую автономность по отношению к отдельно взятому государству. Россия на долгом опыте своего пока не завершенного присоединения к ВТО получает подтверждение, сколь трудно поддается это глобальное пространство попыткам добиться гармонии между ним и экономическим пространством какой-либо страны [2].

Территориально крупнейшая страна в мире – СССР, затем Россия – первой ощущает неадекватность территории как принципа организации. На протяжении почти всего XX в. Советский Союз экспериментирует с областями, совнархозами, снова с областями, принцип автономии народов используется наравне с территориальным как основа административного устройства страны [3].

В России значительный пласт экономики, где производится более трети добавленной стоимости и занято почти две трети работающих, недостаточно конкурентоспособен и держится на плаву лишь за счет заниженного обменного курса, низких тарифов на инфраструктурные услуги, оптимизации налогов. Порочный круг неконкурентоспособности должен быть разорван согласованными усилиями государства и бизнеса.

В 2005 г. началось снижение динамики сырьевого экспорта, прежде всего экспорта нефти, которое потянуло вниз и темпы роста ВВП. Замедление это имеет долговременный характер.

Философ П. Щедровицкий фиксирует в своих работах драматическую неготовность российского общества к восприятию реальности, связанной с необходимостью перенаправлять прибыли сырьевого сектора в новую экономику, где основная добавленная стоимость создавалась бы в секторе принятия интеллектуальных решений. А делать это пора, иначе масштаб структурного отставания станет невосполнимым, и Россия превратится в низкорентабельный центр промышленной сборки не здесь придуманных товаров, а на следующем шаге – в центр утилизации промышленных отходов планеты [4].

Эффективное региональное управление, учитывающее возможности включения территории в интеграционные процессы, должно основываться на такой региональной политике, которая является составной частью государственной экономической политики как реакция регионов на внешние вызовы, сопутствующие глобализации. Данный подход чрезвычайно важен для России, неэффективная адаптация которой к мировым рынкам лишает страну и ее экономических субъектов больших выгод от экономического сотрудничества и влечет серьезные потери. По оценкам экспертов, Россия в целом вывозит за рубеж все возрастающую часть ВВП – не менее 20 % в настоящее время по сравнению с 7 % в последние годы существования СССР. Страна экспортирует 25 % круглого леса, почти треть пиломатериалов, 40 % добываемой нефти и производимого аммиака, 50 % синтетического каучука, более 60 % проката черных металлов, 70–90 % цветных металлов, около 80 % целлюлозы и минеральных удобрений.

Включение России в мировую экономику происходит на фоне сокращения ее внутреннего производства и потребления. Рост теневого рынка выступает свидетельством неустойчивости ее развития. Чрезмерная экспортная ориентация ведет к прерыванию межрегиональных связей и, как следствие, нарушению экономической целостности страны. Например, в советский период 75 % связей Дальнего Востока были межрайонными, 20 % – внутренними, 5 % – внешнеторговыми. К середине 1990-х гг. на Дальнем Востоке около 75 % производимого продукта

реализовывалось на внутрирегиональном рынке, 10 % – внутреннем рынке России и СНГ и 15 % – внешнем рынке. Результатом этих процессов стала фактическая автаркизация Дальнего Востока России относительно национального рынка [5].

Главной проблемой регионального развития является несоответствие между процессами формирования региональной экономики и уровнем управления этими процессами.

Функциональное управление территориальным развитием реализуется через систему различных форм государственной политики: налоговой, бюджетной, кредитной, инвестиционной, социальной и др. Каждое значимое для хозяйства и населения страны решение в области конкретной государственной политики предварительно должно быть увязано с особенностями регионов. Эта «привязка к месту» создает своеобразный экономический ландшафт страны. Механизм становления экономики федерального государства отличается от механизмов поддержания функционирования его развитых форм. Поэтому, что хорошо для «классических» федераций (США, Германии и др.), не всегда подходит для сегодняшней ситуации в России – стране с переходной экономикой. Сам факт финансово-экономической слабости России уже говорит о том, что здесь традиционные возможности государственного регулирования территориального развития ограничены, у нас возникает масса проблем и препятствий финансированию строительства – как бюджетному, так и смешанному – и функционированию объектов инфраструктуры (портов, терминалов, дорог, энергетических систем и т. п.), дифференцированный по регионам социальной поддержке регионального сельского хозяйства, жилищно-коммунального хозяйства, здравоохранения, просвещения и др. [6].

Устойчивое социально-экономическое развитие региона характеризуется его возможностью обеспечивать положительную динамику уровня и качества жизни населения, использовать в этих целях новые факторы и условия, в том числе сбалансированное воспроизводство экономического, социального, природно-ресурсного и экономического потенциала, локализованного на его территории.

В современной России региональные органы власти как правило мотивированы скорее геоэкономическими, чем геополитическими соображениями.

Включение России в мировое экономическое пространство должно проходить не только через отдельные регионы, испытывающие давление двойного провинциализма: собственно центра и региональных блоков. Проблему региональной интеграции для нашей страны необходимо рассматривать как проблему стратегического «вписывания» всей России в геоэкономику трансграничных регионов. С другой стороны, остро необходимое для страны создание воспроизводственной модели может, безусловно, начинаться с точек роста – отдельных приграничных регионов, обладающих определенными конкурентными преимуществами. Среди регионов приграничного пояса более благоприятные условия для развития имеют те, которые располагаются на глобальных коммуникациях, обеспечивающих международное региональное сотрудничество. Для регионов «тупикового положения» необходимы специальные меры федеральной региональной политики, опирающиеся на основополагающие принципы устойчивого пространственного развития. При этом важно не просто извлечь выгоду из географического положения или даже правильно позиционироваться, необходимо определить, какие факторы внутрирегионального развития могут поддерживать геоэкономические интересы других стран [5].

Перспектива экономического развития регионов должна базироваться на поддержке «опорных» регионов, точек индустриального, технологического и инфраструктурного роста. Однако эти точки невозможно выделить и поддерживать в рамках проводимой ныне политики бюджетной поддержки проблемных регионов за счет регионов-доноров. В результате территории-рецепиенты теряют мотивацию к развитию, а развитие успешных регионов, наоборот, искусственно сдерживается.

Российской Федерации от политики равномерного развития необходимо перейти к политике точек роста, так как зачастую наиболее удачные решения по стимулированию экономического роста страны в целом реализуются в регионах. При этом, по мнению руководства Минрегионразвития РФ, федеральные социальные стандарты, определяемые государственной социальной политикой, должны обеспечиваться во всех без исключения регионах, а что касается инвестиционных средств из федерального бюджета, то они должны направляться только туда, где формируются предпосылки для экономического роста.

Для точек роста характерны одновременная концентрация кадров промышленности и хайтека, научный потенциал, учащаяся молодежь, производственные цепочки, инфраструктура. Потенциальных точек роста, открытых для частно-государственных инвестиционных проектов, в России предостаточно.

Для реализации концепции стратегического развития регионов Минрегионразвития РФ, необходимо, как отмечают ее авторы, объединение ряда регионов. Так, развитую Пермскую область и депрессивный Коми-Пермяцкий округ необходимо объединить, чтобы сократить значительный разрыв в заработной плате, уровне безработицы и инвестиционных перспективах. Объединение необходимо, чтобы более устойчивая территория потянула за собой более слабую. Тот же проект реализован при объединении Красноярского края, Таймыра и Эвенкии. В Эвенкии проживают восемнадцать тысяч человек. Они не могут освоить огромную территорию с гигантским Ванкорским нефтегазовым месторождением. На Дальнем Востоке численность населения падает. Необходимо создать предпосылки для его развития, иначе эта территория будет Россией потеряна. Приморский край с его океанским побережьем имеет хорошие перспективы развития рыбной промышленности, рекреативной отрасли, угледобычи. Здесь надо создать единую экономическую зону или единый субъект федерации, объединив индустриальный Хабаровск с Владивостоком инфраструктурно. В Корякском АО проживают около двадцати четырех тысяч человек, решить их социальные проблемы силами округа невозможно так же, как и обеспечить его экономическое развитие. Необходимо переселить часть людей на Камчатку, объединить потенциал регионов.

Сегодня в России не более двадцати регионов-доноров, остальные – реципиенты. Бесконечное хождение с протянутой рукой в центр заводит региональное развитие в тупик. Иждивенчество не может быть принципом региональной политики огромной страны. Инициаторами объединения должны быть сами губернаторы, инициативные группы предпринимателей и местные парламентарии. Центр не должен и не будет давить на регионы с целью форсирования объединения [7].

Свое вхождение в рынок регионы России начинали с разных стартовых позиций, поскольку практиковавшийся в советский период принцип разделения труда обеспечивал создание инфраструктуры тех отраслей, для которых в данном регионе имелись благоприятные условия.

За годы экономических реформ произошло дальнейшее усиление поляризации регионов по уровню развития. Целенаправленное укрепление поляризации в региональной политике может привести к тому, что регионы-лидеры уйдут в еще больший отрыв от регионов-аутсайдеров, и нет гарантии, что они начнут подтягивать остальных до своего уровня. Экономика регионов страны не настолько тесно переплетается между собой, чтобы придание импульса одним автоматически сказывалось и на остальных в форме прихода инноваций волнообразным способом.

Поляризация в развитии регионов в России уже существует достаточно рельефно. Так, соотношение стоимости основных фондов отраслей экономики, приходящихся на душу населения между ведущими регионами и отстающими, колеблется от 3,5 и более раза. Такая же картина возникает при анализе валового регионального продукта (ВРП) на душу населения. Соотношение инвестиций в основной капитал в расчете на душу населения между ведущими и отстающими регионами еще выше. Сегодня в России десять наиболее развитых регионов обеспечивают производство около 55 % суммарного ВРП, при этом тенденция сужения числа регионов, производящих большую часть ВВП страны, нарастает.

Имеющиеся диспропорции в региональном развитии можно выявить, осуществив группировку регионов по размеру ВРП (емкости регионального рынка) с учетом покупательной способности в расчете на душу населения (см. таблицу). Так, пятая часть регионов страны имеет размер ВРП на душу населения менее 50 тыс. руб., в которых проживает 9,8 % населения, и при этом в них производится всего 3,6 % ВРП. Свыше 150 тыс. руб. на душу имеется в шести регионах, являющихся в основном нефте- и газодобывающими территориями.

Таким образом, политику поляризованного развития регионов в России необходимо проводить с одновременной реорганизацией административно-территориального деления субъектов федерации и осуществлением крупных инфраструктурных проектов в отсталых регионах, которые не хотят ждать до лучших времен, когда регионы-локомотивы потянут их за собой. В едином государстве для федеральных органов становится крайне важным обеспечить справедливый баланс интересов центра и регионов, что в свою очередь укрепляет федеративные отношения и целостность государства [8].

При сегодняшней налогово-бюджетной политике России федеральный бюджет собирает значительно больше средств, чем территории, это делается для того, чтобы перераспределять эти средства между регионами. В такой большой стране, как Россия, с такой неоднородностью экономического развития поддержка отдельным территориям необходима. В то же время политика поляризованного развития регионов предполагает отказ от субсидирования бедных регионов за счет богатых, отказ от перераспределения денег через федеральный бюджет, что может вызвать весьма серьезные потрясения в межбюджетных отношениях, т. е. внесение изменений в налогово-бюджетное законодательство необходимо [9].

Библиографический список

1. Стратегии макрорегионов России. Методологические подходы, приоритеты и пути реализации / под общ. ред. А. Гранберга. М. : Наука, 2004.

2. Косолапов, Н. Россия: территория в пространствах глобализирующего мира / Н. Косолапов // Мировая экономика имеждународные отношения. 2005. № 7.

3. Белоусов, А. Бизнес – идея развития / А. Белоусов // Эксперт. 2005. № 38.

4. Щедровицкий, П. Зачем полпредам философия / П. Щедровицкий // Новая газета. 2000. № 72.

5. Черная, И. Региональная политика устойчивого развития: проблемы и особенности формирования и реализации в Российской Федерации / И. Черная // Менеджмент в России и за рубежом. 2006. № 2.

6. Лаженцов, В. Научно-методологические Проблемы государственного регулирования территориального развития / В. Лаженцов // Экономические науки современной России. 2001. № 1.

7. Гришанков, Д. Не жить с протянутой рукой / Д. Гришанков, Е. Смоленская // Эксперт. 2005. № 39.

Группировка регионов России по размеру валового регионального продукта на душу населения в 2005 г.

Группы регионов по ВРП (с учетом уровня покупательной способности на душу населения, тыс. руб.)	Регионы		Удельный вес групп, %	
	Количество	в % к итогу	Численность населения, млн человек	ВРП
До 50	19	21,3	9,8	3,6
51–100	54	60,7	64,8	51,4
101–150	10	11,2	16,7	16,9
Свыше 150	6	6,7	8,7	28,1
Итого	89	100	100	100

Примечание. Рассчитано по данным Росстата и МРЭТ России.

8. Шарипов, Ш. Стратегии регионального развития: выравнивание или поляризация / Ш. Шарипов // Экономика региона. 2006. № 2.

9. Тихомирова, М. Не хочу делиться / М. Тихомирова // Эксперт. 2005. № 36.

N. T. Avramchikova

PROBLEMS AND PECULIARITIES OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF REGIONS IN RUSSIA

The questions of searching for optimal balance within the trinity «territorial development – development area – development territory» are considered, the way to which for Russia, in contrast to west-european countries, should be different taking into account the sizes and territory development degree in Russia.

УДК 658

А. А. Бойко, Н. В. Рыбачек

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Показана актуальность внедрения функционально-стоимостного анализа (ФСА) на предприятиях. Рассмотрены основные программные продукты, позиционируемые разработчиками как системы для решения задач ФСА, дана их сравнительная характеристика.

Постоянно изменяющаяся внешняя среда, в которой вынуждены действовать российские предприятия, требует ускоренной их адаптации к новым условиям хозяйствования. Чтобы удержать свои рыночные позиции, производители должны постоянно совершенствовать свои бизнес-процессы. Решению этой задачи во многом способствует внедрение на предприятиях процессного подхода к управлению и основанного на нем метода функционально-стоимостного анализа (ФСА).

Функционально-стоимостной анализ бизнес-процессов является довольно-таки трудоемкой процедурой, поэтому его практически невозможно осуществлять без использования специальных инструментальных комплексов. В настоящее время существует целый ряд программных продуктов, позиционируемых производителями как система для решения задач ФСА. Однако наиболее популярными продуктами на российском рынке CASE-средств являются AllFusion Process Modeler, EasyABC Plus, ARIS PCA, VIP-Costing, Hyperion Business Modeling.

AllFusion Process Modeler (ранее BPwin), поставляемый компанией Computer Associates International Inc. (США), поддерживает нотации IDEF0, DFD, IDEF3 и позволяет анализировать бизнес-процессы с трех точек зрения:

1) функциональности системы. Диаграммы IDEF0 предназначены для описания бизнес-процессов на предприятии: они показывают, какие объекты потребляются или изменяются функциями, какими регламентами руководствуются функции, каков результат деятельности функций, и какие для этого требуются ресурсы;

2) организации документооборота. Диаграммы DFD описывают потоки данных и позволяют проследить, каким образом происходит обмен информацией как внутри системы между функциями бизнес-процесса, так и системы в целом с внешней информационной средой;

3) последовательности выполнения функций. Диаграммы IDEF3, называемые также диаграммами workflow, описывают логику взаимодействия информационных потоков, последовательность выполнения функций и альтернативные сценарии развития бизнес-процесса.

AllFusion Process Modeler позволяет разрабатывать как гибридные модели, состоящие из диаграмм различного типа, так и модели, состоящие из однотипных диаграмм. При этом любая из моделей может быть пополнена данными о затратах на осуществление функций с помощью такой составляющей функционально-стоимостного анализа, как Activity Based Costing (ABC).

Activity Based Costing обычно применяется для того, чтобы определить действительную стоимость производства продукта или поддержки клиента, идентифицировать функции, которые «стоят» больше всего (т. е. те, которые должны быть улучшены в первую очередь), обеспечить менеджеров предприятия финансовой мерой предлагаемых изменений и т. д.

ABC в составе AllFusion Process Modeler оперирует следующими основными понятиями:

– объект затрат – причина, по которой функция выполняется (обычно основной выход функции);

– движитель затрат – характеристики входов и управлений функции, которые влияют на то, как выполняется функция и как долго она длится;

– центры затрат, которые трактуются как статьи расхода.

Общие затраты по функции рассчитываются как сумма по всем центрам затрат. При определении затрат на вышестоящую (родительскую) функцию сначала вычис-

ляется произведение затрат дочерней функции на частоту ее выполнения (число раз, которое функция выполняется в рамках родительской функции), затем результаты суммируются.

Этот принцип подсчета стоимости справедлив лишь в том случае, когда функции выполняются последовательно. Если схема осуществления функций более сложная, можно отказаться от автоматического подсчета и задать итоговую стоимость функций вручную. Тогда результаты расчетов с нижних уровней декомпозиции будут игнорироваться, а при расчетах на верхних уровнях будет учитываться стоимость, заданная вручную [1].

Результаты ABC фиксируются в специальном отчете AllFusion Process Modeler, который дает возможность документировать стоимость функций как суммарную, так и отдельно по центрам затрат. Кроме того, результаты ABC отображаются и непосредственно на диаграммах.

Таким образом, встроенные возможности AllFusion Process Modeler позволяют оценить стоимость бизнес-процессов достаточно укрупненно, но, тем не менее, оказываются полезными при предварительной оценке затрат. Для проведения более точных расчетов следует воспользоваться специализированным средством ФСА EasyABC Plus, с которым AllFusion Process Modeler имеет двунаправленный интерфейс.

EasyABC Plus – программный продукт компании ABC Technologies Inc. (США). Основными особенностями EasyABC Plus являются следующие:

– поддержка метода ABC, выявление центров затрат, подготовка данных для планирования и управления предприятием;

– работа с реальными и бюджетными данными, что дает возможность оценить фактическую производительность по сравнению с запланированными показателями;

– возможность моделирования результатов принимаемых решений в режиме «что если»;

– возможность анализа групп ресурсов, функций или объектов затрат, помеченных одинаковыми атрибутами. Каждому ресурсу или группе ресурсов, функциям, объектам затрат могут быть назначены один или несколько атрибутов. Атрибут представляет собой словосочетание, идентифицирующее ресурс, функцию или объект затрат. С помощью атрибутов можно генерировать сквозные отчеты по отделам, подразделениям и т. п. Например, можно использовать атрибуты, чтобы анализировать бизнес-процессы, связанные с поставщиками, сравнивать бизнес-процессы, добавляющие и не добавляющие ценность, управлять временем и т. д.;

– экспорт и импорт данных.

ABC-модель в EasyABC Plus базируется на трех модулях: ресурсном, функциональном, объектов затрат. Ресурсный модуль содержит информацию о затратах предприятия. Он может быть структурирован по отделам или по функциям внутри отделов. Конкретные элементы модуля могут учитываться отдельно для сравнения с остальными составляющими стоимости объекта затрат и определения вклада каждого из элементов в стоимость соответствующего объекта. Функциональный модуль содержит информацию о функциях и бизнес-процессах предприятия. Модуль объектов затрат располагает данными о продукции, в процессе создания которой выполняются функции, и которая является объектом анализа.

После того как ресурсный, функциональный модули и модуль объектов затрат будут спроектированы, ресурсы соотносятся с функциями, а функции с объектами затрат. Завершающим шагом является назначение драйверов ресурсов и драйверов функций. Драйверы ресурсов применяются для переноса стоимости ресурсов на стоимость функций. Они подбираются таким образом, чтобы характеризовать потребление ресурсов функциями. Итоговая стоимость функций переносится на объекты затрат с помощью драйверов функций (драйвер функции – это мера использования данной функции объектом затрат).

Таким образом, EasyABC Plus является специализированным программным продуктом, позволяющим определить стоимость бизнес-процессов, отнести фактические затраты на продукцию, а также моделировать результаты принимаемых решений в режиме «что если».

ARIS Process Cost Analyzer (ARIS PCA) – программный продукт компании IDS Scheer AG (Германия) – обеспечивает поддержку принятия стратегических решений по оптимизации бизнес-процессов и дает возможность определить:

– насколько высоки затраты на выполнение бизнес-процессов и какое влияние они оказывают на формирование цены товара или услуги;

– какие бизнес-процессы являются особо затратными;

какую продукцию следует производить самим, а какую лучше покупать (решения типа «сделать или купить?»);

– какую минимальную цену следует назначить за товар или услугу, чтобы получить прибыль;

– какие ресурсы необходимы для выпуска запланированного объема продукции;

– как распределяются накладные расходы между бизнес-процессами предприятия;

– какое влияние на стоимость бизнес-процессов окажет реструктуризация предприятия;

– какие мероприятия могут повысить использование производственных мощностей в центре затрат;

– какой эффект дадут мероприятия по оптимизации бизнес-процессов с течением времени и т. п.

Функциональные возможности ARIS PCA позволяют следующее:

– использовать любые модели семейства ARIS в качестве основы для расчетов;

– работать с открытым XML-интерфейсом при импорте и экспорте данных;

– агрегировать данные (например, по типам затрат, центрам затрат и т. д.);

– использовать любые методы расчета для различных массивов данных;

– проводить расчеты по любым иерархиям бизнес-процессов;

– импортировать данные из других систем (MS Excel и прочих);

вводить данные в табличном виде;

– проводить анализ типа «что если» для оценки любых сценариев выполнения бизнес-процессов;

– совмещать графический анализ с аналитическим;

– создавать отчеты в формате, определенном пользователем;

– импортировать данные из SAP HR или SAP CO;

– формировать информационные срезы по временным периодам;

– проводить анализ структуры центров затрат с прослеживанием всей цепочки (от исполнителей отдельных функций до уровня предприятия в целом).

Таким образом, ARIS PCA может быть использован как на этапе проектирования бизнес-процессов с целью сравнения различных сценариев их выполнения с точки зрения затрат, так и на этапе мониторинга бизнес-процессов с целью определения их реальной стоимости.

VIP-Costing – программный продукт консалтинговой компании «ВИП Анатех» (Россия), предназначенный для разработки и внедрения ABC-системы управленческого учета затрат; расчета стоимости бизнес-процессов предприятия; определения себестоимости товаров, услуг и т. п.; анализа затрат и разработки рекомендаций по их снижению.

VIP-Costing оперирует следующими базовыми категориями функционального учета затрат:

1. Центры затрат (ЦЗ) – объекты, которые выделены для списания затрат. Центрами затрат могут являться:

– организационно-структурные единицы предприятия (управления, службы, отделы, бригады и т. д.); они представляют собой структурные центры затрат;

– производственные и административные объекты и оборудование (производственные и административные здания, сооружения, насосные станции и т. п.); они представляют собой неструктурные центры затрат;

– продукция; представляет собой неструктурный центр затрат.

Центры затрат, себестоимость (стоимость) которых требуется определить, называются конечными центрами затрат или конечными объектами затрат.

2. Категории затрат (КЗ) – статьи (субсчета бухгалтерского учета), по которым предприятие осуществляет свои затраты. Категориями затрат могут являться:

– вид оплачиваемого потребленного ресурса (электроэнергия, топливо, персонал, материалы);

– вид обязательного платежа или отчисления (налоги, социальные отчисления, амортизационные отчисления);

– специально выделенный для анализа вид затрат (коммунальные услуги, технологические потери).

3. Драйвер – это параметр, который определяет степень поглощения ресурсов действиями или центрами затрат или степень поглощения стоимости действий конечными объектами затрат.

Драйверы могут быть элементарными и сложными. Элементарный драйвер – это числовой атрибут (свойство) объекта затрат. Сложный драйвер является функцией от других (элементарных) драйверов.

По частоте изменений драйверы делятся на условно постоянные и переменные. Условно постоянные драйверы – это драйверы, значения которых не изменяются в каждом отчетном периоде, за который производятся ABC-расчеты. Переменные драйверы – драйверы, значения которых, как правило, будут зависеть от отчетного периода (например, объем производимой продукции, затраты материальных ресурсов).

Драйвер, с помощью которого затраты распределяются с ресурсов на действия, называется драйвером распределения затрат или драйвером ресурсов. Он является элементарным драйвером.

Драйвер, с помощью которого стоимость действий списывается на объекты затрат, использующие данные действия, называется драйвером группы или драйвером действий. Он может быть элементарным или сложным, а также константой.

Затраты на предприятии могут быть прослеживаемыми и непрослеживаемыми. Прослеживаемые затраты – это затраты, для которых можно подобрать соответствующий драйвер их распределения на конечные центры затрат. Непрослеживаемые затраты – затраты, природа которых неизвестна или требует слишком сложного анализа, т. е. для которых невозможно найти драйвер их распределения на конечные объекты затрат.

В состав программного продукта VIP-Costing входят две подсистемы: подсистема подготовки исходных данных и подсистема стоимостных расчетов.

Подсистема подготовки исходных данных (ППИД) разработана в среде MS Excel и представляет собой набор макросов, с помощью которых на основе исходной информации производится подготовка совокупности данных о предприятии для их загрузки в подсистему стоимостных расчетов.

Основные функции ППИД следующие:

1) формирование анкет для сбора и обработки данных по действиям на основе информации, полученной из функциональных моделей деятельности предприятия, описанных в нотациях IDEF0 и eEPC;

2) обработка данных системы бухгалтерского учета, организационно-штатной структуры предприятия, а также сведений об оборудовании, инфраструктуре предприятия и объектах затрат;

3) подготовка таблиц для загрузки в подсистему стоимостных расчетов в виде файлов MS Excel.

Подсистема стоимостных расчетов (ПСЧ) разработана в среде MS Access и представляет собой программный комплекс с функциями импорта данных в формате MS Excel. Она состоит из 4 основных блоков: ведение справочников; расчет загрузки персонала и оборудования, стоимости действий персонала и оборудования, стоимости бизнес-процессов; расчет стоимости объектов затрат; формирование аналитических отчетов.

Основные функции ПСЧ следующие:

1) импорт таблиц с результатами анкетирования, данными системы бухгалтерского учета, организационно-штатной структуры предприятия, сведений об оборудовании, инфраструктуре предприятия и объектах затрат;

2) ведение справочников (центров затрат, структурных единиц предприятия, оборудования, категорий затрат, бизнес-процессов, действий, драйверов и т. д.);

3) расчет трудоемкости действий и бизнес-процессов;

4) расчет загрузки исполнителей (должностных лиц, структурных подразделений, оборудования);

5) задание схемы стоимостных расчетов (полный расчет стоимости действий и бизнес-процессов для последующего их анализа или расчет стоимости действий с последующим расчетом стоимости объектов затрат);

6) расчет стоимости действий персонала и оборудования, бизнес-процессов, центров затрат, в том числе:

– списание затрат ЦЗ, не содержащих действия (кроме конечных центров затрат), на ЦЗ, содержащие действия, на основе элементарных драйверов;

– оценка трудозатрат и ресурсозатрат на действия;

– распределение затрат с ЦЗ на действия;

– расчет стоимости бизнес-процессов и ЦЗ путем суммирования стоимости входящих в них действий;

7) расчет себестоимости конечных центров затрат, в том числе:

– формирование групп действий;

– введение сложных драйверов действий;

– списание прослеживаемых затрат с групп действий на конечные ЦЗ с помощью драйверов действий;

– отнесение непрослеживаемых затрат с промежуточных ЦЗ на конечные пропорционально косвенным затратам;

– перенос затрат с отложенных КЗ на конечные ЦЗ пропорционально полным или косвенным затратам;

– вычисление себестоимости конечных ЦЗ как суммы прямых и косвенных затрат;

8) формирование отчетов по справочникам и результатам расчетов.

Таким образом, программный продукт VIP-Costing может быть использован для внедрения системы ABC, проведения анализа затрат в разрезе бизнес-процессов, категорий и центров затрат, разработки рекомендаций по их снижению, оценки эффективности бизнес-процессов предприятия.

Hyperion Business Modeling (HBM) – программный продукт компании Hyperion Solutions Corp. (США), предназначенный для решения целого ряда задач, основанных на принципах функционально-стоимостного анализа и теории ограничений. К таким задачам, в частности, относятся контроллинг косвенных затрат; оценка рентабельности отдельных продуктов и клиентов; анализ последствий запуска в производство новых изделий; обоснование целесообразности инвестиций и реинжиниринга; управление мощностями и ограничениями.

HBM позволяет разрабатывать функционально-стоимостные модели, содержащие сведения о бизнес-процессах (описание действий, ресурсов, продуктов и их взаимосвязей), финансовую информацию (стоимость ресурсов, категории затрат), нефинансовые данные (объемы производства, мощности и ограничения), а также информацию о носителях затрат. При этом в качестве объекта моделирования может выступать как организация в целом, так и некоторая ее часть – отдельные группы операций, выполняемых теми или иными подразделениями.

Для представления элементов модели в графическом виде Hyperion Business Modeling использует определенные графические символы, также называемые блоками.

Переменный ресурс (Supply) – ресурс, потребление которого зависит от объема производства (соответствующие затраты носят переменный характер). Примерами могут служить сырье, электроэнергия, сверхурочный труд (если для рабочих установлена почасовая оплата труда);

Постоянный ресурс (Resource) – ресурс с постоянными, не зависящими от объема производства затратами. Это может быть труд работников с фиксированной заработной платой, а также оборудование, здания, машины и механизмы и т. п.;

Деятельность (Activity) – конкретные действия, операции и процессы;

Потребление (Demand) – конечная продукция предприятия. Это могут быть не только товары, но и услуги, а также клиенты – потребители услуг. Данные, связанные с этим символом, определят интенсивность потребления ресурсов;

Объединение (Summary) – группировка процессов и ресурсов для анализа промежуточных или итоговых результатов;

Запас (Inventory) – блок, символизирующий запасы материалов, полуфабрикатов или продуктов;

Выбор (Route) – блок, позволяющий производить выбор между ресурсами или процессами в соответствии с определенными правилами (например, выбор между сверхурочным и «обычным» трудом или между материалом А и материалом В).

Кроме того, модели, построенные при помощи Hyperion Business Modeling, содержат в себе определенную количественную информацию:

– объемы потребления (Demand volumes) – объемы конечной продукции (работ, услуг), производимой в течение периода моделирования;

– нормативы (Factors) – объемы ресурсов, необходимых для выполнения единицы работы;

– мощности (Capacities) – максимально возможные производительности ресурсов (рабочих центров) в течение периода моделирования;

– финансовые данные (Financial data) – затраты и / или доходы, связанные с ресурсами (рабочими центрами).

Особенностью HBM является то, что каждому ресурсу (блокам «Переменный ресурс», «Постоянный ресурс») и продукту соответствуют определенные категории затрат. Например, если в качестве ресурса выделить группу сотрудников, то с этим ресурсом могут быть связаны такие категории затрат, как «Заработная плата», «Премии», «Расходы на питание» «Единый социальный налог».

К основным достоинствам Hyperion Business Modeling следует отнести следующие:

1. Связывание моделей. HBM позволяет связывать несколько моделей между собой, что дает возможность проводить полноценный анализ даже в крупных организациях с разобщенными подразделениями.

2. Проверку модели. HBM предоставляет возможность организовать проверку сформированной модели. Такая проверка (тестирование) необходима для того, чтобы убедиться в правильности построенной модели и ее пригодности для реального использования.

3. Ситуационный и сценарный анализ. HBM позволяет весьма эффективно проводить анализ чувствительности финансовых показателей к изменению каких-либо факторов. Например, даже незначительное изменение объема производства одного из продуктов незамедлительно приводит к изменению стоимости всех остальных продуктов. Это объясняется тем, что при функционально-стоимостном подходе происходит перераспределение затрат на продукты, часть из которых носит постоянный и обязательный характер для всех типов продукции (на-

пример, оплата труда руководителей или арендная плата за помещения общего назначения). Похожая ситуация возникает при изменении стоимости ресурсов или факторов модели (например, рост зарплаты одной из категорий сотрудников будет приводить к росту себестоимости той части продуктов, на которую направлены их действия). Смоделировав подобную ситуацию, можно определить, какова чувствительность доходности продукта к изменению того или иного фактора. Затем, проанализировав все возможные изменения внутренних и внешних факторов (например, поочередно увеличивая каждый параметр на 10 %), можно выявить наиболее значимые факторы (т. е. те факторы, изменение которых на 1 % приводит к большему изменению доходности продукта) для каждого продукта. Кроме того, руководству компании может быть интересен анализ сценариев (например, анализ последствий запуска в производство нового продукты или исключение одного из существующих);

4. Способ представления информации. HBM обеспечивает представление расчетной информации различными способами – через экранные и отчетные формы, которые настраиваются в зависимости от предпочтений пользователя. Кроме того, HBM содержит встроенную функциональность, позволяющую работать с результатами расчетов средствами MS Excel и Hyperion Analyzer.

5. Интегрируемость. Являясь частью BPM-комплекса, HBM легко интегрируется с другими приложениями Hyperion. В частности, результаты расчетов, выполненных при помощи модели, могут быть экспортированы в реляционные базы данных. Весьма эффективен экспорт информации в многомерную базу данных Hyperion Essbase (входящую в комплект поставки Hyperion Business Modeling), после чего эта информация становится доступной большому числу пользователей в режиме реального времени.

Таким образом, Hyperion Business Modeling является специализированным программным продуктом, позволяющим не только представлять в графическом виде схемы потребления ресурсов, но и оперативно анализировать различные сценарии и ситуации. С помощью моделей, построенных в HBM, можно эффективно решать задачи функционально-стоимостного анализа, функционально-стоимостного управления, оценки эффективности капитальных вложений, снижения затрат на производство.

Сравнительная характеристика инструментальных комплексов, используемых для проведения функционально-стоимостного анализа, представлена в таблице.

Подводя итог, следует сказать, что для проведения функционально-стоимостного анализа деятельности предприятий целесообразно использовать те программные продукты, которые являются комплексными, т. е. сочетают в себе как аналитические функции, так и функции моделирования. К таким программным продуктам могут быть отнесены AllFusion Process Modeler, ARIS Process Cost Analyzer, а также Hyperion Business Modeling.

Сравнительная характеристика инструментальных комплексов для проведения ФСА деятельности предприятий

Критерий сравнения	AllFusion Process Modeler	EasyABC Plus	ARIS Process Cost Analyzer	VIP-Costing	Hyperion Business Modeling
Модель процессов, используемая для расчетов	AllFusion	AllFusion	ARIS	AllFusion или ARIS	Hyperion
Ограничение на размер базы данных	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Групповая работа	Да	Нет	Да	Нет	Да
Интегрируемость	Да	Да	Да	Да	Да
Анализ в режиме «что если»	Нет	Да	Да	Да	Да
Графический анализ	Нет	Да	Да	Да	Да
Расчет стоимости процессов, выполняемых параллельно	Нет	Да	Да	Да	Да
Генерация отчетов	Да	Да	Да	Да	Да
Точность расчетов	Низкая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая
Комплексность	Да	Нет	Да	Нет	Да

A. A. Boiko, N. V. Ribachok

BASIC SOFTWARE FOR ECONOMIC ACTIVITIES VALUE ANALYSIS OF AN ENTERPRISE

It is considered the way value analysis can be put into practical activities of an enterprise. It is reviewed and compared the basic software products positioned by their creators as essential for solving value analysis problems.

УДК 658

Н. В. Рыбачек

МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Показана важность внедрения на предприятиях метода функционально-стоимостного анализа (ФСА). Рассмотрены существующие методики ФСА и проведено их сравнение. Доказана актуальность разработки новой методики функционально-стоимостного анализа деятельности предприятий.

Надвигающаяся глобализация, обострение конкуренции при переходе к насыщенному рынку, практически неограниченные возможности современного производства и повсеместное внедрение новых информационных технологий постиндустриальной эпохи – таковы основные стратегические вызовы XXI в. В этой ситуации обязательным условием долгосрочного выживания предприятий является достижение ими конкурентоспособности.

Ясно, что для этого предприятия стремятся не только производить качественную продукцию, удовлетворяющую требованиям потребителей, но и эффективно организовывать свои бизнес-процессы (производства и сбыта продукции, послепродажного обслуживания клиентов и др.). Постепенно первая из этих целевых установок – качественная продукция – отходит на второй план, во главу угла ставятся эффективные бизнес-процессы.

Эффективность бизнес-процессов можно оценить с помощью целого ряда показателей, однако самыми наглядными из них являются стоимостные. Традиционные методы определения стоимости ориентированы на продукцию и в данном случае не подходят – здесь необходимо использовать метод функционально-стоимостного анализа (ФСА).

В литературе, посвященной характеристике функционально-стоимостного анализа и изучению конкретных примеров его использования, преобладают два методических подхода к определению последовательности действий. В одном из подходов процесс ФСА рассматривается как относительно жестко заданная последовательность этапов, во втором – делается упор не на этапную, а на процедурную последовательность работ по ФСА и допускается значительная свобода в определении содержания конкретного исследования. Каждый из методических подходов имеет свои преимущества: поэтапная последовательность действий позволяет проводить исследования специалистам, имеющим сравнительно невысокий уровень подготовки в области ФСА; процедурное членение процесса функционально-стоимостного анализа предоставляет возможность для самостоятельного сознательного формирования стратегии исследования в каждом конкретном случае [1].

Наиболее широкое распространение получил методический подход к ФСА как относительно жестко заданной последовательности этапов. В связи с этим рассмотрим существующие методики функционально-стоимостного анализа, следующие указанному методическому подходу.

С точки зрения Н. К. Моисеевой, функционально-стоимостной анализ включает в себя семь этапов: подготовительный, информационный, аналитический, творческий, исследовательский, рекомендательный и этап внедрения [2]. Рассмотрим их более подробно.

1. Подготовительный этап. Осуществляется популяризация метода; обучение специалистов основам ФСА; создание организационных предпосылок для внедрения ФСА; выбор объекта ФСА с соответствующим технико-экономическим обоснованием; определение конкретных целей и задач ФСА выбранного объекта; подготовка перечня информационных материалов об анализируемом объекте и заданий по их получению; подбор и утверждение состава исследовательской рабочей группы; составление, обсуждение и утверждение плана проведения анализа конкретного объекта; организационное оформление решения о проведении ФСА в виде распоряжения (приказа), утверждающего рабочий план, с указанием сроков работ, состава исполнителей, источников покрытия затрат (включение разработки по ФСА в план НИР и ОКР предприятия или организации).

2. Информационный этап. Осуществляется подготовка, сбор оптимального количества информации для определения существа и структуры исследуемого объекта и его аналогов; систематизация указанной информации и ее изучение (по ГОСТу, ТУ, чертежам, инструкциям, протоколам испытаний, рекламациям, экономическим данным и т. п.) для описания объекта, уяснения его фактического состояния; изучение технологии создания объекта; исследование условий его применения (эксплуатации); построение схемы взаимосвязи составных частей исследуемого объекта, составление его структурной модели; определение затрат на создание и функционирование объекта и его составных частей; выявление зон наибольшего сосредоточения затрат в исследуемом объекте.

3. Аналитический этап. Предусматривает выявление и формулирование функций; анализ и уточнение функций: определение главной, второстепенных, основных, вспомогательных, выявление ненужных функций, избыточного ресурса функций в исследуемом объекте и его составных частях; построение функциональной модели объекта; оценку значимости функций; построение совмещенной (функционально-структурной) модели объекта; разграничение и анализ затрат, связанных с реализацией функций соответствующими материальными носителями; сравнение функций составных частей объекта (системы в целом) и затрат на их осуществление с аналогами; построение функционально-стоимостной диаграммы объекта; выявление дефектных функциональных зон; уточнение зон поиска резервов экономии в анализируемом объекте по функциональным зонам (блокам) с учетом фактического уровня качества исполнения функций; формулирование задач для поиска новых идей и вариантов решений.

4. Творческий этап. Предполагает уточнение направления и задач поиска новых решений и выбор методов

активизации творчества для реализации этих задач; определение тематики, планирование проведения творческих совещаний; организацию и проведение совещаний по выработке предложений по совершенствованию объекта; обработку и систематизацию результатов творческих совещаний, укрупненную оценку идей по отдельным функциям; формирование вариантов исполнения объекта; подготовку материалов для оценки полученных результатов функциональными службами.

5. Исследовательский этап. Осуществляется систематизация и предварительная оценка предложенных вариантов новых решений; исключение явно невыполнимых (нецелесообразных) предложений и экспертиза оставшихся предложений; разработка эскизов выбранных вариантов с необходимыми расчетами; исследования и при необходимости экспериментальная проверка различных возможностей выполнения функций в предложенных вариантах совместно со специалистами функциональных служб; определение затрат и оценка качества выполнения функций для разных вариантов решений; ранжирование вариантов по критерию минимума приведенных затрат с учетом степени выполнения функций объекта и выбор наиболее рациональных вариантов; оценка осуществимости оставшихся предложений в отношении материально-технического, финансового и производственного обеспечения.

6. Рекомендательный этап. Предусматривает оформление рекомендаций по реализации предложений окончательно выбранных вариантов решений с уточнением расчетов эффективности; согласование рекомендаций с заинтересованными службами и представление рекомендаций на обсуждение руководству (комитету по ФСА); обсуждение комитетом (советом) ФСА представленных рекомендаций и заключений соответствующих служб по ним, принятие решений; оформление рекомендаций по результатам проведения ФСА, содержащих сущность предложений, эскизы, решения по объекту анализа и (или) краткое описание процесса, технико-экономические расчеты; составление проекта, утверждение плана-графика внедрения рекомендаций и передача утвержденных рекомендаций соответствующим службам.

7. Этап внедрения. Предполагает согласование плана-графика внедрения рекомендаций ФСА с другими разделами плана повышения эффективности производства; разработку научно-технической и проектной документации в связи с изменением объекта в результате проведения ФСА и согласование этих изменений с заказчиками и держателями подлинников технической документации; организацию работы по реализации рекомендаций; контроль за выполнением плана-графика; внедрение полученных результатов в производство; поощрение участников разработки и внедрения рекомендаций; оценку полученных результатов, сопоставление их с предварительными данными; оформление отчета о выполненной работе.

По мнению чешского экономиста Р. Влчека, функционально-стоимостной анализ включает в себя семь этапов [3]:

1) выбор объекта. Осуществляется определение сферы применения анализа; выбор стратегии анализа; построение модели; выбор конкретного объекта; определение цели анализа; формирование группы исполнителей; разработка программы;

2) сбор информации. Осуществляется сбор аналитической информации; проверка информации; обработка информации;

3) функциональный анализ. Предполагает анализ функций; спецификацию функций; упорядочение функций; оценку функций (для оценки функций необходим подсчет следующих критериальных составляющих: показателя значения функции, величины степени выполнения функции, величины затрат на функцию);

4) разработка проекта усовершенствования объекта. Предусматривает формулирование заданий; групповую разработку предложений; обсуждение предложений; выбор проекта;

5) оценка проекта. Предполагает разработку предложений; обсуждение реализуемости проектов; уточнение предложений; оценку предложений;

6) разработка проекта оптимального варианта объекта. Осуществляется определение оптимального варианта объекта; уточнение оптимального варианта объекта; оценка оптимального варианта объекта; разработка проектной документации;

7) обсуждение и утверждение проекта. Предусматривает внутреннее обсуждение проекта; внешнее обсуждение проекта; подготовку документации; утверждение проекта.

С точки зрения Г. Н. Калянова, Activity Based Costing – метод функционально-стоимостного анализа – включает в себя шесть этапов [4].

1. Выявление требуемых ресурсов. Модуль ресурсов моделирует все необходимые для деятельности предприятия ресурсы в денежном выражении – затраты на аренду помещений, оборудование, оплату труда, сырье и материалы и т. п.

2. Выявление стоимостных объектов. Модуль стоимостных объектов моделирует результаты деятельности предприятия, на которые, в конечном счете, и расходуются средства.

3. Определение функций. Модуль функций, составляющих в совокупности деятельность предприятия, представляет собой иерархическую функциональную модель предприятия, обеспечивающую как представление обобщенной картины его деятельности, так и доступ к детализированным процессам нижних уровней. Задача определения функций решается с использованием методов структурного системного анализа, поддерживающих иерархии SADT или DFD-диаграмм.

4. Определение факторов ресурсов. На данном этапе осуществляется связывание модулей ресурсов и функций за счет присвоения каждой функции факторов ресурсов, характеризующих потребление ресурсов функцией. Например, потребление функцией «ремонт» ресурса «затраты на аренду помещения» может определяться на основе фактора ресурсов «занимаемая площадь», значение которого представляет собой размер площади, занимаемой под ремонтные мастерские. Таким образом, факторы ресурсов применяются для установления взаимосвязей между модулями функций и стоимостных объектов.

5. Определение стоимости функций. Вычисление итоговой стоимости функций целесообразно осуществлять путем восходящего суммирования: сначала необходимо

определить стоимость выполнения элементарных функций на нижнем уровне иерархии, а затем последовательно суммировать стоимость выполнения функций снизу вверх по всем уровням модели.

6. Отбор функциональных факторов. Целью данного этапа является выбор функциональных факторов, определяющих стоимость товаров и услуг. При этом значение каждого функционального фактора должно определять долю стоимости данной функции в каждом стоимостном объекте. Например, стоимость функции «тиражирование рекламных материалов» распределяется по стоимостным объектам (рекламируемым товарам) пропорционально количеству страниц в этих материалах. Таким образом, функциональные факторы применяются для установления взаимосвязей между модулями функций и стоимостных объектов.

К. Друри рассматривает систему учета затрат по функциям (ABC) и обращает внимание на возможность ее практического применения для калькуляции производственных затрат, анализа прибыльности, контроля и управления затратами [5]. Поскольку учет затрат по функциям является составной частью функционально-стоимостного анализа, остановимся на нем более подробно. По мнению К. Друри, система ABC включает в себя четыре стадии [5].

Первая стадия – определение основных видов деятельности компании. В качестве примеров видов деятельности можно назвать деятельность, связанную с производственным оборудованием, деятельность, связанную с трудом основных производственных рабочих, а также различные виды обеспечения, такие как заказ, приемка, перемещение материалов, руководство подразделениями, производственное календарное планирование, упаковка и доставка продукции.

Вторая стадия – создание для каждого вида деятельности центра затрат, называемого также группировкой затрат. Например, совокупные затраты на наладку всех видов оборудования можно объединить в один центр затрат, к которому относились бы все затраты, связанные с наладкой или перенастройкой оборудования.

Третья стадия – определение всех факторов, которые оказывают влияние на затраты на какой-либо вид деятельности. Для обозначения событий или усилий, от которых зависит величина затрат на конкретный вид деятельности используется термин «носитель издержек». Например, если затраты на производственное календарное планирование определяются количеством производственных циклов, требуемых каждым выпускаемым продуктом, то носителем издержек для производственного календарного планирования будет количество наладок оборудования.

Четвертая стадия – отнесение на продукт затрат на виды деятельности. Она заключается в том, чтобы проследить затраты на деятельность вплоть до готового продукта в соответствии с потребностью продукта в этом виде деятельности в процессе производства (используя в качестве показателей спроса носители издержек). Потребность продукта в конкретном виде деятельности измеряется количеством операций, которые продукт «задает» носителю издержек.

А. Г. Курьян выделяет пять этапов функционально-стоимостного анализа деятельности предприятия.

1. Построение функциональных моделей сети процессов предприятия.

Применение метода ФСА для оценки деятельности предприятия начинается с построения функциональной модели. Для описания деятельности предприятия используются функциональные модели в стандарте IDEF0, который предназначен для этих целей. Деятельность предприятия состоит из множества процессов, взаимосвязанных в рамках сети процессов предприятия. Таким образом, описание сети процессов предприятия включает перечень процессов и перечень взаимосвязей между процессами. В рамках функциональной модели для представления процесса используется понятие «функциональный блок».

2. Проведение функционального анализа и идентификация отдельных процессов: основных, обеспечивающих, управляющих.

На любом предприятии есть основные процессы, т. е. те процессы, которые определяют деятельность предприятия и его взаимоотношения с потребителями и поставщиками. Основной процесс – это процесс, выходом которого является продукт и/или услуга, предназначенная внешнему потребителю. Входами основного процесса являются сырье, материалы и данные от внешних поставщиков, из которых изготавливается продукт и/или услуга. На предприятии может быть один или несколько основных процессов. Количество основных процессов определяется количеством видов продуктов и/или услуг, которые производит предприятие.

Основной процесс (как и любой другой процесс) потребляет ресурсы предприятия в качестве механизмов и управлений. Ресурс – это любой материальный или информационный объект, который используется на предприятии для осуществления какой-то деятельности. Ресурс характеризуется стоимостью. Ресурс также характеризуется тем, что он расходуется. Его стоимость переносится определенным образом на продукцию и/или услуги.

В качестве механизмов процесс может использовать как готовые ресурсы, так и производные ресурсы, которые подвергаются обработке в рамках предприятия. Производный ресурс является выходом соответствующего процесса. Такой процесс называется обеспечивающим процессом.

По аналогии с механизмами, процесс может использовать в качестве управления как готовые, так и производные ресурсы. Производный ресурс является результатом соответствующего процесса. Процесс, на выходе которого производится ресурс для управления другим процессом, называется управляющим процессом.

Для того чтобы в рамках функциональной модели IDEF0 сети процессов определить, к какому типу относится процесс, следует проанализировать характер связи между функциональными блоками. Если выход функционального блока, описывающего в модели некоторый процесс, связан с механизмом другого функционального блока, то рассматриваемый процесс является обеспечивающим. Если выход функционального блока, описывающего в модели некоторый процесс, связан с управлением другого функционального блока, то рассматриваемый процесс является управляющим. В том случае, когда выход функционального блока связан с входом другого функционального блока, то эти функциональные блоки относятся к одному и тому же процессу.

3. Определение стоимости механизмов и управлений для каждого процесса.

Если ресурс готовый, то стоимость механизмов и управлений определяется путем распределения общей стоимости ресурса между процессами и функциями. В основе такого распределения лежит носитель стоимости (носитель затрат или cost driver). Носитель затрат – это фактор, определяющий количество ресурсов, потребляемых процессом или функцией. Посредством носителя затрат устанавливается причинно-следственная и количественная взаимосвязь между ресурсом и функциями и процессами, в которых он используется (расходуется).

В том случае, когда речь идет о стоимости производного ресурса, предварительно необходимо определить стоимость процесса, в рамках которого этот ресурс обрабатывался или создавался. По сути, такой ресурс является внутренним продуктом предприятия.

4. Определение стоимости процессов и их результатов (в том числе себестоимости продуктов и/или услуг, производимых основными процессами предприятия).

Рассмотрим, что происходит со стоимостью. На вход процесса подается сырье со своей заранее известной стоимостью. На выходе процесса появляется продукт, который является результатом преобразования сырья. При этом стоимость продукта на выходе каждой функции процесса всегда больше стоимости сырья на входе. Добавление стоимости происходит за счет того, что часть стоимости механизма и часть стоимости управления переносится на сырье в процессе его обработки (преобразования). Функции процесса поглощают стоимость механизма и управления и переносят ее на продукт.

В рамках процесса мы имеем дело с тремя стоимостями: стоимостью сырья на входе процесса, стоимостью процесса и стоимостью продукта на выходе процесса. Последняя стоимость также называется себестоимостью. При этом стоимость продукта – сумма стоимостей процесса и сырья. Стоимость процесса есть суммарная стоимость функций, из которых состоит этот процесс. Соответственно, стоимость функции есть сумма стоимостей механизма и управления.

5. Анализ результативности и эффективности процессов и принятие решений.

Современный менеджмент для оценки бизнеса оперирует такими понятиями, как результативность и эффективность. Результативность – это степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов. Эффективность – это взаимоотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами. В контексте рассматриваемого метода результативность – это характеристика системы, определяемая как ее способность выполнять функции, а эффективность – это характеристика, обратно пропорциональная затратам, поглощаемым бизнес-системой. Другими словами, для оценки результативности и эффективности системы необходимо определить соотношение между функциями, которые выполняются в системе, и затратами на их выполнение. С точки зрения управления бизнес-системой, цель применения метода состоит в повышении результативности и эффективности (т. е. снижении затрат).

Далее сравним рассмотренные методики между собой. Во-первых, они отличаются друг от друга объектом исследования. Методика Н. К. Моисеевой предназначена для функционально-стоимостного анализа ранее освоенных изделий [2]. Методика Р. Влчека применяется для функционально-стоимостного анализа в материальном производстве [3]. Методики К. Друри и Г. Н. Калянова используются для распределения затрат между отдельными видами продукции на базе функций [4] или видов деятельности [5]. Методика А. Г. Курьяна предназначена для ФСА деятельности предприятия как сети процессов.

Во-вторых, рассмотренные выше методики отличаются друг от друга схемой проведения исследования. Процесс функционально-стоимостного анализа по методике Н. К. Моисеевой можно представить состоящим из трех стадий, идентичных общепринятым стадиям научного подхода к решению проблем: проведение исследований, направленных на постановку задач по созданию или совершенствованию объекта, поиску способов выполнения функций; решение задач, сформулированных на предыдущей стадии; реализация полученных решений.

В отличие от методики Н. К. Моисеевой для методик Р. Влчека и А. Г. Курьяна характерно двухстадийное проведение функционально-стоимостного анализа, т. е. практическая реализация полученных решений не включается в состав работ по ФСА.

Методики К. Друри и Г. Н. Калянова представляют собой одностадийный вариант проведения исследования. Это методики функционального учета затрат. Они обеспечивают менеджеров предприятия информацией, содержащей стоимостную характеристику его деятельности. Для дальнейшего ее анализа и основанного на нем управления применяется метод АВМ.

На наш взгляд, принятие управленческих решений не может входить в состав работ по ФСА, поскольку это противоречит самой сущности анализа. Анализ – это деятельность, предпринимаемая для установления пригодности, адекватности, результативности, эффективности рассматриваемого объекта для достижения установленных целей, а управление – целенаправленное воздействие на организованную систему, обеспечивающее сохранение ее определенной структуры, поддержание режима и цели деятельности. Это означает, что анализ является составной частью (функцией) управления, а не наоборот. Поэтому, с нашей точки зрения, методика функционально-стоимостного анализа деятельности предприятий должна заканчиваться анализом результативности, эффективности и значимости бизнес-процессов.

В-третьих, рассмотренные выше методики отличаются друг от друга порядком распределения затрат между функциями. По мнению Н. К. Моисеевой, на аналитическом, творческом и исследовательском этапах ФСА возникают оценочные задачи нескольких типов: функционально-стоимостная оценка вариантов частных (локальных) решений по каждой основной функции (задача дифференцирования); функционально-стоимостная оценка синтезированных решений по изделию в целом (задача интегрирования); выбор оптимального варианта (задача оптимизации). Специфика каждой из этих задач, а также многократность их повторения в процессе ФСА по отно-

шению к элементам разной сложности требует использования разных методов решения [2].

На аналитическом этапе функционально-стоимостного анализа требуется распределить действительные затраты на изготовление изделия по функциям – это задача первого типа. При распределении затрат на функцию возникает несколько случаев. Когда один или группа материальных носителей полностью обеспечивает одну определенную функцию, производственные затраты определяются подетальной себестоимостью (чаще всего прямыми затратами на создание соответствующих материальных носителей). Если один и тот же материальный носитель участвует в удовлетворении нескольких функций, то затраты, связанные с ним, распределяются между функциями пропорционально вкладу (степени участия) носителя в реализацию этих функций. Вклад оценивается чаще всего экспертным путем. Иногда оказывается возможной стоимостная оценка на основе анализа конкретных элементов материального носителя, определения их функциональной нагрузки и прямых затрат на образование свойств. Тогда сумма затрат на создание элемента (например, поверхности), реализующего функцию, даст затраты на функцию в целом.

На творческом и исследовательском этапах ФСА требуется определять затраты на предлагаемые варианты объекта либо в целом, либо по функциям. В этом случае прибегают к расчету долевых, автономных, условно-приростных затрат. Для этих же целей используются методы элементокоэффициентов, структурной аналогии, расчета себестоимости изделий по удельным показателям, баллов, оценки себестоимости на основе математических моделей и др.

Задача оптимизации решается с помощью методов, основанных на безусловном критерии предпочтения, условном критерии предпочтения, комбинированных методов и т. д.

Р. Влчек использует аналогичный подход к распределению затрат между функциями. По его мнению, величина затрат на функцию должна вычисляться аналитически, расчетным путем. Сущность этого метода заключается в экспертной, профессиональной оценке доли участия отдельных элементов структуры объекта в обеспечении отдельных функций. Затраты на функции определяются так, что затраты на отдельные элементы распределяются на соответствующие функции в такой же пропорции, в какой они обеспечивают реализацию данной функции [3].

С точки зрения Г. Н. Калянова, К. Друри и А. Г. Курьяна, в основе распределения затрат между функциями должны лежать факторы, от которых зависит величина затрат на функции. Такие факторы Г. Н. Калянов называет факторами ресурсов [4], А. Г. Курьян – носителями затрат, К. Друри – носителями издержек [5]. При этом стоимость функции есть суммарная стоимость механизмов и управлений.

В-четвертых, рассмотренные выше методики отличаются друг от друга составом этапов. Так, например, методики Р. Влчека, Н. К. Моисеевой, А. Г. Курьяна предусматривают оценку результативности функций, методики К. Друри и Г. Н. Калянова такой оценки не предполагают. Методики Р. Влчека и Н. К. Моисеевой позволяют проанализировать значимость функций, в методиках Г. Н. Калянова, А. Г. Курьяна и К. Друри такой анализ не осуществляется.

Однако, с нашей точки зрения, процедуры анализа результативности и значимости бизнес-процессов должны быть также заложены в методику функционально-стоимостного анализа деятельности предприятия. В соответствии с концепцией процессного подхода к управлению организацией, являющегося основополагающим принципом ФСА деятельности предприятий, при проведении любого анализа необходимо использовать три основных потока информации: о бизнес-процессах, продукции, удовлетворенности потребителей. Анализ результативности позволит оценить степень реализации бизнес-процессов предприятия и достижения их результатов, а значит, измерить уровень удовлетворенности клиентов. Анализ значимости бизнес-процессов позволит выявить зоны диспропорций между важностью бизнес-процессов и затратами на их осуществление, а потому является не менее необходимым.

Таким образом, ни одна из рассмотренных выше методик не отвечает требованиям, предъявляемым к методике ФСА бизнес-процессов, а потому не может быть использована для функционально-стоимостного анализа в полном объеме. На основании этого можно сделать вывод о необходимости разработки новой методики функционально-стоимостного анализа деятельности предприятий, которая, тем не менее, должна учитывать достоинства и недостатки существующих методик.

Библиографический список

1. Кузьмин, А. М. Рабочий план проведения функционально-стоимостного анализа / А. М. Кузьмин, А. А. Барышников // Машиностроитель. 2001. № 8.

2. Моисеева, Н. К. Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа / Н. К. Моисеева, М. Г. Карпунин. М. : Высшая школа, 1988.

3. Влчек, Р. Функционально-стоимостной анализ в управлении / Р. Влчек. М. : Экономика, 1986.

4. Калянов, Г. Н. CASE-технологии. Консалтинг в автоматизации бизнес-процессов / Г. Н. Калянов. М. : Горячая линия-Телеком, 2000.

5. Друри, К. Введение в управленческий и производственный учет / К. Друри ; под ред. Н. Д. Эриашвили. М. : Аудит ; ЮНИТИ, 1998.

N. V. Ribachok

THE METHOD FOR ECONOMIC ACTIVITIES VALUE ANALYSIS OF AN ENTERPRISE

It is discussed the importance of methods value analysis at an enterprise use. It is reviewed and compared some methods of value analysis. The importance of new methods for economic activities value analysis of an enterprise is proved.

УДК 336

А. В. Кукарцев

ОБЗОР ПРАКТИКИ ВНЕДРЕНИЯ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ НА РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Рассмотрены проблемы перехода к процессному управлению российскими предприятиями. Проведен обзор примеров внедрения процессного подхода к управлению на предприятиях Красноярского края.

Сегодня на предприятиях всего мира осуществляется переход от традиционного функционального управления к процессному, которое в полной мере соответствует новой парадигме управления и построено на новых принципах: направленность на постоянное улучшение качества конечного продукта и удовлетворение клиента, взаимная ответственность за результат бизнес-процесса между всеми его участниками, эффективная система мотивации работы персонала, снижение значимости и силы действия бюрократического механизма и др. Важно подчеркнуть, что этот переход стал возможен благодаря бурному прогрессу в информационных технологиях и их прикладной адаптации в сфере производства и управления.

Процессный подход открывает новые возможности для построения эффективной организации, однако, при переходе к нему, предприятие неминуемо сталкивается с комплексом различных проблем.

В России проблемами внедрения процессного подхода занимаются такие организации, как, например, ООО «Тентри Груп» под руководством В. В. Репина и В. Г. Елигферова. Группа ученых-практиков разработала и апробировала методологию внедрения процессного подхода к управлению на основе системы международных стандартов качества семейства ISO 9001:2000 на некоторых отечественных предприятиях. Такие организации, как ГМК «Норильский никель», Оскольский металлургический комбинат, нефтяная компания ЮКОС, «Альфа-банк» и другие, используют программные средства для описания и оптимизации бизнес-процессов. В. В. Репин, являясь автором сайта www.finexpert.ru, постоянно проводит семинары в городах России по проблемам процессного подхода, участником одного из которых был и автор данной работы. Так, кроме практической деятельности, ученые работают над созданием единой системы понятий, правил, регламентов для успешного перехода к процессному подходу в управлении предприятием. Необходимо также отметить опыт работы консультационно-внедренческой фирмы «БИГ-СПб», специализирующейся в области организационного консалтинга и бизнес-инжиниринга.

Успешный опыт применения процессного подхода относится, в основном, к предприятиям зарубежных стран, поскольку в Западной экономике, давно выработана и широко применяется система стандартов качества и описания бизнес-процессов.

Российские и зарубежные ученые сходятся во мнении, что для реализации перехода к процессному подходу в управлении отечественными предприятиями еще нет необходимой теоретико-практической базы, достаточного позитивного опыта внедрения, а также не решено слишком большое количество проблем внутри подавляющего большинства российских организаций. Прежде всего, это касается отсутствия системы стандартов, средств документирования, регламентов работ и т. д. [1]. Процессный подход предполагает достаточную свободу действий в выборе средств и инструментов для внедрения. Попытки внедрить этот подход на российских предприятиях пока не приводят к успешным результатам. На пути исследователей встает целый ряд проблем, лишь преодолев которые можно рассчитывать на успех.

Говоря о процессном подходе к управлению и организации производства, следует отметить итоги применения в России технологий совершенствования бизнес-процессов за последнее десятилетие (см. рисунок).

По оценкам экспертов, большинство проектов по совершенствованию бизнес-процессов не выходит за пределы третьего этапа. Типовой сценарий развития событий в общих чертах следующий: ставятся «правильные» цели, инициируется проект, описываются бизнес-процессы, осуществляются попытки провести их анализ и приступить к реорганизации. Большинство организаций испытывают трудности на третьем этапе, когда необходимо получить определенные результаты. Не получив быстрых, измеримых результатов, проведя длительную, кропотливую работу, руководство организаций, как правило, сворачивает работы по проекту [2].

Причины неудач проектов в большинстве случаев обусловлены человеческим фактором: недостаточным участием «первого лица» в этом проекте, отсутствием управленцев команды верхнего уровня, непониманием руководством процессного подхода к управлению, нежеланием персонала что-либо менять в деятельности организации, отсутствием мотивации и т. п.

Переход к процессному управлению обречен на неудачу до начала работ, если ограничена область его действия или задача поставлена слишком узко. Проект начинается с определения целей, которые должны быть достигнуты, а не с определения способов их достижения.

Некорректная постановка целей также является одной из важнейших проблем реализации проекта. Часто из-за непонимания основ процессного подхода от рабочей группы требуют таких результатов, для достижения которых нет либо достаточного времени, либо ресурсов, либо заинтересованности руководства. Сотрудники часто не представляют себе дальнейшее использование моделей бизнес-процессов для регламентации. Также, если в работу по реорганизации не вовлечены руководители и сотрудники, которые их выполняют, как правило, это ведет к неудачам в работе [1].

Причина неудач порой заключается и в том, что исходные задачи плохо определены. Используемые базовые понятия описывают характеристики и атрибуты сущностей, значимых для компаний, однако не существует

непосредственного способа их достижения, так как они являются следствием выполняемых процессов и достигаются только в контексте этих процессов. Одна из причин неудач при переходе к процессному подходу заключается в недостаточной концентрации на бизнес-процессах при постановке задач.

Неэффективное использование программных продуктов, предназначенных для моделирования бизнес-процессов, также является одной из ключевых проблем внедрения процессного подхода. Часто возникает ситуация, когда сотрудники не могут или не хотят читать формируемые рабочей командой схемы бизнес-процессов. Другой вариант – неадекватность выбранного продукта совершенствуемой системе и, как следствие, ошибки при попытках улучшения бизнес-процессов.

Недооценка роли ценностей и убеждений исполнителей также является серьезной проблемой. Требуется новая система управления, которая бы культивировала требуемые ценности и вознаграждала за их поддержание. Менеджеры должны не только произносить соответствующие речи о новых ценностях, но и подтверждать их соблюдение своим поведением.

Значительные результаты достигаются только при больших амбициях руководства компании. Согласие довольствоваться малым – тормоз на пути перехода к процессному управлению. Преждевременное завершение проекта внедрения процессного подхода сводит на нет все усилия перехода к новому подходу в управлении предприятием. Существуют компании, которые отказываются от проведения проекта при появлении первых трудностей. Существуют компании, которые вовсе сворачивают деятельность по проекту при достижении первых успехов. Начальный успех становится предлогом для возврата к более привычному способу ведения бизнеса.

Существующая корпоративная культура и принятые в компании принципы управления могут препятствовать работе. Проекты по совершенствованию бизнеса никогда не проводятся «снизу-вверх», они ведутся «сверху-вниз». Менеджеры нижнего и среднего уровня не обладают той широтой взглядов на деятельность компании, которая необходима для проведения таких проектов. Вторая причина состоит в том, что бизнес-процессы неизбежно пересекают организационные границы, т. е. границы подразделений, поэтому менеджеры нижнего и среднего уровня не имеют достаточного авторитета для того, чтобы настаивать на трансформации процессов. По этим причинам менеджеры среднего уровня могут не только не способствовать проведению проекта, но и препятствовать ему.

Достижение существенного повышения эффективности деятельности компании, являющегося следствием перехода к процессному управлению, невозможно без существенных инвестиций в программу проведения проекта. Наиболее важный компонент этих инвестиций заключается в затратах времени и работы наиболее ответственных людей компании.

Если руководство компании не уделяет проекту основное внимание, то его проведение также обречено на неудачу. Переход к процессному подходу в управлении не должен осуществляться на фоне других программ и мероприятий.

Для большинства компаний основной проблемой при переходе к процессному подходу является стремление к инкрементным улучшениям вопреки радикальной перестройке процессов. Стремление угодить всем невыполнимо, что вызывает либо откладывание проекта, либо ведет к замене его на последовательность «местных» изменений. Аналогично не проект, а ошибки в управлении, которые не позволили предвидеть и учесть неизбежное сопротивление преобразованиям, являются первопричиной неудач. Компания отступает, когда встречает сопротивление сотрудников, недовольных последствиями работ, что абсолютно недопустимо.

Важнейшей причиной неудач попыток провести проект по переходу к процессному управлению является отсутствие в организации утвержденной методики ведения проекта и моделирования бизнес-процессов. Часто получаемые при использовании сложных многопараметрических инструментов моделирования бизнес-процес-

Уровни развития проекта перехода к процессному подходу

сов модели оказываются непригодными для дальнейшей работы по анализу, реорганизации, внедрению процессного подхода к управлению организацией (см. таблицу).

Анализируя причины возникновения представленных в таблице операционных проблем, можно сделать вывод, что большинство из них является следствием проблем теоретического и методического характера. Например, операционная проблема некорректной постановки целей и задач проекта является следствием незнания основ процессного подхода, отсутствием целостной системы определений, понятийного аппарата и методических разработок. Локальная оптимизация бизнес-процессов обычно происходит из-за недостаточного уровня компетентности членов рабочей группы и владельцев бизнес-процессов в области процессного подхода, а также неправильного выбора методики и инструментов совершенствования бизнес-процессов. Как правило, персонал организации сопротивляется изменениям в связи с непониманием сути и реальных возможностей процессного подхода к управлению, а также недостаточным уровнем владения инструментами описания и совершенствования бизнес-процессов.

Очевидно, что проблемы операционного характера невозможно устранить, не решив теоретические и методические. В настоящее время в российской практике нет четкой теоретической базы процессного подхода к управлению, однако, мы считаем, что ее отсутствие в ближайшем будущем удастся восполнить, поскольку работы в этом направлении ведутся многими учеными и организациями, а потому создание основополагающей теоретической базы лишь вопрос времени. В то же время, проблемы методологического характера нам видятся гораздо более значимыми в связи с тем, что на данный момент в России используются лишь методики, частично решающие проблемы совершенствования процессов, а адаптированных к нашим условиям доказавших свою практическую значимость методик перехода к процессному подходу в управлении организацией, без которого немыслим переход на современный уровень ведения бизнеса, пока нет.

В Красноярском крае предприятия активно стремятся прийти к процессному управлению. Несмотря на неудачные и поверхностные попытки внедрения процессного управления, следует отметить тенденцию роста интереса к этой проблеме, а с ней и первые успешные шаги ведущих предприятий Красноярска.

ОАО «Красноярский завод холодильников „Бирюса“» (КЗХ «Бирюса») является в настоящее время крупнейшим производителем холодильной техники в России. Чтобы успешно конкурировать с отечественными, и, особенно, зарубежными производителями, предприятие вынуждено постоянно совершенствовать свою деятельность.

Для комплексного повышения эффективности работы руководством ОАО КЗХ «Бирюса» в 2001 г. было решено начать процедуру перехода к процессному подходу в управлении организацией. В течение первого полугодия 2003 г. был осуществлен демонтаж конвейеров на отдельных участках сборки модели «Бирюса-228», подготовлен технологический процесс сборки новой модели «Бирюса-228/3» [3]. Кроме того, изменения претерпел весь технологический процесс изготовления прежней модели, особенно в части изготовления корпуса изделия (однако, в данной работе мы рассматриваем только участок сборки № 50/9). В июне 2003 г. был собран первый холодильник новой модели, в то время как изготовления «Бирюса-228» продолжалось до октября 2003 г., когда произошло полное ее замещение на модель «Бирюса-228/3».

Несмотря на то, что переход к процессному подходу на ОАО КЗХ «Бирюса» продолжается, уже в 2003 г. были достигнуты значительные результаты. В ходе проделанных работ, на предприятии была описана часть основных бизнес-процессов, создана и реализована система новых должностных инструкций, модернизирована служба кон-

Классификация проблем перехода к процессному подходу в управлении организацией

Проблемы теоретического характера
Отсутствие целостной системы определений, понятийного аппарата. Отсутствие теоретической базы, в полной мере раскрывающей сущность и реальные возможности процессного подхода к управлению российскими предприятиями
Проблемы методического характера
Отсутствие методических разработок перехода к процессному управлению. Отсутствие внутренних стандартов на описание и регламентацию бизнес-процессов. Сложность выбора эффективных методик и инструментов совершенствования бизнес-процессов. Отсутствие в организации методических разработок управления качеством на основе ISO 9000:2000. Отсутствие методик применения инструментов моделирования бизнес-процессов
Проблемы прикладного характера
Некорректная постановка целей и задач проекта перехода к процессному управлению. Отсутствие команды управленцев верхнего уровня, заинтересованных в переходе к процессному управлению. Неупорядоченность деятельности, размытые зоны ответственности. Сопротивление персонала организации изменениям. Настроенность руководства получить быстрый результат от ведения проекта. Недостаточное выделение ресурсов для ведения проекта. Неполное проведение проекта перехода к процессному подходу в управлении. Попытки осуществления улучшений не «сверху-вниз», а «снизу-вверх». Неполное освещение текущих результатов проекта внутри организации. Неэффективное применение инструментов моделирования бизнес-процессов. Недостаточная концентрация на бизнес-процессах организации. Недокументированность деятельности. Недостаточный уровень компетентности в области процессного подхода рабочей группы проекта перехода. Недостаточный уровень владения инструментами моделирования и совершенствования бизнес-процессов

троля качества, проведены мероприятия по реорганизации организационной структуры завода. Все это позволило ОАО КЗХ «Бирюса» пройти процедуру сертификации международного образца ISO 9001:2000 в следующих областях: «Разработка, производство, реализация и обслуживание бытовых холодильников, холодильного торгового оборудования и компрессоров хладоновых герметичных». Проверочный аудит органа по сертификации общества TUV Management Servise GmbH привел доказательства, что требования ISO 9001:2000 выполнены.

Таким образом, проведенные преобразования части производства, сопровожденные внедрением системы менеджмента качества, а также начало перехода к процессному управлению являются важным и весомым вкладом на пути к внедрению процессного подхода к управлению предприятием.

В 2003 г. руководством ОАО «Производственное объединение „Красноярский завод комбайнов“» были определены основные направления совершенствования системы управления предприятия: создание системы менеджмента качества (СМК) в соответствии с требованиями международных стандартов семейства ISO 9000 и внедрение информационной системы управления предприятием стандарта MRP II БААН.

Моделирование и анализ существующих бизнес-процессов предприятия, выполненный рабочими группами проекта, позволили сформировать детальное представление о функционировании системы управления и выявить существенные проблемы, связанные с организацией процессов планирования деятельности предприятия. Для совершенствования системы планирования и учета, а также обеспечения непрерывного совершенствования бизнес-процессов предприятия на основе функционирования СМК.

Выполнение мероприятий программы совершенствования оргструктуры предприятия, включающей повышение качества выполнения процессов в рамках СМК на основе внедрения процессной методологии и матричного принципа при процессном подходе позволило достигнуть существенного увеличения общей результативности функционирования системы управления. Автоматизация процессов планирования и учета на основе стандарта MRP II обусловило повышение гибкости системы управления – ключевого параметра эффективности управления в условиях динамичной и изменчивой внешней среды за счет уменьшения возможных горизонтов планирования и организации учета в реальном масштабе времени.

Пожалуй, самым передовым в части перехода к процессному управлению на сегодняшний день предприятием края является Красноярский алюминиевый завод. Входя в группу РУСАЛ, завод реализует передовые методики управления организациями на основе прогрессивных подходов вкупе с активным использованием информационных технологий.

Постоянно совершенствуя литейное производство, автоматизируя рабочие места и системы управления производственным процессом, руководство осознанно идет по пути внедрения процессного управления предприятием. Помимо множества прогрессивных шагов, на заводе проведена реструктуризация организационной структуры. После реструктуризации количество уровней управления на производстве сокращено до минимума: так мастер участка подчиняется напрямую директору по производству. Информационно-аналитическое ядро представлено на заводе инженерно-технологическим центром, состоящим из нескольких сотен специалистов высшей квалификации. Новая оргструктура позволяет управлять литейным производством намного быстрее, эффективнее и дает возможность планомерно внедрять процессное управление на предприятии.

Переход к процессному подходу в управлении – длительная, дорогостоящая и крайне сложная процедура, требующая внушительных инвестиций, временных затрат, а главное, решимости руководства предприятия провести проект от начала и до конца, несмотря ни на какие препятствия. В XXI в. российским предприятиям, несмотря на очевидные сложные проблемы и трудности затянувшегося «переходного периода», необходимо прочно перейти от устаревших методов управления прошлого к современным, адекватным подходам. Представленные в статье проблемы переходного периода позволяют оценить состояние российского менеджмента и его перспективы в свете использования процессного подхода к управлению организацией.

Библиографический список

1. Григорьев, Л. Ю. Процессное управление – первые итоги и перспективы [Электронный ресурс] / Л. Ю. Григорьев. Режим доступа: www.interface.ru. Загл. с экрана.

2. Репин, В. В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г Елиферов, М. : РИА «Стандарты и качество», 2004. 408 с. Практический менеджмент.

3. Кукарцев, А. В. Применение методики перехода к процессному подходу в управлении машиностроительным предприятием / А. В. Кукарцев // Решетневские чтения : материалы VIII Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию со дня рождения генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева (11–12 нояб. 2004, г. Красноярск) / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2004. С. 241–242.

A. V. Kukartsev

PRACTICE REVIEW OF PROMOTION OF PROCESS APPROACH TO MANAGEMENT AT RUSSIAN ENTERPRISES

The problems of transfer to process approach to management are analyzed. Review of examples of process approach promotion at enterprises on Krasnoyarsk territory is presented.

УДК 338.4:332.1

Е. С. Зяблов

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА

Рассмотрены актуальность проблемы интенсификации производства, сущность интенсификации сельскохозяйственного производства и ее особенности в растениеводстве, методологические подходы к оценке уровня интенсификации в растениеводстве, способы определения экономической эффективности интенсификации в растениеводстве.

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства в первую очередь зависит от отдачи вложенных затрат и рационального использования ресурсов. Важную роль в этом играет производственная подсистема как основная в процессе воспроизводства. Проблема интенсификации тесно связана с проблемой эффективности. Интенсификация является важнейшим фактором повышения эффективности производства, воспроизводственных процессов в сельском хозяйстве в целом. Однако специфика аграрного сектора приводит к необходимости выделения проблемы интенсификации в самостоятельную. Объективными предпосылками интенсификации являются постоянно возрастающие потребности в сельскохозяйственной продукции и предметах ее переработки, ограниченность земли и других ресурсов, совершенствование средств производства и развитие производительных сил. В современных условиях российской экономики проблема интенсификации приобретает особую актуальность в связи с необходимостью обеспечения продовольственной безопасности государства.

Становление рыночных отношений в экономике России, неразвитость рыночных механизмов в сельском хозяйстве, затянувшийся экономический кризис вызывают необходимость учета специфических особенностей в изучении вопросов интенсификации сельскохозяйственного производства, повышают актуальность исследований данной проблемы.

Возрастающая потребность в сельскохозяйственной продукции для более полного обеспечения населения продовольствием, а промышленности сырьем, обуславливает объективную необходимость увеличения объемов сельскохозяйственного производства.

В экономической литературе выделяют два пути решения этой проблемы, находящие выражение в экстенсивной и интенсивной формах воспроизводства.

Изучение проблемы интенсификации требует определения характерных различий между экстенсивным и интенсивным направлением воспроизводства. А. В. Черешнев считает, что «...интенсификация, хотя и является основным фактором дальнейшего повышения эффективности производства, но является самостоятельной проблемой. Процесс интенсификации в аграрном секторе, кроме того, специфичен, что дополнительно свидетельствует о необходимости выделения данной проблемы в самостоятельную. Однако исследования интенсификации необходимо вести в системе с экстенсивными путями воспроизводства, с другими объективными экономическими законами в аграрной сфере» [10].

Основным и наиболее перспективным направлением развития сельского хозяйства в настоящее время является его интенсификация. И. А. Минаков считает, что «…объективными предпосылками интенсификации сельского хозяйства являются:

– ограниченность земель, пригодных для сельскохозяйственного использования,

– развитие производственных сил, совершенствование орудий и средств обработки земли,

– общественное разделение труда, рост городского населения, потребность в сельскохозяйственных продуктах» [11].

Интенсификация отрасли растениеводства представляет собой увеличение затрат трудовых, материальных и других ресурсов в расчете на единицу земельных угодий, т. е. по сути сводится к повышению интенсивности использования основного ресурса в этой отрасли – земли.

Для изучения уровня интенсификации необходимо выявить, какие причины (факторы) оказывают на него влияние. Факторы интенсификации связаны и вытекают из ее сущности и целей ее проведения.

Так, И. А. Минаков [11] выделяет три группы факторов.

Факторы первой группы определяют рост и устойчивость производства продукции (в растениеводстве: применение удобрений, совершенствование агротехнических приемов семеноводства и т. д.).

Факторы второй группы обеспечивают снижение затрат труда в производстве (механизация и электрификация, совершенствование организации и оплаты труда).

Факторы третьей группы создают благоприятные условия для эффективного использования производственных ресурсов (специализация, концентрация и кооперация, совершенствование форм собственности и хозяйствования).

Указанные факторы являются, скорее, направлениями интенсификации.

И. Я. Петренко, Л. И. Чужинов [7] выделяют следующие основные факторы интенсификации производства:

– коренная перестройка экономических отношений;

– сохранение выращенной продукции, уменьшение ее потерь; химизация сельского хозяйства; мелиорация земель;

– освоение интенсивных ресурсосберегающих технологий.

Приведенная система факторов тоже является направлениями проведения интенсификации, причем коренная перестройка экономических отношений и освоение интенсивных ресурсосберегающих технологий – это комплексные программы, в то время как сохранение выра-

щенной продукции, химизацию и мелиорацию можно назвать отдельными мероприятиями.

Учитывая недостатки и положительные моменты существующих подходов, обобщая изученный материал, к основным факторам интенсификации в растениеводстве можно отнести:

– дополнительные вложения, заключающиеся в увеличении ресурсов в расчете на единицу наиболее ограниченных из них (земельных угодий);

– организацию использования ресурсов, совершенствование сочетания их отдельных видов, в том числе и в дополнительной их части;

– повышение качества ресурсов на основе достижений научно-технического прогресса (НТП).

Способы определения экономической эффективности интенсификации растениеводства. Экономическая эффективность интенсификации отражает соотношение полученного результата (эффекта) и затрат или ресурсов, обусловивших данный результат. Методические подходы к ее определению, основанные на понимании сущности интенсификации, различны в работах разных авторов.

Широкое распространение получил системный подход к определению экономической эффективности интенсификации. Так, М. Ф. Ковалева полагает, что «…в методическом аспекте система показателей интенсификации должна выражать общую эффективность в целом» [3].

М. В. Свободина [9] также не разделяет показатели эффективности интенсификации и показатели эффективности деятельности предприятия в целом. Предложенная ей система включает по растениеводству следующие элементы:

1) показатели технологической эффективности. Используются для оценки эффективности элементов системы земледелия и отражают степень использования земельных, трудовых и материальных ресурсов в процессе производства;

2) показатели экономической эффективности. Отражают производственные отношения в процессе производства и реализации продукции, возможность осуществления процесса воспроизводства и измеряются стоимостными показателями;

3) показатели социальной эффективности. Характеризуют степень достижения нормативного уровня жизни населения по различным показателям, отражающим данную сложную экономическую категорию;

4) показатели экологической эффективности. Используются для оценки эффективности природоохранных мероприятий, их влияние на состояние природной среды, качество производимой продукции, элементов экологического ресурсного потенциала;

5) показатели эффективности рыночных отношений, характеризуют степень решения отраслью своих основных задач.

Такой подход не позволяет определить воздействие процесса интенсификации на экономическую эффективность производства.

В. А. Иванов [2] считает, что критерием экономической эффективности интенсификации сельскохозяйственного производства является опережающий или равный прирост отношения эффекта, полученного с единицы объекта производства, к затратам живого и овеществленного труда на производство этого результата по сравнению с соответствующим соотношением до осуществления мероприятий по интенсификации.

Это утверждение противоречит закону убывающей отдачи добавочных вложений, так как предполагает увеличение экономического эффекта пропорционально росту обусловивших его затрат.

Среди системы частных показателей, выделенных В. А. Ивановым (производительность труда, производство валовой, чистой продукции, чистого дохода (прибыли) на единицу земельной площади, фондоотдача, материалоемкость, себестоимость единицы продукции, рентабельность), к показателем эффективности интенсификации можно отнести лишь вторую группу.

Система оценки экономической эффективности интенсификации, предлагаемая Н. Я. Коваленко [4], включает основные и дополнительные показатели. К основным относятся следующие:

– выход валовой продукции с единицы земельной площади;

– валовой доход с одного гектара земельных угодий;

– чистый доход или прибыль с единицы сельскохозяйственных угодий.

Приведенные показатели будут отражать эффективность интенсификации, если сопоставить их уровень до и после мероприятий по осуществлению интенсификации.

К дополнительным автор относит:

– размер производства валовой продукции (валового и чистого дохода) в расчете на единицу затрат труда;

– выход валовой продукции (валового и чистого дохода) в расчете на один рубль стоимости основных и оборотных фондов.

Основным критерием экономической эффективности, по его мнению, является увеличение производства продукции с каждого гектара при одновременном снижении затрат труда и средств на единицу полезного эффекта.

Положительным моментом можно назвать признание автором неравноценности применяемых ресурсов и расположение их по ранжиру ограниченности. Вследствие чего к основным показателям эффективности интенсификации автор относит показатели эффективности использования земельных ресурсов. Недостатком является определение критерия экономической эффективности без учета закона убывающей отдачи.

Но при этом, по мнению Н. Я. Коваленко, «…интенсификация как процесс развития сельскохозяйственного производства возможна и оправдана не только тогда, когда рост продукции осуществляется в более высоких пропорциях или размерах по сравнению с увеличением дополнительных вложений, но и в том случае, когда производство продукции растет в значительно меньших размерах, чем увеличиваются дополнительные затраты... Уменьшение выхода продукции при дополнительных вложениях капитала происходит только в том случае, если уровень технической оснащенности сельского хозяйства остается неизменным».

В поддержку этой точки зрения И. Я. Петренко, П. И. Чужинов [7] приводят три различных уровня эконо-

мической эффективности интенсификации: «дополнительный эффект превышает дополнительные затраты, связанные с интенсификацией производства, равен им или меньше их... В первом случае вложенные средства обеспечивают расширенное воспроизводство, во втором – только простое, а в третьем – процесс интенсификации осуществляется неэффективно».

Первый и второй случаи частные, в то время как третий является общим для любого процесса интенсификации на определенном уровне развития (после достижения размера вложений, при котором отдача в расчете на единицу ресурса наибольшая). Поэтому интенсификацию в данном случае нельзя считать неэффективной.

Такие сопоставления предлагает осуществить А. И. Барбашин [1]. Он считает, что «…непосредственно экономическая эффективность процесса интенсификации характеризуется результативностью дополнительных капитальных вложений и текущих производственных затрат, которая выражается соотношением прироста продукции к приросту вложений». При исчислении эффективности дополнительных вложений используются следующие показатели:

– коэффициент эффективности дополнительных затрат;

– коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений;

– срок окупаемости дополнительных капитальных вложений;

– уровень рентабельности дополнительных производственных затрат. Но дополнительные затраты не обязательно связаны с интенсификацией, поскольку их увеличение предполагается в условиях экстенсивного ведения производства, при проведении других экономических мероприятий.

Таким образом, экономическую эффективность интенсификации растениеводства целесообразно измерять системой показателей, основными в которой будут показатели повышения эффективности использования земельных ресурсов: величины полученных дополнительно на 1 га сельскохозяйственных угодий валовой и товарной продукции, валового дохода, прибыли.

Дополнительными являются показатели повышения экономической эффективности использования трудовых ресурсов: получено дополнительно валовой и товарной продукции, валового дохода, прибыли в расчете на 1 среднегодового работника, 1 человеко-час затрат труда в результате осуществления интенсификации.

Для определенных периодов развития производительных сил, характеризующихся низким уровнем эффективности использования ресурсов, мероприятия, связанные с повышением уровня интенсификации производства, могут повысить эффективность использования и материальных затрат. В первую очередь это относится к ситуации, когда объемы использования ресурсов небольшие, а закон убывающей отдачи от их дополнительного использования не оказывает заметного влияния.

Именно такое положение характерно для многих сельскохозяйственных предприятий в настоящее время, когда резко сократились объемы использования материальных ресурсов, прежде всего, промышленного производства.

Кроме того, повышение отдачи от дополнительного использования материальных ресурсов может происходить при внедрении новых достижений научно-технического прогресса. В этих случаях экономическая эффективность интенсификации будет проявляться в дополнительной продукции, валовом доходе, прибыли в расчете на единицу материальных затрат.

Сложившаяся экономическая ситуация оказала влияние на формирование направлений повышения эффективности интенсификации растениеводства.

«Основные внутрихозяйственные резервы интенсификации, – по мнению И. Куликова [5], – мы видим в совершенствовании технологий и всей организационно-хозяйственной системы, обеспечивающей расширенное использование имеющихся материально-технических и трудовых ресурсов, экономное и бережное к ним отношение».

В. В. Печенкина, А. М. Берзин, Н. И. Калашникова пришли к следующему выводу: «В условиях ограниченного наличия материальных и денежных ресурсов необходимы прежде всего пересмотр и оптимизация структуры посевных площадей и обрабатываемой пашни на основе бездефицитного баланса гумуса, что является важным резервом сохранения и повышения плодородия почвы, не требующих дополнительных материальных и финансовых затрат» [8].

Исходя из этого основными направлениями повышения экономической эффективности интенсификации в растениеводстве должны стать следующие:

– комплексная механизация, на базе последних достижений НТП;

– рациональная химизация (применение высококачественных удобрений и средств защиты растений);

– обоснованная мелиорация;

– совершенствование агротехнической работы (применение передовых приемов возделывания сельскохозяйственных культур; сокращение потерь при уборке и хранении);

– внедрение более урожайных культур и сортов;

– совершенствование семеноводства.

Важное значение имеет также и совершенствование использования трудовых ресурсов. Необходимо определение их оптимального размера и структуры. В противном случае, по мнению Д. Н. Эпштейна, «с увеличением числа работников сверх определенного предела начинается снижение управляемости и соответственно эффективности производства». [12].

Одновременно должно осуществляться качественное совершенствование рабочей силы. М. Минасов полагает: «Инновационная политика и научно-техническая модернизация агропромышленного производства должны базироваться на интеллектуальном потенциале, способно обеспечить быструю отдачу вложенного капитала» [6].

Достаточно логичный перечень путей повышения эффективности интенсификации сельского хозяйства, применимый и для отрасли сельского хозяйства приводит Н. Я. Коваленко:

– развитие НТП;

– рост инвестиций и капитальных вложений;

– укрепление материально-технической базы;

– повышение уровня механизации производственных процессов;

– развитие химизации;
– мелиорации;
– совершенствование подготовки кадров [4].

Эти мероприятия, включающие основные пути повышения эффективности интенсификации, не являются конкретными, а следовательно нуждаются в обобщении для определения главных направлений роста экономической эффективности рассматриваемых процессов.

Исходя из сущности интенсификации растениеводства, факторов, влияющих на ее уровень, могут быть выделены основные направления повышения экономической эффективности интенсификации в этой отрасли.

В первую очередь, они касаются повышения эффективности интенсификации использования земельных угодий. Среди мероприятий, позволяющих повысить уровень интенсификации, необходимо выделить следующие:

1) дополнительные затраты трудовых ресурсов;
2) дополнительные вложения капитала;
3) совершенствование сочетания ресурсов;
4) повышение качества используемых ресурсов.

Каждое из выделенных направлений может включать в себя более конкретные пути повышения эффективности интенсификации. Так, дополнительные затраты труда могут касаться возделывания определенных культур, конкретных профессий работников растениеводства и т. д.

Дополнительные вложения капитала включают инвестиции и капитальные вложения, расширение объемов использования оборотных фондов и других видов использования капиталов.

Совершенствование сочетания ресурсов включает не только определения оптимальных объемов ресурсов на единицу земельных угодий, но и установление рационального соотношения земель различного назначения и видов использования, а также сочетание отдельных видов трудовых ресурсов, капитала и других ресурсов.

Повышение качества применяемых ресурсов включает основные формы реализации достижения научно-технического прогресса, наука и передовой практики.

Библиографический список

1. Барбашин, А. И. Экономика сельского хозяйства : курс лекций / А. И. Барбашин. 2-е изд. Курск : Изд-во КГСХА, 2002. 278 с.

2. Иванов, В. А. Интенсификация сельскохозяйственного производства: проблемы развития и эффективности / В. А. Иванов ; отв. ред. д-р экон. наук И. В. Русинов. М. : Наука, 1990. 198 с.

3. Ковалева, М. Ф. К интенсификации сельскохозяйственного производствам / Ф. М. Ковалева. М., 1968.

4. Коваленко, Н. Я. Экономика сельского хозяйства с основами аграрных рынков: курс лекций / Н. Я. Коваленко. М. : Ассоциация авторов и издателей «ТАНДЕМ» ; Изд-во ЭКМОС, 1998. 448 с.

5. Куликов, И. На основе интенсификации / И. Куликов // Экономика сельского хозяйства России. 2001. № 1. С. 8.

6. Минасов, М. Обеспечение устойчивого воспроизводства в АПК / М. Минасов // АПК: экономика, управление. 2002. № 10.

7. Петренко, И. Я. Экономика сельскохозяйственного производства / И. Я. Петренко, П. И. Чужинов. Алма-Ата : Кайнар, 1992. 560 с.

8. Печенкина, В. В. Внутрихозяйственные резервы повышения эффективности использования земель / В. В. Печенкина, А. М. Берзин, Н. И. Калашникова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2001. № 12.

9. Свободина, М. В. Интенсификация сельского хозяйства в рыночных условиях / М. В. Свободина. М., 1999. 218 с.

10. Черешнев, А. В. Интенсификация социалистического сельского хозяйства на современном этапе / А. В. Черешнев. Ростов н/Д : Изд-во РГУ, 1982. 144 с.

11. Экономика сельского хозяйства / И. А. Минаков, [и др.] ; под ред. И. А. Минакова. М. : Колос, 2000. 328 с.

12. Эпштейн, Д. Н. Влияние численности работников на эффективность производства в крупных сельхозпредприятиях / Д. Н. Эпштейн // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2001. № 11.

E. S. Zyablov

INTENSIFICATION AS A FACTOR OF ECONOMIC EFFICIENCY RAISING IN PRODUCTION OF GRAIN

The importance of the problem of the intensification of production, the essence of intensification of agricultural production and its special features in plant-growing, methodological approaches to the evaluation of the standards of the intensification in the plant-growing, the methods of determining of the efficiency of the intensification in plant-growing are considered.

УДК 658.5 (07)

М. А. Будылин

ПРИМЕНЕНИЕ РЕАЛЬНЫХ ОПЦИОНОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Проведен анализ методологий по оценке эффективности инвестиционных проектов – метод дисконтированного денежного потока, дерева решений и реальных опционов, рассматриваются случаи, когда использование метода реальных опционов приводит к принятию более обоснованных инвестиционных решений и демонстрируется его применение на примере инвестиционного проекта по малоэтажному домостроительству.

В настоящее время нет единого критерия по вопросам оценки эффективности капиталовложений. Подход на основе сравнения затрат и доходов в действительности очень сложен, так как инвестиционные расходы заранее известны, а доходы будут получены в будущем и поэтому заранее не определены. Это является следствием наличия нескольких методологий при обосновании управленческого инвестиционного решения, включающих экономическую прибыль, деревья решений, дисконтированный денежный поток и реальные опционы [3].

До недавнего времени методология дисконтированного денежного потока и экономическая прибыль были наиболее популярными подходами. Методология DCF предусматривает прогнозирование денежные потоков, их дисконтирование по скорректированной на риск ставке процента (средневзвешенной цене капитала WACC) и вычитание текущих инвестиционных затрат для определения чистой приведенной стоимости проекта. Проекты с положительной приведенной стоимостью создают стоимость и поэтому принимаются, а с отрицательной – отбрасываются.

Сторонники этой методологии отмечают, что при ее использовании выполняются следующие важные критерии: ориентированность на денежные потоки, учет фактора риска и многопериодность. Но у данного подхода есть существенный недостаток – он не учитывает дополнительные возможности, возникающие в ходе реализации проекта. Например, критерий NPV не принимает во внимание возможности (опциона) отсрочки, расширения или прекращения проекта, или, иными словами, гибкости управления. В ряде случаев стоимость таких опционов может быть весьма значительной, а их игнорирование – приводить к принятию неправильных инвестиционных решений. Для оценки таких возможностей целесообразно использование метода реальных опционов, который позволяет более объективно определить эффективность инвестиционных проектов (табл. 1) [2; 5; 6].

Сначала метод DCF был разработан для оценки инвестиций в акции и облигации, где инвесторы не имеют возможности повлиять на процентную ставку или дивиденды, и предполагает, что менеджеры пассивно управляют инвестициями. Он не учитывает управленческую гибкость, заключающуюся в возможности изменить курс проекта в зависимости от рыночных условий. Предполагается, что менеджмент принимает окончательное и бесповоротное решение, основывающееся на его видении будущего, отклонение от плана в дальнейшем в независимости от происходящего не допускается [1; 4].

Такие строгие допущения не выполняются в реальности. Методологии реальных опционов и дерево решений обладают механизмом гибкости, но только метод реальных опционов учитывает фактор риска.

Метод реальных опционов и дерева решений тесно связаны. Методология дерева решений предусматривает построение дерева, отражающего все возможные ситуации развития событий, и руководство принимает решение на его основе. Для оценки дерева решений производится расчет ожидаемых денежных потоков с учетом объективной вероятности, а затем производится дисконтирование по выбранной ставке, обычно равной средневзвешенной цене капитала WACC.

Оценка с помощью опционов рассчитывает стоимость в соответствии с принципом отсутствия арбитража или законом единой цены. Если две различных инвестиционных возможности генерируют одни и те же потоки денежных средств (с одинаковой неопределенностью), то их стоимость должна быть одинаковой, иначе арбитражеры могут купить недооцененную инвестицию и продать переоцененную, тем самым обеспечив себе безрисковую прибыль.

Подход на основе реальных опционов представляет собой модификацию дерева решений, позволяющую учесть риски денежных потоков. Опцион колл (возможность расширения бизнеса), к примеру, увеличивает разброс вероятных результатов, а следовательно, и риск инвестирования. В результате ставка дисконтирования должна быть выше, чем средневзвешенная цена капитала.

Таблица 1

Сравнение методологий оценки эффективности инвестиционных проектов

Методология	Критерий сравнения			
	Ориентированность на денежные потоки	Учет риска	Многопериодность	Гибкость принятия решения
Реальные опционы	+	+	+	+
NPV/DCF	+	+	+	–
Деревья решений	+	–	+	+
Экономическая прибыль (EVA)	+	+	–	–

Более того, она изменяется в зависимости от того, опцион «в деньгах» (стоимость проекта выше цены исполнения опциона) или «вне денег» (стоимость проекта ниже цены исполнения опциона) [1].

Методология дерева решений не дает руководства по выбору ставки дисконтирования или ее поправки на риск. Как следствие, традиционный анализ выбора средневзвешенной цены капитала может привести к неправильным результатам [4].

Методология реальных опционов наиболее востребована в ситуациях высокой неопределенности, где руководство может гибко реагировать на поступающую информацию и стоимость проекта без учета опциона близка к нулю. В иных ситуациях применение метода реальных опционов необоснованно – в случае, когда значение NPV проекта высокое, проект будет продолжаться, а вероятность того, что опцион будет исполнен, невелика; если же NPV принимает достаточно низкое значение, то никакое значение гибкости не поможет [2; 4].

На стоимость опциона оказывают влияние пять факторов: стоимость актива, лежащего в основе опциона; неопределенность (среднеквадратическое отклонение); цена исполнения; срок до исполнения и временная стоимость денег (безрисковая ставка процента) [4].

Существующие модели опционов (модель ценообразования Блэка–Шоулза и биномиальная модель) были разработаны для финансового (фондового) рынка и их применение для оценки реальных опционов связано с определенными ограничениями [5],

– актив, лежащий в основе реального опциона, не торгуется на рынке. Теория ценообразования опционов базируется на предположении, что эквивалент опциона может быть создан как комбинация инвестиций в актив и получения безрискового займа. В этом случае затраты на приобретение эквивалента опциона должны равняться стоимости опциона. Для активов, торгующихся на фондовом рынке, это допущение идеально выполняется. Для активов, не обращающихся на финансовом рынке, проведение арбитражных операций затруднено, и поэтому полученный результат стоимости опциона нужно интерпретировать более аккуратно;

– модель ценообразования опционов Блэка–Шоулза для измерения неопределенности использует показатель дисперсии логарифмической доходности актива. В случае если цена актива подвержена скачкообразным изменениям или дисперсия непостоянна (изменяется со временем), то модель будет давать некорректные результаты;

– существование временного лага между началом и завершением исполнения опциона. Не всегда возможно мгновенное исполнение реального опциона. Существующие модели ценообразования опционов основаны на факте, что возможно незамедлительное исполнение опциона, которое характерно для рынка ценных бумаг. Для реальных опционов такое допущения связано с определенными трудностями. Например, исполнение опциона может потребовать строительство завода или нефтяной вышки. Из-за этого фактическое время жизни реального опциона может быть меньше запланированного на период, требуемый для его исполнения.

Рассмотрим применение опциона на отказ на примере компании, оценивающей проект малоэтажного домостроительства в окрестностях Красноярска. В условиях 2007–2008 гг. первоначальные инвестиции складываются из расходов на проектные работы (5 млн руб.), покупки территории производственного участка и строительство здания производственного цеха, складов (20 млн руб.), покупки оборудования для производства стен и перекрытий (40 млн руб.), приобретения вспомогательного производственного оборудования и транспортных средств (20 млн руб.) и приобретение земли под застройку (100 млн руб.). Совокупные первоначальные инвестиции составляют 185 млн руб. Проект рассчитан на 5 лет. После окончания проекта, компания реализует оборудование в размере 50 % от его стоимости (0,5(40 + 20) = 30 млн руб.), участок с сооружениями по первоначальной стоимости 20 млн руб. Ликвидационные затраты составляют в этом случае 50 млн руб.

Проект рассматривается собственниками как высокорискованный. Доля заемного капитала составляет 70 %, стоимость его привлечения 20 % годовых, доля собственного капитала 30 %, а его стоимость 61 %. Ставка налога на прибыль 24 %. Рассчитанная по формуле $\mathrm{WACC} = w_d k_d (1-s) + w_e k_e$ средневзвешенная цена капитала проекта составляет 29 %.

Существует 60-процентная вероятность, что в первый год реализации проекта спрос будет высоким. Поток денежных средств составит 70 млн руб. Если спрос будет высоким, то вероятность того, что он останется высоким в последующие годы, составляет 70 %. Ежегодные чистые потоки в этом случае составят 100 млн руб. в год, а их приведенная стоимость ко второму году с учетом продажи всех активов в конце проекта будет равна 293 млн руб. С 30-процентной вероятностью чистые потоки, начиная со второго периода при высоком спросе в первом, будут составлять ежегодно 55 млн руб., а их приведенная ко второму году стоимость с учетом продажи всех активов в конце проекта 180 млн руб.

С другой стороны, если спрос в первый год будет низким – 40 млн руб. (40-процентная вероятность), то вероятность, что он таким и останется, составляет 80 %. При этом потоки будут равны 25 млн руб. в год, а их приведенная ко второму году стоимость с учетом продажи всех активов в конце проекта составит 94 млн руб. С вероятностью 20 % спрос возрастет и чистый поток со второго

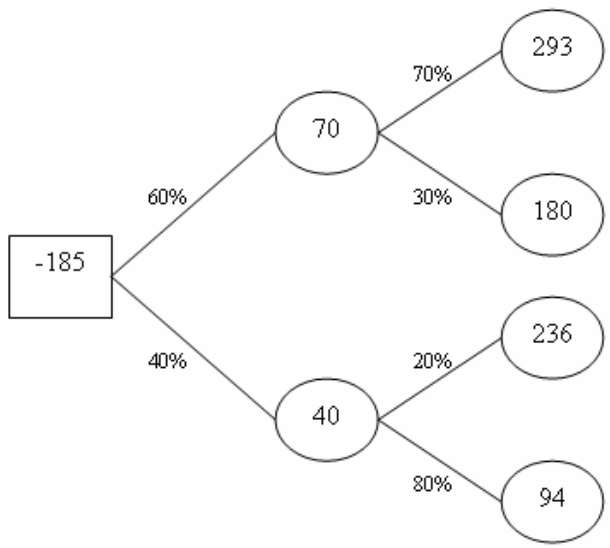
Таблица 2

Ценность гибкости управления

Параметры		Неопределенность и вероятность получения новой информации	
		Низкая	Высокая
Пространство для принятия решения и возможность реагирования	Высокая	Умеренная ценность опциона	Высокая ценность опциона
	Низкая	Низкая ценность опциона	Умеренная ценность опциона

периода составит 75 млн руб., тогда приведенная ко второму году стоимость составит 236 млн руб.

Денежные потоки компании можно представить в виде дерева решений (см. рисунок).



Дерево решений для проекта малоэтажного домостроительства

Кроме этого, у компании существует возможность реализовать активы после первого года работы. Известно, что производственное оборудование и транспортные средства после одного года эксплуатации теряют 20 % своей стоимости, а стоимость производственного участка вместе со строениями останется неизменной, цена за землю под застройку также останется неизменной. В первом году компания планирует застроить 20 % приобретенной земли. Расходы на проектные работы считаются безвозвратными. Таким образом, после прекращения проекта и продажи всех активов компания может получить 80 % · (40 + 20) = 48 млн руб. за реализацию оборудования, 15 млн руб. за реализацию участка со строениями, 0,85 · 100 = 85 за участок под застройку. Совокупный доход от реализации активов составит 48 + 15 + 80 = 143 млн руб.

Расчет чистой приведенной стоимости без учета возможности продажи бизнеса производится по формуле:

$$NPV = -185 + \frac{0,6\cdot 70 + 0,4\cdot 40}{1,29} + \frac{0,6(0,7\cdot 293 + 0,3\cdot 180) + 0,4(0,2\cdot 236 + 0,8\cdot 94)}{1,29^2} = -17,1 \text{ млн руб.}$$

Традиционные критерии оценки инвестиционных проектов приводят к выводу, что проект неэффективный.

Но у компании существует возможность прекратить проект после первого года осуществления.

Для расчета опциона на отказ с помощью биномиальной модели необходимы следующие данные:

– приведенная стоимость проекта без учета на отказ от него (не принимая во внимание потоки первого года, потому что они не влияют на стоимость опциона) составляет 123 млн руб.

$$P = \frac{0,6\cdot(0,7\cdot 293 + 0,3\cdot 180) + 0,4\cdot(0,2\cdot 236 + 0,8\cdot 94)}{1,29^2} = 123 \text{ млн руб.};$$

– цена исполнения опциона 143 млн руб.;

– срок 1 год;

– безрисковая процентная ставка (доходность краткосрочных ОФЗ) 6 %;

– стоимость проекта в 1 году (без учета потоков 1 года) при высоком спросе равна

$$PV_{\text{вс}} = \frac{0,7\cdot 293 + 0,3\cdot 180}{1,29} = 201 \text{ млн руб.}$$

Стоимость проекта в 1 году (без учета потоков 1 года) при низком спросе равна

$$PV_{\text{нс}} = \frac{0,2\cdot 236 + 0,8\cdot 94}{1,29} = 95 \text{ млн руб.}$$

Стоимость проекта может либо увеличиться на 63,4 % $\left(\frac{201}{123} - 1 = 63,4\,\%\right)$ либо уменьшиться на 22,8 % $\left(\frac{95}{123} - 1 = -22,8\,\%\right)$.

Вычислим вероятность увеличения стоимости проекта с нейтральным отношением к риску:

Ожидаемая доходность = (вероятность роста) · 63,4 % + + (1 – вероятность роста) · (–22,8 %) = 6 %.

Вероятность роста (р) = (процентная ставка – относительное снижение) / (относительный рост – относительное снижение) = (6 % – (–22,8 %)) / (63,4 % – (–22,8 %)) = 33,3 %.

Если проект окажется успешным, то опцион на отказ от него обесценится, а если нет, то компания откажется от продолжения реализации проекта и сэкономит 48 млн руб. (143 – 95 = 48).

Ожидаемая стоимость опциона в конце года составит

$$33,3\,\%\cdot 0 + 66,7\,\%\cdot 48 = 32 \text{ млн руб.}$$

Приведенная стоимость на отказ равна

Ожидаемая будущая стоимость опциона / (1 + безрисковая ставка процента) = 32 / 1,06 = 30,2 млн руб.

Стоимость бизнеса с опционом на отказ = стоимость бизнеса без опциона на отказ + стоимость опциона = = –17,1 + 30,2 = 13,1 млн руб.

Для оценки стоимость опциона можно также применить модель Блэка–Шоулза. При этом делается допущение, что доходность проекта имеет логнормальное распределение. Стоимость опциона колл рассчитывается по формуле

$$V_c = N(d1)\cdot P - N(d2)\cdot PV(EX),$$

где $d1 = \frac{\ln(P/EX) + (r + \frac{\sigma^2}{2})\cdot t}{\sigma\sqrt{t}}$; $d2 = d1 - \sigma\sqrt{t}$; *N(d)* – кумулятивная нормальная вероятность функции плотности; *EX* – цена исполнения опциона; *PV*(*EX*) рассчитывается путем дисконтирования цены исполнения по безрисковой ставке r_f $\left(PV(EX) = EX\cdot e^{-r_f t}\right)$; *t* – количество периодов до срока исполнения опциона; *P* – текущая стоимость проекта; σ – стандартное отклонение доходности актива за период (с непрерывным начислением).

Стоимость опциона пут рассчитывается как сумма стоимости опциона колл и приведенной стоимости цены исполнения за минусом текущей стоимости проекта:

$$V_p = V_c + PV(EX) - P.$$

Ожидаемая стоимость проекта в первом году без учета потоков первого года равна

$$\frac{0,6(0,7\cdot 293+0,3\cdot 180)+0,4(0,2\cdot 236+0,8\cdot 94)}{1,29}=159 \text{ млн руб.}$$

Приведенная ожидаемая стоимость проекта без учета потоков первого года равна

$$P=\frac{0,6(0,7\cdot 293+0,3\cdot 180)+0,4(0,2\cdot 236+0,8\cdot 94)}{1,29^2}=123 \text{ млн руб.}$$

Ожидаемая логарифмическая доходность составит

$$\ln\frac{159}{123}=25,46\ \%.$$

Логарифмическая доходность при высоком росте в первом году равна

$$\ln\frac{201}{123}=49,10\ \%.$$

Логарифмическая доходность при низком спросе в первом году составит

$$\ln\frac{95}{123}=-25,62\ \%.$$

Дисперсия равна

$$\sigma^2=0,6(0,491\,0-0,254\,6)^2+$$
$$+0,4(-0,256\,2-0,2546)^2=0,317\,9.$$

Среднеквадратическое отклонение равно

$$\sigma=\sqrt{0,317\,9}=37,14\ \%.$$

$$d1=-0,058\,4;\ d2=-0,429\,8;$$

$$N(d1)=0,476\,713;\ N(d1)=0,333\,669.$$

Стоимость опциона колл равна

$$V_c=123\cdot 0,476\,713-143\cdot e^{-0,06\cdot 1}=13,7 \text{ млн руб.}$$

Стоимость опциона пут равна

$$V_p=13,7+143\cdot e^{-0,06\cdot 1}-123=25,4 \text{ млн руб.}$$

Стоимость проекта с учетом опциона равна 8,3 млн руб. (–17,1 + 25,4 = 8,3 млн руб.).

Учет возможности досрочного прекращения перевел проект из разряда неэффективных в эффективные за счет снижения риска инвестирования. Разница в стоимости опционов, рассчитанных с помощью биномиальной модели (30,2 млн руб.) и модели ценообразования опционов Блэка–Шоулза (25,4 млн руб.) объясняется тем, что биномиальная модель предусматривает дискретное распределение стоимости проекта (только 2 возможных результата развития события), а модель Блэка–Шоулза – непрерывное распределение. При увеличении количества периодов (деление года на месяцы или недели) стоимость опциона, полученная с помощью биномиального метода, будет стремиться к стоимости, полученной с помощью модели Блэка–Шоулза.

Модель Блэка–Шоулза таким образом дает более правильное значение стоимости опциона. Но при этом имеет допущение, что возможные доходности проекта распределены логнормально и дисперсия постоянна во времени. Если оно не выполняется (что имеет место для инвестиционных проектов, когда начальный этап обычно более рискован, чем последующие), то следует использовать биномиальную модель.

Метод реальных опционов не является независимым, потому что такие параметры, как приведенная стоимость проекта, среднеквадратическое отклонение, цена исполнения, необходимые для расчета стоимости опциона, определяются на основе других методов оценки – дерева решений и дисконтированных денежных потоков. При этом использование метода реальных опционов приводит к более обоснованному принятию решения об инвестировании за счет учета гибкости принятия решений (ценности управления) и управлением риском, связанного с реализацией проекта.

Для дальнейшего изучения представляет интерес два направления: первое – рассмотрение различных видов опционов и особенностей их ценообразования – опционы на расширение, выжидание и изучение ситуации (выбор времени финансирования), временной приостановки реализации проекта и другие; второе – расширение модели ценообразования реальных опционов за счет учета дополнительных факторов (возможность досрочного исполнения опциона; затраты, связанные с владением опциона и др.), влияющих на стоимость опциона.

Библиографический список

1. Брэйли, Р. Принципы корпоративных финансов / Р. Брэйли, С. Майерс. М. : Олимп-Бизнес, 2004. 957 с.
2. Брусланова, Н. Оценка инвестиционных проектов методом реальных опционов / Н. Брусланова // Финансовый директор. 2004. № 7–8. С. 20–23.
3. Булгаков, Ю. В. Экспресс-диагностика риска / Ю. В. Булгаков // Финансовый менеджмент. 2007. № 2. С. 41–48.
4. Copeland, T. E. How much is the flexibility worth / T. E. Copeland, P. T. Keenan // The McKinsey Quarterly. 1998. № 2. P. 38–49.
5. Damodaran, A. The Promise and Peril of Real Options [Электронный ресурс] / A. Damodaran // Stern School of Business. Режим доступа : http://www.hss.caltech.edu. Загл. с экрана.
6. Harvey, C. R. Identifying Real Options [Электронный ресурс] / C. R. Harvey // National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. Режим доступа : http://faculty.fuqua.duke.edu. Загл. с экрана.

M. A. Budylin

APPLICATION OF REAL OPTIONS FOR THE INVESTMENT PROJECTS VALUATION

The analysis of the existing methodologies for investment projects valuation, including discounted cash flows, decision trees and real options, is carried out. There are the cases examined, when the use of real options allows to take better-grounded decisions than traditional models do. The application of real options will be demonstrated on the example of low house-buildings.

УДК 378.147

О. В. Зинина

ИННОВАЦИИ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Рассмотрены проблемы внедрения инноваций в систему образования, применение технологий интерактивного обучения по конкретным дисциплинам, которые объединяют доставку мультимедийного учебного курса с регулярным тестированием и оценкой приобретенных знаний через WEB-интерфейс, а также проблемы дистанционного обучения.

В последние два десятилетия кардинально изменились условия функционирования российских образовательных учреждений. Это выразилось в постоянном и динамичном изменении среды их существования. С принятием федерального закона «Об образовании» и развитием рыночной экономики главными тенденциями в реализации реформ образования в России стали:

– децентрализация и демократизация управления;

– расширение автономии высших учебных заведений;

– движение в сторону рыночных моделей организации, управления и финансирования образовательных учреждений.

Принципиально изменились условия деятельности образовательных учреждений. Появились негосударственные образовательные учреждения, государственные вузы получили возможность проводить набор студентов на обучение с полным возмещением затрат на обучение. В 2002 г. во всех вузах России на этих условиях обучалось более 2,3 млн человек по всем формам обучения. Все это приводит к конкуренции на рынке образовательных услуг. Для всех вузов стали обязательными процедуры лицензирования. Введены и постоянно совершенствуются системы аттестации и аккредитации вузов и программ.

Влияние внешней среды и потребность рынка заставляют вузы и федеральные органы управления образованием искать новые подходы для удовлетворения потребностей населения в образовании. Так, в 1995 г. появилась «Концепция дистанционного образования». В 1999 г. организован эксперимент по программе MBA, в 2000 г. – эксперимент в области дистанционного обучения.

Стали реальностью образовательные проекты, финансируемые федеральными и региональными структурами, в которых принимают участие вузы (как государственные, так и негосударственные), прошедшие через открытый конкурс и общественную аккредитацию. Среди них президентская «Программа подготовки управленческих кадров для организаций народного хозяйства РФ».

С 2003 г. введена система государственного заказа на образовательные услуги. Несомненно, сильное влияние на образование в России оказывают процессы, происходящие на европейском континенте. Решение задач, связанных с формированием общеевропейского пространства высшего образования и закреплением за европейской высшей школой ведущих позиций в мире, во многом связывают с Болонским процессом (совместное заявление министров образования 29-ти европейских стран «Пространство европейского высшего образования», Болонья, 19 июня 1999 г.), который инициирован для проведения унификации существующих систем образования европейских стран, координированном взаимодействии по сближению существующих образовательных стандартов при сохранении высокого уровня качества. Для достижения заявленных целей предполагается следующее:

– принятие системы легко понимаемых сопоставимых академических степеней, в том числе через внедрение Приложения к диплому для обеспечения возможности трудоустройства европейской системы высшего образования; переход на 2-уровневую систему подготовки – бакалавр и магистр;

– введение системы кредитов по типу ECTS (европейская система зачетного перевода), рассматриваемой в качестве средства поддержки крупномасштабной студенческой мобильности;

– содействие европейскому сотрудничеству в обеспечении качества образования с целью разработки сопоставимых критериев и методологий;

– содействие европейским воззрениям в области высшего образования в части разработки учебных планов межуниверситетского сотрудничества. На пражской конференции Министров образования стран, подписавших Болонскую декларацию (Прага, 18–19 мая 2001 г.), были выделены еще три новых направления в рамках интеграции национальных систем образования в единое европейское образовательное пространство; обучение в течение всей жизни;

– обеспечение привлекательности европейского пространства высшего образования.

Россия, в настоящее время подписавшая Болонскую декларацию, готовится к интеграции в европейское образовательное пространство и уже сейчас предпринимает определенные шаги в этом направлении.

Министерством образования проводится эксперимент по переходу ряда вузов на систему организации учебного процесса с использованием системы зачетных единиц. Рассматриваются вопросы введения нового стандарта третьего поколения, учитывающего международные требования к программам. Разработана программа развития дополнительного профессионального образования, где в основу положена идея непрерывного образования.

Таким образом, анализ основных тенденций развития образовательного процесса показал, что вузы в настоящее время вынуждены работать в динамичных, т. е. постоянно изменяющихся условиях.

Проблема оперативного приспособления к постоянному изменению условий своего функционирования является актуальной для всех вузов, но особенно актуальна для бизнес-школ и вузов, реализующих дистанционное бизнес-образование в связи с высокой скоростью проходящих здесь изменений. При этом обеспечение

оперативного функционирования вузов и бизнес-школ, эффективное проведение инновационной деятельности является условием эффективного функционирования всей системы образования страны.

Все вышеизложенное подчеркивает важность для системы образования и, в конечном счете, для экономики страны разработки эффективной системы управления инновационной деятельностью образовательных учреждений, обеспечивающей эффективное функционирование всей системы образования.

В экономической литературе понятие «инновация» интерпретируется по-разному. Так, например, американский ученый австрийского происхождения Й. Шумпетер еще в 30-е гг. XX в. ввел понятие инновации, трактуя его как изменение с целью внедрения и использования новых видов технологий для производства потребительских товаров, новых производственных и транспортных средств, а также рынков и форм организации в промышленности.

Неоднозначная трактовка инновации представлена и в отечественной литературе. В частности, Д. В. Соколов, А. Б. Титов, М. М. Шабанов под инновацией (нововведением) понимают итоговый результат создания и освоения (внедрения) принципиально нового или модифицированного средства (новшества), удовлетворяющего конкретные общественные потребности и дающего ряд эффектов (экономический, научно-технический, социальный, экологический).

П. Н. Завлин, А. К. Казанцев, Н. Э. Миндели полагают, что инновация – это использование в той или иной сфере общества результатов интеллектуальной (научно-технической) деятельности, направленных на совершенствование процесса деятельности или его результатов.

В словаре «Научно-технический прогресс» инновация (нововведение) определяется как результат творческой деятельности, направленный на разработку, создание и распространение новых видов изделий, технологий, внедрение новых организационных форм.

В соответствии с Руководством Фраскати (документ принят ОЭСР в 1993 г. в итальянском городе Фраскати), инновация – это конечный результат деятельности, получивший воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта, внедренного на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности либо в новом подходе к социальным услугам.

Р. А. Фатхудинов считает, что целесообразно разграничить понятия «новшество» и «инновация». По его мнению, новшество – оформленный результат фундаментальных, прикладных исследований, разработок или экспериментальных работ в какой-либо сфере деятельности по повышению ее эффективности. Новшества могут оформляться в виде открытий; изобретений; патентов; товарных знаков; рационализаторских предложений, документации на новый или усовершенствованный продукт, технологию, управленческий или производственный процесс; понятий, научных подходов или принципа; документа (стандарта, рекомендаций, методики, инструкции и т. п.); результатов маркетинговых исследований и т. д.

В «Энциклопедии профессионального образования» дается следующее определение: «Инновации – это актуально значимые и системно самоорганизующиеся новообразования, возникшие на основе разнообразия инициатив и новшеств, которые становятся перспективными для эволюции образования и позитивно влияют на его развитие, а также на развитие широкого культурного пространства образования».

Процесс по стратегическому маркетингу, научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам, организационно-технологической подготовке производства, производству и оформлению новшеств, их внедрению (или превращению в инновацию) и распространению в другие сферы (диффузия) называется инновационной деятельностью.

Применительно к деятельности образовательных учреждений понятие «инновационная деятельность» может быть рассмотрено как целенаправленное преобразование содержания обучения и организационно-технологических основ образовательного процесса, направленное на повышение качества образовательных учреждений и их выпускников, обеспечение всестороннего личностного и профессионального развития обучаемых.

Новшества могут быть покупными или собственной разработки, предназначенными для продажи или внедрения на собственном предприятии, т. е. происходит процесс превращения в форму инновации.

Для сферы подготовки менеджеров новшества могут принять форму новых учебных программ, учебных планов и учебно-методических материалов, новых педагогических, информационных и организационных технологий или их совокупности, новых образовательных технологий, нового статуса организации и пр. Для вуза важна не столько разработка новшеств (получение результатов научно-исследовательских работ (НИР), разработка программ и т. д.), главное – внедрение новшества, превращение его в форму инновации, т. е. завершение инновационной деятельности и получение положительного результата.

Ядром инновационной деятельности является *новшество.* Новшествами могут быть как новые продукты – образовательные программы, так и новые технологии, применяемые в образовательном процессе, новые организационные технологии, новые способы продвижения образовательных услуг. Новшества обычно являются результатом научных исследований, разработок или экспериментальных работ, направленных на повышение эффективности деятельности организации.

Если целью научной организации является создание и продажа новшеств, то основной задачей инновационной организации является внедрение новшества.

Инновационная деятельность, включающая проведение маркетинговых исследований, поиск новых идей, создание новшества, его внедрение, и оформление результатов завершается инновацией, т. е. инновация – конечный результат внедрения новшества с целью изменения объекта управления и получения экономического, социального или другого вида эффекта. Предметом инновации могут быть продукт, производственный процесс, а также организация при условии, что они являются новыми и внедрены.

Для российских вузов в условиях, когда законодательная и нормативная база профессионального образова-

ния только формируется, существует возможность создания инноваций по всем разделам классификации.

Построение системы эффективного управления инновационной деятельностью в вузе предполагает выявление всех компонентов этой системы и их взаимосвязей, а также причин, побуждающих к ведению инновационной деятельности.

Любая система создается для эффективного функционирования и именно успешное функционирование управления – один из залогов выживания и развития организации.

Рассматривая факторы, побуждающие вуз к инновационной деятельности, можно выделить внешние и внутренние.

К внешним факторам можно отнести изменение внешнего окружения (STEEP-факторы), конкуренция на рынке образовательных услуг, изменение запросов потребителей (индивидуальных, корпоративных), влияние заинтересованных лиц и организаций (stakeholder), среди которых можно назвать собственников, учредителей, партнеров, спонсоров, ассоциации, министерства и т. д.

К внутренним факторам относятся изменение запросов профессорско-преподавательского состава и других сотрудников вуза, стремление к достижению максимальной эффективности деятельности организации (жизнеобеспечение), стремление к оптимальному качеству деятельности (соответствие миссии), реализация потребности организации в собственной индивидуальности.

Необходимость в проведении инновационной деятельности возникает при переходе на следующий этап жизненного цикла и при достижении зрелости.

Как уже было сказано выше, инновационная деятельность (ИД) состоит из нескольких видов деятельности, которые можно представить в виде следующей последовательности.

1. Поиск идей, относительно которых мог бы быть развернут инновационный проект (поиск новых образовательных методик и технологий, организационных форм и пр.). Идеи могут касаться всех процессов, происходящих в образовательном учреждении, процессов взаимодействия его с партнерами, потребителями и заинтересованными сторонами, а также быть направленными на создание новых процессов.

П. Друкер выделил семь областей анализа, служащих источниками инновационных идей: неожиданное событие для фирмы (ее успех или неудача); несоответствие, «неконкурентность» экономической реальности и представления о ней; потребность совершенствования внутренних процессов (организационных, технологических и т. д.); изменение в структуре рынка или отрасли; изменение в ценностных установках и восприятиях; новые знания, полученные научными или практическими путями.

Первые четыре области П. Друкер относит к внутренним, три последующие – к внешним.

2. Выявление общественных потребностей и установление возможностей их удовлетворения на основе выявления идей, и наоборот, разработка идей под актуальные потребности, стимулирование потребностей под некоторые идеи и др. Это маркетинговые исследования, прогноз потребностей общества в образовательных программах, изучение возможности и объема использования информационных технологий, желания обучаться с использованием различных технологий и т. д. Исследуя потребности потребителей образовательного учреждения, возможно выделить те, которые могут быть удовлетворены в результате инновационной деятельности вуза.

3. Создание новшества. Эта деятельность может включать в себя проведение НИР, разработку образовательных программ или процессов, опытную реализацию и формирование отчетов о результатах.

4. Внедрение новшества предполагает создание технологии и процедур реализации новшества, создание условий (административной и методической поддержки) для реализации образовательных программ или введение изменений в структуре организации.

5. Распространение новшества. Эта деятельность важна для сетевых организаций, так как успешное продвижение новшества увеличивает количество партнеров в сети, повышает качество работы и имидж сетевой организации.

Как и любой товар, инновационный проект имеет свой жизненный цикл. Так, А. Г. Теслинов выделил этапы запуска инновационной деятельности, поддержания ИД и ликвидации ИД.

На этапе запуска ИД объектом управления является сама инновационная деятельность во всем многообразии ее видов. Целью управления является реализация воплощения замысла идеи и реализации конкретного проекта. На этапе поддержания ИД возникают два объекта управления (ОУ): непосредственно инновационная деятельность и деятельность, обеспечивающая запуск инновации. Это вызвано тем, что образовательные учреждения, действующие в постоянно изменяющихся условиях, вынуждены постоянно вводить новые проекты и программы, делая процесс создания инноваций непрерывным.

Несмотря на то, что на этапе запуска и поддержания ИД объектом управления является инновационная деятельность (ОУ1 и, соответственно, ОУ2), управление происходит с разными целями. Во втором случае целью является восстановление каждого вида инновационной деятельности до желаемого состояния.

Этап ликвидации инновационной деятельности осуществляется по отношению к трем объектам управления. По отношению к ОУ4 целью управления является ликвидация деятельности по инновационному проекту и соответствующим ему структурам. По отношению к объектам ОУ5 и ОУ6 – ликвидация деятельностей по поддержанию и запуску инновационной деятельности.

Таким образом, выделение объектов управления инновационной деятельности и их взаимосвязей позволяет создать эффективную структуру управления инновационной организацией и закрепить выделенные объекты управления за конкретными структурами и должностными лицами, а также создать необходимые внутренние стандарты (приказы), регулирующие процессы запуска, поддержания и ликвидации инновационной деятельности.

Новая модель развития образования во многом связана со сменой образовательных парадигм, переносящих акценты с образовательной деятельности на самообразовательную. Основными условиями такой смены являются нормально функционирующая экономика, постро-

енная на непрерывной реализации инновационных, в первую очередь, компьютерных и информационных проектов; активно поддерживаемый обществом и эффективно работающий социальный институт образования, решающий свои задачи через различные системы дополнительного профессионального образования, а также систем дистанционного образования.

Современный ход развития общества, реальные достижения ведущих стран мира указывают тот путь изменений в сфере образования, который определяет характер связей между образованием и самообразованием.

Новые информационные и коммуникативные средства меняют принципы организации и функционирования самообразования. С их помощью для открытого образования предоставляются возможности в любой сфере деятельности. Компьютерные технологии не только обеспечивают доступность и разнообразие информации, но и активизируют открытые образовательные процессы в производственной, научной, управленческой, организационной, образовательной и иных областях жизни.

Информационные технологии трансформируют способы открытого образования, обеспечивая доступность информации, облегчая ее поиск и в то же время предоставляя соответствующие инструментальные средства работы с ней: логические, математические, статистические и др. Благодаря совмещенному, комплексному использованию этих средств создаются условия для творчества, оптимизируются возможности и расширяются границы открытого образования.

Дистанционное образование долгое время рассматривалось как средство расширенного доступа к знаниям для тех, кому традиционные способы обучения недоступны по тем или иным причинам. В последние годы происходит стремительное развитие информационных технологий, в частности активное использование глобальной сети Интернет, и это создает наиболее благоприятные условия для дальнейшего развития инновационных открытых образовательных технологий во всех их аспектах.

За последнее десятилетие Интернет превратился из элитарного средства общения интеллектуалов в одну из наиболее активно развивающихся областей телекоммуникационного бизнеса. Всемирная сеть потенциально может предоставлять безграничные образовательные возможности всем ее участникам. Социальный анализ пользовательской аудитории Сети и типичных образовательных Интернет-проектов должен способствовать активному внедрению таких проектов в учебный процесс образовательных учреждений, как необходимой составляющей инновационной маркетинговой деятельности с целью повышения рейтинга и конкурентоспособности данного учебного заведения.

В США доступность Интернет-технологий и быстрое распространение электронного бизнеса привели к тому, что очень широко стали предлагаться Интернет-проекты на рынке образовательных услуг. По оценкам компании Universite Access, 30 % американских колледжей предлагают образовательные программы в Интернете.

В России же очень немногие вузы разрабатывают Интернет-программы по ряду гуманитарных и технических специальностей, несмотря на то, что рост государственной поддержки открытого образования подтверждается тем, что в 2001–2002 гг. разработана и утверждена на уровне Правительства РФ федеральная целевая программа «Развитие единой образовательной среды (2001–2005 гг.)».

Целью данной программы являлось создание и развитие в Российской Федерации единой образовательной информационной среды, обеспечивающей единство образовательного пространства на всей территории страны; повышение качества образования во всех регионах России; сохранение, развитие и эффективное использование научно-педагогического потенциала страны; создание условий для поэтапного перехода к новому уровню образования на основе информационных технологий; создание условий для предоставления российских образовательных услуг русскоязычному населению за рубежом [2]. Ожидаемые результаты реализации программы – создание основ единой образовательной информационной среды.

Система дистанционного образования ориентирована на массовость и общедоступность независимо от социального статуса, территориального расположения, ограничения в гражданских правах, обеспечение широкого доступа к национальным и мировым образовательным ресурсам, возможность получения второго образования. Эта система должна стать социальным институтом, который был бы способен предоставить человеку разнообразные образовательные услуги, позволяющие учиться непрерывно, и обеспечить возможности получения современных профессиональных знаний.

При подробном анализе существующих форм образовательных Интернет-проектов, опираясь на методологический подход к классификации типов дистанционного обучения А. Хуторского, можно выделить несколько видов обучения, основанного на использовании Интернет-технологий. Технология электронного обучения – это высший уровень эволюции образовательных технологий.

Если подходы к формированию понятийного аппарата информатизации образования уже сложились, то явно недостаточно проработаны принципы и технологии системной интеграции информационных и коммуникационных технологий в образовательную среду учебных заведений и формировании на их основе информационно-образовательной среды вуза.

Один из подходов к созданию информационной образовательной среды многие видят во внедрении технологий интерактивного обучения по конкретным дисциплинам, которые объединяют доставку мультимедийного учебного курса с регулярным тестированием и оценкой приобретенных знаний через web-интерфейс.

Наиболее яркие результаты такого подхода демонстрирует программа по созданию Сетевых академий Cisco (около 300 000 студентов более чем в 10 000 Сетевых академий по всему миру). Основное достоинство этой программы – удачное внедрение ориентированного на Интернет-технологии сетевого курса в учебный процесс. В результате студенты получают возможность динамического обмена информацией, что приводит к становлению сети интерактивно взаимодействующих друг с другом, разбросанных по всему миру участников процесса обучения. Одновременно с обучением компания Cisco создала свою систему сертификации, позволяющую будущим специалистам оценить свой уровень подготовки.

Такая система может служить идеальным примером разработки технологий доставки образовательного контента для предметно-ориентированного тренинга, и она является важным компонентом информационной образовательной среды.

Достижение современных образовательных запросов учебно-воспитательного процесса может быть обеспечено при условии формирования информационной образовательной среды на следующих основных принципах:

– открытость;
– масштабируемость;
– гибкость, адаптируемость структуры и содержания;
– интегративность;
– нелинейность;
– структурированная избыточность, включая многоуровневость и многоаспектность содержательного и деятельностного компонентов.

Принцип открытости информационных образовательных систем представляется одним из основополагающих, поскольку именно взаимодействие с внешним (информационным, образовательным, культурным, социальным) окружением служит залогом ее развития в содержательном социокультурном контексте.

Таким образом для перспективного развития отечественного электронного образования на основе инновационных Интернет-проектов необходимо расширение телекоммуникационной инфраструктуры, создание технических, административных систем для обеспечения ее использования, принятие специальных государственных стандартов и формирование условий для конкурентного рынка образовательных Интернет-проектов.

Библиографический список

1. Архангельский, С. И. Лекции по научной организации учебного процесса в высшей школе / С. И. Архангельский. М. : Высш. шк., 1970. 200 с.

O. V. Zinina

INNOVATION IN THE EDUCATIONAL SYSTEM

It is considered the problems of innovations introduction into the educational system, technologies of interactive learning use, as far as the definite subjects are concerned. They unite the delivery of multimedia training course with the regular testing and acquired knowledge evaluation through WEB-interface. It deals also with the problems of distant learning.

УДК 681.513

А. Г. Бревнова

ВЗАИМОСВЯЗЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОДСИСТЕМ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И УРОВНЕЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ЗРЕЛОСТИ

Производится сравнительный анализ классификаций функциональных подсистем корпоративных информационных систем, производится разработка классификатора функциональных подсистем. Рассматривается взаимосвязь функциональных подсистем и уровней организационной зрелости.

С каждым годом на российском рынке растет количество информационных систем различной направленности и компаний, внедряющих или разрабатывающих эти системы. Практически все предлагаемые программные решения позиционируются как полнофункциональные комплексные управленческие системы, обеспечивающие автоматизацию всех основных бизнес-процессов любого предприятия (торгового, производственного, сервисного), а компании, предлагающие эти системы, соответственно, как лидеры отрасли.

Руководители предприятий неоднократно отмечали, что рекламные материалы программных систем различных производителей отличаются только дизайном, практически полностью совпадая по содержанию. Понять, в чем преимущества одной системы перед другой, оказывается чрезвычайно затруднительным. Об этом свидетельствуют и проводимые в настоящее время тендеры на выбор системы управления, в которых первичные требования к системе сформулированы таким образом, что в одном тендере в числе участвующих программных решений иногда появляется SAP R/3 и Oracle наряду с 1С.

Цель данной статьи – рассмотреть существующие концепции и принципы классификации функциональных подсистем (ФП) корпоративных информационных систем (КИС), а также предложить такой подход к классификации ФП, который не только позволил бы осуществить позиционирование систем, но и дал бы любому предприятию возможность более четко формировать список стратегических и операционных задач управления и определять критерии, позволяющие добиться решения этих задач оптимальным образом.

Классификация компонентов КИС способствует выявлению наиболее характерных черт, присущих различным компонентам КИС, обеспечивает лучшее понимание предмета изучения. Для того чтобы классифицировать компоненты корпоративной информационной сис-

темы, необходимо определить понятия КИС и компоненты КИС. КИС – это интегрированный программно-аппаратный комплекс, охватывающий все области управления бизнес-процессами, способный работать в распределенной структуре (корпорации). КИС предприятия состоит из аппаратных компонентов, т. е. аппаратной платформы и программных компонентов – функциональных подсистем, систем управления базами данных (СУБД) и операционной среды (рисунок).

Компоненты корпоративной информационной системы

Кратко охарактеризуем назначение и функции элементов этой модели. Программная составляющая КИС включает функциональные подсистемы, обеспечивающие управление бизнес-процессами предприятия, и компоненты обеспечивающие работу прикладных средств (операционной среды и СУБД). Аппаратная платформа представляет собой совокупность аппаратных средств, обеспечивающих работоспособность программных компонентов.

В данной статье рассматривается классификация прикладных компонентов КИС автоматизирующих бизнес-процессы предприятия. В настоящее время различными исследователями и консультантами предлагается к использованию множество вариантов классификации систем управления. Наиболее широко распространена следующая классификация:

– системы электронной обработки данных – EDP(Electronic Data Processing);

– информационные системы управления – MIS (Management Information System);

– системы поддержки и принятия решений – DSS (Decision Support Systems).

К системам обработки данных (EDP) относятся традиционные ИС учета и регистрации первичной информации (бухгалтерские, складские системы, системы учета выпуска готовой продукции и т. п.). В этих ИС выполняется сбор и регистрация больших объемов первичной информации, используются достаточно простые алгоритмы расчетов и запросов к БД, структура которой стабильна в течение длительною времени.

Информационные системы управления (MIS), согласно определению, предложенному М. Р. Когаловским [1], представляют собой информационные системы управленческого уровня, поддерживающие функции планирования, контроля и принятия решений. В качестве ИСУ выступают различные системы, аккумулирующие управленческую информацию операционного уровня и позволяющие автоматически генерировать отчеты.

Системы поддержки и принятия решений (DSS) ориентированы на реализацию сложных бизнес-процессов, требующих аналитической обработки информации, формирование новых знаний. Наиболее полно DSS системы рассмотрены в работах Д. Пауэра [2]. Анализ информации имеет определенную целевую ориентацию, например финансовый анализ предприятия, аудит бухгалтерского учета. Отличительной особенностью таких ИС является создание хранилищ данных большой емкости (Data Warehouse – DW) путем интеграции разнородных источников, находящихся в OLTP-системах, использование методов и средств аналитической обработки данных (On-line Analytical Processing – OLAP-технологий), интеллектуальный анализ данных, обеспечивающий формирование новых знаний (Data Mining – DM технологий).

Следующая классификация информационных систем, разработанная И. Крапачевым [3], позволяет разделить их по интегральным показателям, включающим функциональные возможности, наличие модуля планирования и управления производством, техническую платформу и систему управления базами данных, сроки внедрения, стоимость проекта, она состоит из следующих классов систем: локальных, малых интегрированных, средних интегрированных, крупных интегрированных.

Локальные системы предназначены для ведения учета по одному или нескольким направлениям (бухгалтерия, сбыт, склады, учет кадров и т. д.). Системами этой группы может воспользоваться практически любое предприятие, которому необходимо управление финансовыми потоками и автоматизация учетных функций. Такие системы, как правило, универсальны, однако зачастую разработчиками предлагаются решения отраслевых проблем, например, особые способы начисления налогов или управление персоналом с учетом специфики регионов. Цикл внедрения таких систем менее года. Стоимость локальных систем, в основном, колеблется в диапазоне 5–50 тыс. долл.

Средние интегрированные системы предназначены для управления производственным предприятием и интегрированного планирования производственного процесса. Учетные функции выполняют вспомогательную роль, однако в ряде случаев невозможно выделить модуль бухгалтерского учета, так как информация в бухгалтерию поступает автоматически из других модулей. Основой таких систем, как правило, служит концепция MRP II. Цикл внедрения подобных систем 6–9 месяцев до полутора лет и более. Это обусловлено тем, что система покрывает потребности подразделений и полностью интегрирует производственное предприятие, что требует значительных совместных усилий сотрудников предприятия, поставщика программного обеспечения или консалтинговой компании, осуществляющей внедрение. Стоимость внедрения средних интегрированных систем может совпадать со стоимостью внедрения финансово-управленческих систем, но в зависимости от охвата проекта может достигать 500 и более тыс. долл.

Крупные интегрированные системы отличаются от средних набором вертикальных рынков и глубиной поддержки процессов управления больших многофункциональных групп предприятий (холдингов или ФПГ). Такие системы дают широту охвата, включая управление производством, управление сложными финансовыми потоками, корпоративную консолидацию, глобальное планирование и бюджетирование и пр. Сроки внедрения крупных интегрированных систем обычно занимают более года, а стоимость проекта – более 500 тыс. долл.

Данная классификация обладает рядом недостатков. Дело в том, что кроме признака интеграции автор приво-

дит особенности различных классов систем, которые не являются очевидными, например универсальность локальных систем или вспомогательная роль учетной функции у средних интегрированных систем. Универсальность для локальных систем не является обязательным свойством, и функционал локальной системы может быть достаточно сложным и требующим усилий соответствующего специалиста при внедрении системы. Автором данной классификации указаны достаточно размытые временные границы проекта внедрения средних интегрированных и крупных интегрированных систем. Кроме того, данная классификация не отражает методологических особенностей референтных моделей, на которых основывается бизнес-логика той или иной системы.

Также возможна классификация функциональных подсистем КИС по длительности управленческого цикла, предложенная М. Черненко и С. Слепцовым [4]:

– системы управления реального времени – длительность управленческого цикла менее 1 дня;

– системы операционного управления – длительность управленческого цикла от 1 до 7 дней;

– системы среднесрочного управления – от 7 до 6 месяцев;

– системы стратегического управления – от 6 месяцев.

Основным недостатком данной классификации является невозможность применения ее к интегрированным системам, так как модули, отвечающие например за банковские операции, обновляют информацию в реальном времени, а модуль планирования генерирует производственные планы длительностью от недели до года.

Один из принципов классификации предложен компанией Deloitte & Touche [5]. Главным фактором для классификации является показатель того, насколько та или иная подсистема влияет на бизнес предприятия. Компоненты КИС могут быть разделены на четыре группы по объекту управления (табл. 1).

Система типа A не является системой управления предприятием и включена в классификацию для общности.

Системы типа B обеспечивают процесс управления информацией, но не содержат в себе никаких компонент для практической реализации этого процесса. Все, что связано с управлением, осуществляется вне таких систем. Примером системы типа B может служить система, обслуживающая склад и торговый зал розничного магазина.

Системы типа C имеют в своем составе компоненты управления и средства определения правил работы, давая возможность выбора той или иной предопределенной схемы. Такие системы поддерживают весь управленческий цикл: планирование, организация деятельности, исполнение и анализ результатов. Однако при изменении внешних условий бизнеса или возникновении новых задач могут отсутствовать подходящие реализации бизнес-схем. Примером таких систем являются системы управления качеством, управления персоналом, сервисного обслуживания, управления дистрибуцией и др.

Системы типа D позволяют динамически изменять хозяйственные схемы без остановки работы всей системы. Начав процесс по одной схеме, можно завершить его по новой, которая была разработана под изменившиеся условия.

Данная классификация в целом совпадает с точкой зрения автора по рассматриваемому вопросу, однако она рассматривает лишь трансакционные системы.

Опираясь на классификацию, предложенную компанией Deloitte & Touche, и проведенный анализ предыдущих классификаций, мы предлагаем классификатор информационных систем.

Начнем с необходимых определений. Под классификатором подразумевается систематизированный перечень каких-либо объектов (свойств объекта). Отдельные элементы классификатора называются позициями.

По мере перехода от оперативного управления к тактическому и далее к стратегическому информация становится более агрегированной и охватывает все большие временные периоды. И именно это явление привело к тому, что в области информационных технологий исторически сложились две категории систем – трансакционные и аналитические (табл. 2).

Признаком выделения категорий служит характер обрабатываемой информации. Под трансакционными системами понимают информационные системы, осуществляющие обработку данных на уровне отдельных операций (трансакций). Трансакционные системы служат для выполнения рутинных операций и работают со структурированной информацией. Данная категория включает в себя два класса информационных систем EDP и MIS.

Таблица 1

Классификация функциональных подсистем КИС компании Deloitte & Touche

Тип	Влияние на бизнес	Уровень абстракции	Решаемые задачи	Типовой пример
A	Владение данными	Данные (атомарные факты)	Фиксация хозяйственных фактов	Системы ввода данных
B	Владение информацией	Информация (данные и взаимосвязи)	Согласованная работа сотрудников и подразделений	Комплексные системы операционного уровня
C	Владение процессом	Знания (описания бизнес-правил)	Достижение хозяйственного результата в рамках фиксированных схем	Системы управления хозяйственными процессами
D	Владение бизнесом	Применение и развитие знаний (адаптивно изменяемые бизнес-правила, исполняемые системой)	Как достичь требуемого результата и решить ту или иную задачу	Системы управления бизнесом в целом

Данные классы были выделены по решаемым задачам, так как основной задачей EDP является фиксация хозяйственных фактов, в то время как MIS предназначены для аккумулирования управленческой информации и поддержки функций управления. Внутри классов были выделены типы ФП, признаком выделения служит объект управления. Вид систем определен по функциональному признаку.

К аналитическим системам относят системы, поддерживающие решение полуструктурированных и неструктурированных задач на основе обработки данных с привлечением сколь угодно сложных аналитических моделей. Данная категория включает в себя класс DSS-систем (системы поддержки принятия решений). Данный класс систем решает задачи поддержки процессов управления, структурирования и автоматизации задач анализа и оптимизации деятельности организации, а также выявление возможностей развития бизнеса, извлечения, преобразования и обобщения данных из различных источников, в том числе с учетом фактора времени. Вследствие специфики решаемых задач было решено выделить дополнительный тип E, где объектом управления может служить как предприятие в целом, так и отдельные процессы и операции. Преимущество данного классификатора состоит в том, что он охватывает весь перечень информационных систем управления предприятием и является универсальным. Он может быть использован при моделировании КИС предприятий любой специфики. Данный классификатор позволяет установить соответствие между типами функциональных подсистем и уровней организационной зрелости предприятия согласно модели CMMI v 1.2. [6]. Соответствие типов функциональных подсистем уровням организационной зрелости и наличие элементов управленческого цикла на каждом уровне организационной зрелости приведено в табл. 3.

Так, процесс производственного планирования на предприятии и планирование процессов жизненного цикла продукции соответствуют третьему и четвертому уровню организационной зрелости и не могут внедряться прежде, чем произведено описание процессной структуры предприятия, установлены показатели эффективности процессов и налажена система мониторинга этих показателей. Таким образом, процесс производственного планирования на предприятии не может быть внедрен прежде, чем процессы управленческого учета и бюджетирования, процессы контроля качества и управления инфраструктурой.

В свою очередь процессы количественного планирования и организации преобразований (4-ый уровень) не могут быть реализованы до того, как решены проблемы сервисного обслуживания, управления рисками, разграничения ответственности и полномочий, анализа данных, интегрированного управления предприятием и т. д.

Таким образом, можно вывести последовательность внедрения компонентов КИС в соответствии с уровнем организационной зрелости предприятия. В первую очередь на предприятии необходимо внедрить систему операционного учета. По достижении третьего уровня организационной зрелости у предприятия появляется необходимость в системах интегрированного управления хозяйственными процессами, электронного документооборота, описания бизнес-процессов, кадрового менеджмента, управления рисками, сервисного обслуживания клиентов. На четвертом уровне организационной зрелости предприятие повышает эффективность использования ERP систем путем использования более обоснованных количественных показателей и нуждается в средствах моделирования и анализа эффективности процессов. Пятому уровню

Таблица 2

Классификатор функциональных подсистем корпоративной информационной системы

Категория	Класс	Тип	Вид
Трансакционные	EDP	A	БД «Клиенты»
			БД «Номенклатура»
			БД «Поставщики»
	MIS	B	Системы налогового учета
			Системы бухгалтерского учета
			Системы управленческого учета
		C	Системы управления основными процессами
			Системы управления процессов управления
			Система управления вспомогательными процессами
			Системы управления процессами развития
		D	MRPII
			ERP
			CSRP
Аналитические	DSS	E	Экспертные
			Модельные

организационной зрелости соответствуют системы управления архитектурой предприятия и системы управления знаниями.

Библиографический список

1. Когаловский, М. Р. Энциклопедия технологий баз данных [Текст] / М. Р. Когаловский. М. : Финансы и статистика, 2002. 320 с.

2. Power, D. Decision Support Systems. Concept and Recourse for managers [Text] / D. Powel. Greenwood Publishing Group, 2002. 312 с.

3. Карпачев, И. О стилях и классах: реальность и мифология КИС [Электронный ресурс] / И. Карпачев. Электрон. данн. Режим доступа : http://www.vernokov.ru. Загл. с экрана.

4. Черненко, М. Принципы классификации управленческих информационных систем [Текст] / М. Черненко, С. Слепцов // Корпоративные системы. 2004. № 1. С. 24–26.

5. Елисеев, Р. Принципы классификации ИС [Электронный ресурс] / Р. Елисеев. Электрон. данн. Режим доступа : http://www.forkwork.info. Загл. с экрана.

6. CMMI for Development v 1.2 Improving Process for Better Products [Text] / Carnegie Melon Software Engineering Institute, April, 2007.

Таблица 3

Соответствие типов функциональных подсистем уровням организационной зрелости

Элемент цикла Деминга	CMMI (поэтапная репрезентация)	Тип ФП	Решаемые задачи
Начальный уровень			
P	Отсутствует/малоэффективно	A	Фиксация хозяйственных фактов
D	Деятельность характеризуется хаотичностью, реактивностью, непредсказуемостью		
C	Процессы не имеют ни качественных, ни количественных оценок		
A	Отсутствует/малоэффективно		
Управляемый уровень			
P	Производится планирование базовых практик процессов	B	Согласованная работа сотрудников и подразделений
D	Ключевые практики процессов регулярно выполняются, но фактически, производственный процесс можно представить последовательностью черных ящиков и реальное видение проекта присутствует лишь на промежуточных этапах		
C	Измерение и анализ. Разработка и поддержание возможности измерения, используемой для поддержки нужд информационного менеджмента		
A	Мониторинг и контроль, оценка (гарантирование) качества товаров и процессов		
Определенный			
P	Производится разработка и поддержание планов, определяющих производственные процессы, разработка требований к процессам	C	Достижение хозяйственного результата в рамках фиксированных схем
D	Формализуются требования к продукту и основным процессам с помощью технического решения, фокусирование на процессах организации. Процессы описаны и определены		
C	Производится верификация и валидация процессов		
A	Появляются процедуры анализ решений и процедуры направленные на коррекцию отклонений, управление рисками		
Количественно-управляемый			
P	Количественно управлять определенным процессом для достижения установленного в рамках проекта качества и целей производительности	D, E	Интегрированное планирование деятельности предприятия на основе анализа внутренних и внешних факторов
D	Установление и поддержание количественного понимания производительности набора стандартизированных процессов организации и обеспечение информацией о производительности процессов и моделей для количественного управления проектами организации		
C	Исполнение процессов контролируется с помощью количественных показателей с использованием статистических процедур		
A	Применяются процедуры анализ решений и процедуры, направленные на коррекцию отклонений, управление рисками		
Оптимизированный			
P	Выбор и внедрение инноваций и улучшений, которые измеряемо улучшают организационные процессы и технологии	D, E	Интегрированное планирование деятельности предприятия на основе анализа внутренних и внешних факторов
D	Установление и поддержание количественного понимания производительности набора стандартизированных процессов организации и обеспечение информацией о производительности процессов и моделей для количественного управления проектами организации		
C	Исполнение процессов контролируется с помощью количественных показателей с использованием статистических процедур		
A	Идентификация причин дефектов и других проблем, принятие действий, предотвращающих их появление в будущем		

A. G. Brevnova

ASSOCIATION OF FUNCTIONAL SUBSYSTEM OF CORPARATE INFORMATION SYSTEM AND ORGANIZATIONAL MATURITY LEVELS

Comparative analysis of classifications of functional subsystems of corporate information system is carried out. It is covered the interdependence between set of functional subsystems and organizational maturity levels.

УДК 622.623.

Ю. В. Ерыгин, Е. В. Кырова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТАРИФОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Рассмотрены проблемы стимулирования развития промышленных предприятий на основе инструментов государственного регулирования тарифов на электроэнергию.

Энергетика является базовой отраслью, определяющей потенциал развития экономики регионов и страны в целом. Современное состояние топливно-энергетического комплекса (ТЭК) во многом является следствием результатов осуществления экономических реформ, происходящих в России. Наметившийся экономический рост требует увеличения инвестиций в отрасль, без реального роста которых, согласно прогнозам, уже во второй половине нынешнего десятилетия в стране может возникнуть нарастающий дефицит резервов мощности, необходимых для устойчивого снабжения энергией в периоды максимальной нагрузки. Важнейшим источником финансирования инвестиций являются собственные средства предприятий отрасли, формируемые в основном за счет прибыли. Однако необоснованный рост тарифов в этом случае может привести к сдерживанию темпов наметившегося экономического роста и возникновению социальной напряженности.

Основные проблемы Российского ТЭК и подходы к реформированию заложены в Энергетической стратегии до 2020 г., в которой предусматривается реструктуризация электроэнергетики на основе четкого разделения учета финансовой деятельности, развитие конкуренции в отрасли с целью снижения издержек производства и обеспечение полной организационной и финансовой прозрачности деятельности предприятий на внутреннем и внешнем рынках. При этом особое внимание отводится методам государственного регулирования, направленным на обеспечение сбалансированного экономического роста и решение социальных проблем. Вместе с тем Энергетическая стратегия предусматривает отказ от перекрестного субсидирования как инструмента социальной защиты населения, являющегося одним из потребителей электроэнергии. Однако эта мера требует предварительной оценки экономических и социальных последствий, вызванных предполагаемыми изменениями тарифной политики. В сложившихся экономических условиях перекрестное субсидирование необходимо рассматривать не только как инструмент субсидирования населения, но и как инструмент, стимулирующий развитие наиболее перспективных предприятий и отраслей экономики региона. Решение об установлении тарифов должно приниматься на основе комплексного подхода, обеспечивающего баланс интересов государства, потребителей и производителей энергии, что является главной целью государственного регулирования. В связи с изменившейся ролью и значением перекрестного субсидирования как инструмента государственного регулирования экономического и социального развития региона возникает необходимость определения условий и порядка его использования на современном этапе развития экономики [1].

Для решения поставленной задачи необходимо исследовать факторы, оказывающие существенное влияние на процесс формирования тарифов. Опираясь на информацию, полученную в результате изучения статистических материалов и данных экспертного опроса, выявлена совокупность факторов и осуществлена их систематизация, результаты которой представлены в табл. 1.

Объединение факторов в две группы (внешние и внутренние) позволяет выявить источники возникновения, а оценка степени их влияния на формирование тарифов способствует определению значимости каждого из них.

Такие факторы, как приоритетные направления развития региона, потенциал роста отраслей промышленности в крае и их энергоемкость, динамика изменения структуры и объемов потребления электроэнергии, позволяют обосновать необходимость решения следующих задач: выбор стратегии государственного регулирования для покупателей электроэнергии, а также систему мониторинговых показателей и определение допустимых границ их изменения. Другие факторы (уровень текущих издержек, платежеспособность потребителей продукции ТЭК, стоимость электрической энергии на ОРЭМ, структура и объем потребления электроэнергии, состояние и стабильность нормативно-правовой базы государственного регулирования тарифов на продукцию ТЭК) явля-

ются не менее важными. При этом их учет требует разработки математической модели расчета тарифов для электропотребителей. Высокий уровень неопределенности таких факторов, как приоритетные направления развития региона, стоимость электрической энергии на ОРЭМ, динамика изменения цен поставщиков на энергоресурсы и некоторых других (табл. 1), требует их учета при решении задачи регулирования тарифов на электроэнергию.

Перекрестное субсидирование оказывает прямое и косвенное воздействие на исследуемые факторы. Однако различный характер их влияния на эффективность формирования тарифов позволяет сделать вывод о необходимости учета неоднородности потребителей электроэнергии с точки зрения способов государственного регулирования. В связи с этим предложена типология потребителей электроэнергии, обеспечивающая повышение эффективности инструментов государственного регулирования, которая предполагает деление прочих потребителей на восемь подгрупп, согласно следующим признакам: доля в структуре электропотребления, энергоемкость и потенциал роста отраслей. Данная декомпозиция по предложенным признакам позволяет выявить перспективные отрасли с точки зрения экономики региона и устанавливать для них размер тарифа на электроэнергию дотационного или стимулирующего характера.

Деление потребителей по признакам характер потребления электрической энергии и источники финансирования позволяет разбить их по условиям оплаты и способности своевременно в полном объеме рассчитываться за электроэнергию. В частности, население, согласно действующему законодательству, оплачивает электроэнергию по льготной цене в пределах установленной социальной нормы электропотребления и по экономически обоснованному тарифу – сверх социальной нормы потребления, а также с учетом наличия электроплит или газовых плит в жилых домах. Установление льготных тарифов для этой группы потребителей достигается, как уже отмечалось, на основе использования перекрестного субсидирования, являющегося инструментом государственной тарифной политики. Предложенная типология потребителей способствует формированию оптимальной стратегии установления энерготарифов для выделенных групп, предполагающих наличие дотационного или стимулирующего характера тарифов, что повышает эффективность работы органов государственного регулирования электроэнергетики.

Оценка состояния отрасли, результаты анализа факторов, влияющих на формирование энерготарифов, а также предложенная типология энергопотребителей позволяют сделать вывод о возрастающей роли и значении государственного регулирования в развитии энергетики и, как следствие, экономики страны. Это безусловно требует дополнительного изучения возможностей существующих инструментов государственного регулирования, а также их дальнейшего совершенствования. В первую очередь это относится к такому инструменту, как перекрестное субсидирование.

Ориентация только на затраты предприятий ТЭК не приводит к учету интересов различных групп потребите-

Таблица 1

Факторы, влияющие на формирование тарифов на электроэнергию

Характеристики / Факторы		Характер информации по каждому фактору	Степень значимости каждого фактора	Регулируемые (Р) /нерегулируемые(Н) факторы
Внутренние	Отраслевые особенности предприятий ТЭК	Д	7	Р
	Рентабельность операционной деятельности предприятий ТЭК	Д	10	Р
	Уровень текущих издержек	Д	8	Р
	Состояние основных средств	Д	9	Р
	Потребность предприятий отрасли в инвестициях	Д	9	Р
Внешние	Конъюнктура рынка на электроэнергию	С	5	Н
	Инвестиционная привлекательность отрасли	С	7	Р
	Финансовые возможности и приоритеты инвесторов	С	5	Н
	Система налогообложения	Д	4	Н
	Уровень инфляции	С	7	Н
	Платежеспособность потребителей продукции ТЭК	С	9	Н
	Социальная обстановка в регионе (уровень жизни населения)	Д	10	Н
	Приоритетные направления развития региона	С	7	Н
	Потенциал роста промышленности в регионе	С	6	Р
	Стоимость электрической энергии на ОРЭМ	С	10	Н
	Энергоемкость предприятий	Д	7	Н
	Структура и объем потребления электроэнергии	Д	7	Р
	Динамика изменения структуры и объемов потребления электроэнергии	С	7	Р
	Динамика изменения цен поставщиков на энергоресурсы	С	10	Н
	Состояние и стабильность нормативно-правовой базы государственного регулирования тарифов на продукцию ТЭК	Д	8	Н

Примечания; Характер информации: Д – детерминированный; Н – неопределенный; С – стохастический.

лей, а следовательно, не обеспечивает их сбалансированность. Одним из инструментов, позволяющих решать эту проблему до настоящего времени, выступало перекрестное субсидирование. Однако в условиях спада промышленного производства и снижения объемов энергопотребления данный инструмент приводит к увеличению доли затрат на электроэнергию в структуре дотирующих предприятий, что служит причиной снижения их рентабельности и дальнейшего сокращения объемов производства. Перекрестное субсидирование также может быть использовано в качестве инструмента стимулирования развития энергоемких отраслей промышленности. Применение этого инструмента в данном случае требует решения следующих задач: определение стратегии развития для предприятий, составляющих основу производственного потенциала региона; определение размера льготных тарифов на электроэнергию, устанавливаемую для выделенных предприятий, а также учет неопределенности их развития.

Решение первой задачи направленно на выделение отдельных отраслей (предприятий), для которых целесообразно установление льготных тарифов, позволяющих обеспечить их развитие, что является важным для достижения планируемых темпов экономического роста региона. Использование традиционных инструментов стратегического планирования для решения этой задачи, к сожалению, не обеспечивает адекватного выбора тарифной стратегии, так как в данном случае не учитываются такие факторы, как энергоемкость производства, потенциал роста отрасли, уровень цен на ОРЭМ и доля в структуре энергопотребления [2]. Для решения второй задачи могут использоваться методы линейной и нелинейной оптимизации. По мнению авторов для решения задачи определения объектов стимулирования и размеров льготного тарифа целесообразно использование метода динамического программирования, позволяющего учесть дискретный характер исходной информации. Решение третьей задачи вызвано неопределенностью развития этих предприятий. Неучет данного фактора может привести к снижению эффективности инструментов государственного регулирования.

Существует три группы методов принятия решений в условиях неопределенности: стохастический метод, теория игр и метод адаптивного планирования. Стохастический метод основывается на закономерностях прошлого периода, что в условиях развития предприятия не приемлемо, так как его использование может внести дополнительные погрешности; теория игр, как правило, используется в случае, когда принимается решение о единовременных капитальных вложениях, которые не могут быть изменены в процессе функционирования объекта. В данном случае речь идет о процессе развития, который возможно постоянно корректировать. Поэтому наиболее целесообразным методом учета неопределенности является использование методов адаптивного планирования, одним из элементов которого является мониторинг факторов внешней и внутренней среды. Результаты анализа методов решения перечисленных задач позволяют сделать вывод о необходимости их дальнейшего развития.

Как уже было отмечено, по результатам систематизации факторов первой и важнейшей задачей является разработка инструментов формирования тарифных стратегий, в качестве которых предложены матрицы, позволяющие учитывать влияние наиболее значимых факторов, среди которых энергоемкость, потенциал роста отрасли, уровень цен на ОРЭМ и доля в структуре потребления. Первая матрица построена на учете таких факторов, как энергоемкость и потенциал роста отрасли; вторая учитывает уровень цен на ОРЭМ и долю в структуре электропотребления. Двухуровневое задание значений факторов в предложенных матрицах позволяет получить четыре квадранта, в которых представлены соответствующие виды тарифных стратегий (рис. 1).

Если отрасль (предприятие) имеет высокую энергоемкость и низкий потенциал роста (квадрант А первой матрицы), то, чтобы определить вид стратегии, необходимо рассматривать варианты дотационных стратегий второй

Энергоемкость

А Оценка доли в структуре потребления	**Б** Стимулирование на основе льготного тарифа
В Установление тарифа, обеспечивающего покрытие издержек энергокомпании	**Г** Установление тарифа, обеспечивающего покрытие издержек энергокомпании

Потенциал роста отрасли

Уровень цен на ОРЭМ

А Установление тарифа, обеспечивающего покрытие издержек энергокомпании	**Б** Дотации на основе установления льготного тарифа до уровня цен конкурентов
В Установление тарифа, обеспечивающего покрытие издержек энергокомпании	**Г** Дотации на период финансового оздоровления

Доля в структуре потребления

Рис. 1. Матрицы формирования тарифной стратегии

матрицы. Тарифная стратегия стимулирующего характера применяется, если отрасль (предприятие) имеет высокую энергоемкость и потенциал роста (первая матрица).

Использование представленных матриц позволяет разработать тарифные стратегии (табл. 2) для каждого из типов выделенных потребителей, полученных в результате предложенной типологии.

Для первого и пятого выделенных потребителей определена стратегия «Стимулирования на основе льготного тарифа», потому что здесь ключевую роль играет высокий потенциал их роста, и если его стимулировать посредством льготного тарифа (так как отрасли энергоемкие), то в результате в регионе будет снята проблема одного стратегического покупателя, а следовательно, увеличатся прибыль энергокомпаний и платежи в бюджет.

Второй выделенный потребитель должен покупать электроэнергию по тарифу, установленному согласно стратегии «Дотации на основе установления льготного тарифа до уровня цен конкурентов», потому что у него доля потребления электроэнергии и энергоемкость значительные, но низок потенциал роста. В случае установления высокой цены он может «уйти» на ОРЭМ, что негативно скажется на экономике региона, а также ухудшит социальную обстановку.

Формирование тарифа по стратегии «Дотации на период финансового оздоровления» подходит для третьего выделенного энергопотребителя, так как главными критериями в определении этой стратегии являются высокий потенциал роста отрасли и большой удельный вес в структуре потребления электроэнергии, а в случае установления экономически обоснованного тарифа для этой подгруппы возможно снижение темпов роста предприятий.

Для оставшихся выделенных групп потребителей (4, 6, 7, 8) устанавливается тариф на электроэнергию, обеспечивающий покрытие издержек энергокомпании, потому что их энергоемкость и/или доля в структуре электропотребления незначительны, а значит, установление льготного тарифа для них не имеет стимулирующего эффекта.

Данные инструменты позволяют более эффективно проводить государственное регулирование электроэнергетики в области ценообразования.

Реализация стратегии «Стимулирования на основе льготного тарифа» требует либо разработки нового инструмента государственного регулирования, либо совершенствования существующих. Как уже было отмечено выше, в качестве такого инструмента предлагается использовать перекрестное субсидирование. Однако содержание и характер этого инструмента существенно отличается от перекрестного субсидирования, применяемого для реализации дотационных стратегий. Отличие связано с необходимостью трансформации перекрестного субсидирования путем изменения характера частичного финансирования затрат одной группы потребителей за счет другой.

Решение другой задачи связано с определением состава предприятий, которым устанавливаются льготные тарифы на электроэнергию, а также размер этих тарифов предлагается осуществлять с помощью модели динамического программирования [3]. Постановка задачи динамического программирования состоит в следующем: пусть группе предприятий устанавливают льготные тарифы на электрическую энергию с целью стимулирования роста производства в рамках Программы социально-экономического развития региона. По каждому из n промышленных предприятий, выделенных на этапе формирования тарифных стратегий государственного регулирования, известен возможный прирост $g_i(x)$ ($I = \overline{1,n}$) продаж от реализации продукции в зависимости от суммы средств, предоставляемых предприятию в рамках льготного тарифа на электроэнергию x_i. Требуется так установить тарифы для предприятий, чтобы общая сумма денежных средств (С), привлекаемых в результате перекрестного субсидирования, обеспечила наибольший прирост объемов производства и, как следствие, энергопотребления f_n (С).

Для этого необходимо:

– разбить на шаги искусственным образом. В качестве *n*-го шага принимается определение суммы средств, предоставляемых предприятию в рамках льготного тарифа для *n*-предприятий;

– от параметра, характеризующего состояние системы *S* перед каждым шагом, отнять запас не вложенных денежных средств С, определяемый исходя из уровня льготного тарифа на электрическую энергию;

– от параметров «шагового управления» для выделенных предприятий данной модели отнять размер суммы средств, предоставляемых предприятию в рамках льготного тарифа $x_1, x_2, \ldots, x_n$;

Таблица 2

Тарифные стратегии государственного регулирования для выделенных типов потребителей электрической энергии

Стратегии / Типы потребителей	Стимулирование на основе льготного тарифа	Дотации на основе установления льготного тарифа до уровня цен конкурентов	Дотации на период финансового оздоровления	Установление тарифа, обеспечивающего покрытие издержек энергокомпании
1	+			
2		+		
3			+	
4				+
5	+			
6				+
7				+
8				+

– выигрыш на i шаге определяется приростом выпуска продукции $g_i(x_i)$, i-го предприятия в зависимости от выделенной для него суммы средств, предоставляемых ему в рамках установленного льготного тарифа (шагового управления);

– под действием «шагового управления» x_i на i шаге система S переходит в новое состояние $C' = C - x_i$. Обозначим через $f_n(C)$ – максимальное значение прироста продукции при распределении суммы C между n предприятиями;

– рекуррентное соотношение имеет вид

$$f_i(C) = \max(g_i(x_i) + f_{i-1}(C - x_i)) \text{ при } 0 \le x_i \le C.$$

При построении модели в каждом конкретном случае формируется система ограничений, учитывающая влияние всех наиболее значимых факторов.

Применительно к данной модели ограничение связанно с тем, что для установления льготных тарифов выделяется сумма, которая не должна приводить к нарушению устойчивости функционирования энергоснабжающей организации:

$C < \alpha \cdot П$, где П – чистая прибыль энергоснабжающей организации; б – коэффициент, устанавливаемый в соответствии с принятой в энергоснабжающей организации политикой распределения прибыли.

Разработанные инструменты являются основой предлагаемой методики определения льготного тарифа и состава потребителей, для которого он устанавливается (рис. 2).

Предложенные инструменты формирования тарифных стратегий государственного регулирования для выделенных типов потребителей и модель определения льготных тарифов являются ключевыми этапами предложенной методики (этапы 1–5). Вместе с тем остается нерешенной проблема учета неопределенности развития энергопотребителей, для которых устанавливается льготный тариф. Для ее решения предлагается введение системы мониторинга.

Формирование системы мониторинговых показателей осуществляется на основе результатов выявления и систематизации наиболее значимых регулируемых и нерегулируемых факторов, влияющих на формирование тарифов на электроэнергию и имеющих неопределенный характер информации. В качестве основного показателя рекомендуется использовать объем продаж продукции предприятия.

Для внедрения мониторинга необходимо решить проблему определения границ допустимых отклонений контролируемого показателя. Для этого устанавливаем границы эффективности и границы устойчивости. Значения границ эффективности определяются на основе статистических методов обработки данных. Это обусловлено тем, что мониторинг показателя объема продаж продукции осуществляется преимущественно на основе уже накопленной выборки состояний. С помощью этих методов можно установить математическое ожидание и дисперсию для значения каждого предприятия, а также функцию их распределения. Определение границ устойчивости допустимого интервала значений показателя вытекает из условия безубыточного функционирования предприятия, эти границы как раз и определяют границы устойчивости для контролируемого показателя. Процесс мониторинга обеспечивается работой представленного ниже алгоритма (рис. 3).

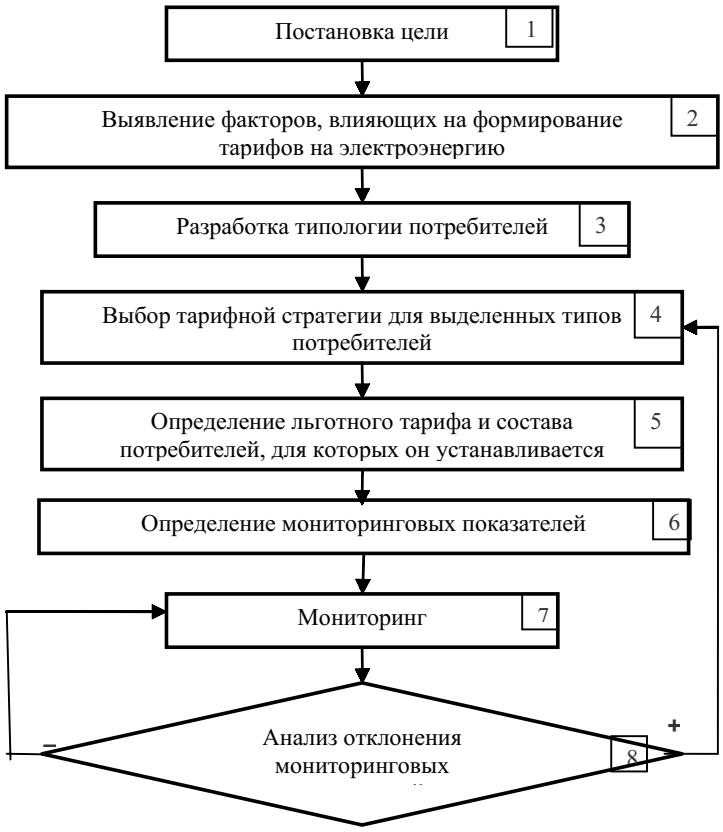


Рис. 2. Этапы методики регулирования тарифов на электроэнергию, обеспечивающих стимулирование развития промышленных предприятий

В соответствии с определенными интервалами для мониторинговых показателей осуществляется анализ динамики их изменения. В случае если границы эффективности и устойчивости не нарушаются, осуществляется дальнейший мониторинг показателя в рамках установленного временного интервала. В случае выхода наблюдаемого показателя за границы эффективности и устойчивости включается механизм генерации корректирующих мероприятий с последующей оценкой их эффективности и расчета прогнозных значений выходных показателей. Если реализация корректирующих мероприятий обеспечивает сохранение тенденции развития предприятия, осуществляется дальнейшее наблюдение за ходом реализации плана. Если разработанные мероприятия не обеспечивают данных тенденций, то возникает необходимость пересмотра стратегии его развития. Таким образом, обеспечивается реализация плана устойчивого развития предприятия и региона в целом.

Данный алгоритм мониторинга выполнения плана развития предприятия учитывает возможность быстрого реагирования на изменение условий, что делает его более привлекательным для практического использования.

Установление тарифов с учетом результатов, полученных на основе использования предложенной методики, позволяет обеспечить баланс интересов государства, потребителей и производителей в условиях реформирования отрасли.

Библиографический список

1. Любимова, Н. Г. Государственное регулирование электроэнергетикой (проблемы и пути решения) / Н. Г. Любимова. М. : Вестник, 1998.

2. Ансофф, И. Стратегическое управление / И. Анисофф. М. : Экономика, 1989.

3. Исследование операций в экономике : учебн. пособие для вузов / Н. Ш. Кремер [и др.]; под ред. проф. Н. Ш. Кремера. М. : ЮНИТИ, 2000. 407 с.

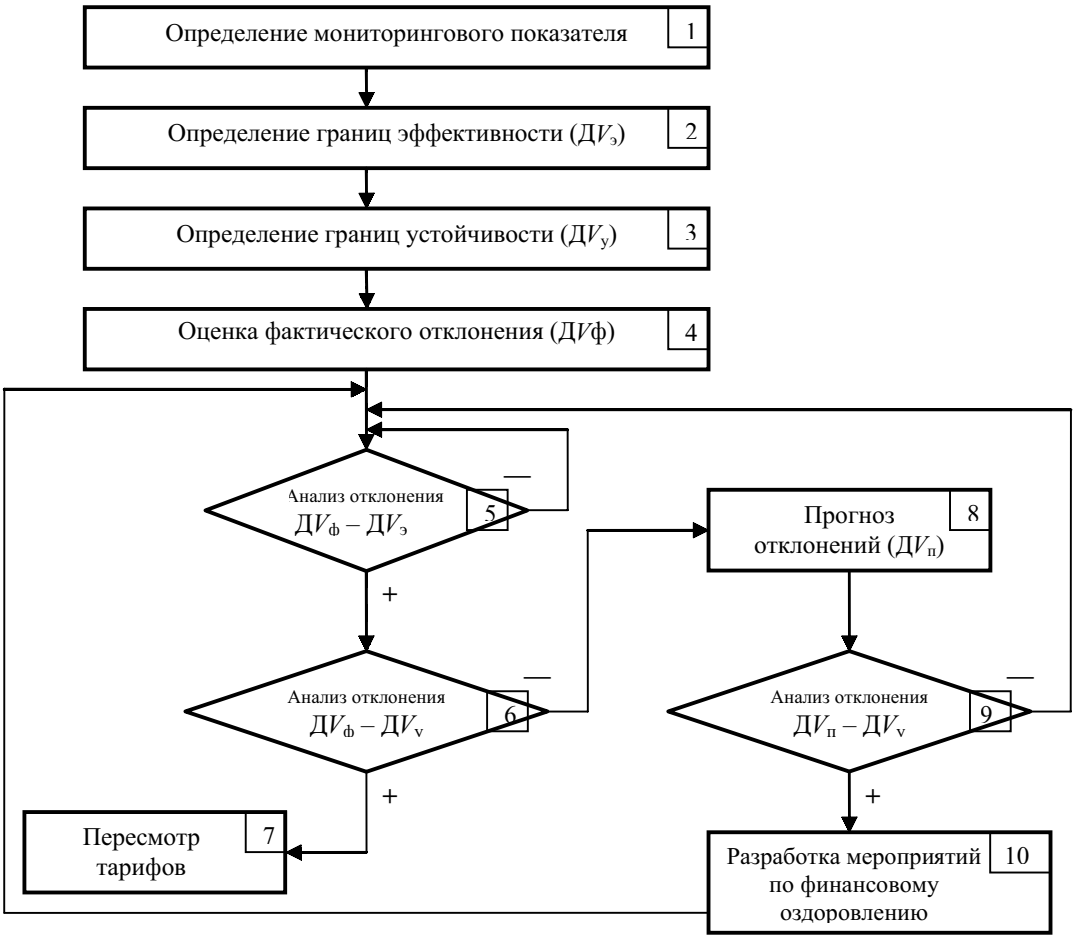


Рис. 3. Схема алгоритма мониторинга показателей выполнения плана развития предприятия

Yu. V. Erygin, E. V. Kyrova

THE IMPROVEMENT OF INSTRUMENTS OF GOVERNMENT CONTROL OF ELECTRICAL ENERGY'S TRAFFYS FOR PLANT FACTILITIES

It is considered the problems of stimulating of development of plant facilities on basis of instruments of government control of electrical energy's tariffs.

УДК 658.1(075):338.24:378.11

О. В. Кононова, Л. В. Ерыгина

СТРУКТУРА И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОГО ВУЗА

Вводится понятие инновационного предпринимательского вуза, обосновывается процессный подход в управлении деятельностью инновационного предпринимательского вуза, предлагается классификация инноваций применительно к управлению процессом учебно-методической работой вуза, описываются принципы построения, структура, институциональные формы и схема управления учебно-методической работой инновационного предпринимательского вуза.

В условиях изменения требований рынка, сокращения государственного финансирования многие традиционные университеты начали активно разрабатывать новые стратегии своего поведения в меняющемся мире. Все эти стратегии направлены на повышение эффективности и гибкости деятельности университетов в условиях рыночной конкуренции. Одна из возможных стратегий заключается в использовании инноваций, что обеспечит конкурентоспособность и качество предлагаемых образовательных услуг.

Внедрение инноваций предполагает использование методологии, основанной на интеграции стратегического и инновационного менеджмента, качественно новом подходе к управлению вузом, основанном на принципах стратегического управления и инновационного развития на корпоративном уровне. Сегодня инновационный процесс, по мнению ряда исследователей, должен рассматриваться как один из стратегических процессов организации и одновременно как важный аспект предпринимательской деятельности.

Сравнительный анализ трактовок понятия предпринимательской деятельности как экономической категории, позволил сделать вывод, что под предпринимательской деятельностью следует понимать желание и способность предприятия своевременно оценивать и активизировать свой инновационный потенциал. Обоснование данного подхода к сущности предпринимательства можно найти у классиков и современных авторов. Классики инновационную деятельность определяют как особую предпринимательскую функцию, современные исследователи – как инициативную деятельность субъекта бизнеса, самостоятельно предпринимающего усилия по созданию продукции, оказанию услуг. Характеристика «предпринимательская», употребляемая по отношению к организации, определяет способ управления и тип связей, установленный в организации, означает предприимчивость, инициативность в освоении и внедрении новшеств, т. е. инновационность. Таким образом, было установлено, что «предпринимательской организацией» можно считать организацию, постоянно инициирующую (предпринимающую) изменения в своей системе управления, позволяющие ей активно функционировать в новых условиях, создаваемых внешней средой. Такое понимание данного термина дает основание применять понятие предпринимательства и к деятельности образовательных организаций.

Анализ научных публикаций (Б. Кларк , Г. Ф. Шафранов-Куцев, А. О. Грудзинский, Е. А. Князев, Ю. Б. Рубин, П. Шульте, А. Гавриков и др.) показал наличие различных интерпретаций понятия «предпринимательский университет» [1–9]. Предпринимательский университет отличается от традиционного принципами, методами и способами внутреннего устройства и организации образовательной деятельности. Часто термин предпринимательский используется как синоним или расширение понятия «инновационный университет». В результате анализа и сопоставления существующих определений в работе введено и обосновано использование термина «инновационный предпринимательский вуз». Термин решает создавшуюся в литературных источниках ситуацию с разночтением понятий предпринимательский и инновационный применительно к образовательным учреждениям. Инновационный означает исследовательский характер деятельности вуза по всем основным направлениям. Предпринимательский – активность, предприимчивость в поиске и реализации эффективных форм реализации деятельности и управления ими. Использование термина вуз вместо университет явным образом устанавливает, что инновационным и предпринимательским может быть любое учреждение высшего профессионального образования России: институт, академия, университет. Это позволит авторам научных работ избегать постоянных оговорок на тему широкого понимания ими термина университет.

Таким образом, *инновационный предпринимательский вуз* – это вуз, который способен в полной мере обеспечить исследовательскую и предпринимательскую составляющие деятельности на базе стратегического менеджмента, обладающий миссией и концепцией, в котором поощряются разнообразные инициативы сотрудников, направленные на развитие вуза.

Хотя классификацией инноваций занимались многие специалисты, очевидно, что социально-экономическое содержание инновации в вузе имеет значительные отличия и его следует рассматривать, опираясь на типологию инноваций в вузе. Было установлено, что для процесса учебно-методической работы инновационного предпринимательского вуза основными типами инноваций являются продуктовые инновации; технологические инновации; организационные инновации. В работе показано, что сегодня продуктовые инновации не могут превалировать в инновационной стратегии вуза, так как создают только временное конкурентное преимущество. Трансформация российских вузов в высшие учебные заведения инновационного предпринимательского типа пред-

полагает активное внедрение организационных и информационных инноваций на основе положений стратегического менеджмента. Привлекательность организационных инноваций для вуза состоит в том, что для них более важны управленческие и интеллектуальные ресурсы, чем финансовые. Информационными инновациями назовем технологические инновации, отражающие процессы информатизации управленческих и образовательных процессов в вузе. Таким образом, в работе предложены следующие определения инноваций применительно к учебно-методической деятельности вуза:

– организационные инновации – тип инноваций, относящийся к управляющим решениям и воздействиям, организационным структурам и системам управления, методическим подходам, выраженным в стандартах, нормах, нормативах и т. п.;

– информационные инновации – тип инноваций, относящийся к информатизации управленческих процессов и бизнес-процессов вуза.

Управление организацией может основываться на управлении процессами. Согласно ГОСТ Р ИСО 9001–2001, любая деятельность, использующая ресурсы предприятия и управляемая с целью преобразования входов в выходы, может рассматриваться как процесс [10]. Управление характеристиками отдельного процесса позволяет целенаправленно влиять на конечные результаты деятельности. Изменение характеристик процесса можно отождествить с инновационной деятельностью организации.

Один из принципов успешной инновационной деятельности – перманентность. Одноразовые инновации имеют тенденцию к быстрому заимствованию конкурентами, что постепенно приводит к потере приобретенных в результате инноваций конкурентных преимуществ. Для сохранения устойчивости на рынке организации необходимо постоянно поддерживать инновационную активность всех своих процессов. Поэтому процессы конкурентоспособной организации – инновационного предпринимательского вуза должны являться инновационными процессами, имеющими механизм динамической настройки к изменениям условий внешней и внутренней среды.

С точки зрения исследователей современного инновационного менеджмента Л. О. Евдокимовой, Л. С. Слесаревой, А. А. Трифиловой [11; 12] и др., на современном этапе развития рыночной инфраструктуры инновационный процесс должен рассматриваться как один из стратегических процессов предприятия, обеспечивая оптимальность институциональных и управляющих условий функционирования и развития. Фактически выделение какого-либо процесса в качестве стратегического позволяет сохранять и развивать инновационную активность этого процесса.

Основные области деятельности вуза – учебная, научная, учебно-методическая работа (УМР). Под УМР вуза подразумевается комплекс видов деятельности, направленный на разработку содержания обучения – одной из потребительских характеристик образовательной услуги: создание комплексного информационного и учебно-методического обеспечения учебного процесса; организацию аудиторной и самостоятельной работы студентов; методическую и законопроектную работу в общественных, коллегиальных органах и структурных подразделениях вуза, объединений вузов, системы ВПО.

Эффективностью и качеством организации процесса учебно-методической работы обеспечивается задача инновационного предпринимательского вуза по формированию конкурентных преимуществ за счет диверсификации и качества образовательных услуг. Качество образовательной услуги, в том числе в разрезе УМР, должно соответствовать лицензионным, аттестационным, аккредитационным требованиям государства и запросам потребителей (студенты и их родители, работодатели, общество в целом). Требования как государства, так и потребителя меняются. Следовательно, необходимы постоянные инновации, и вуз должен быть готов к ним. На основании этого был сделан вывод, что учебно-методическую работу вуза следует считать одним из стратегических, инновационных процессов вуза, а управление процессом УМР инновационного предпринимательского вуза можно осуществлять на основе принципов экономической заинтересованности, эффективности, технологичности управляемости, единства, доступности, перманентности.

Исследования зарубежных и российских научных источников показали, что успех управления стратегическим процессом связан с использованием институциональных факторов – мер по улучшению управления, преобразованию институтов и институциональных форм (правил, норм, установлений) управления [13]. Мерами по улучшению управления процессом УМР инновационного предпринимательского вуза, с нашей точки зрения, являются организационные и информационные инновации:

– разработка структуры управления УМР как инновационным стратегическим процессом, обеспечивающей условия для выявления творческого потенциала профессорско-преподавательского состава (ППС), интенсификацию труда учебно-научного и вспомогательного персонала университета, повышение эффективности использования материальных ресурсов;

– разработка институциональных форм управления инновационным процессом УМР: нормативно-методической и регламентирующей документации; количественных и качественных показателей; системы нормирования труда ППС в части УМР, направленные на конкретизацию и контроль выполнения нагрузки;

– информатизация управления процессом УМР.

Анализ состояния современной нормативно-методической базы управления учебно-методической работой в системе ВПО, лицензионных, аттестационных, аккредитационных требований государства к вузу показал отсутствие документов, позволяющих осуществлять управление процессом УМР как инновационным процессом. Законы и нормативные акты, другие инструктивные документы определяют в основном показатели результата деятельности вузов и обязанности ППС в части УМР и не затрагивают процессы их достижения. Не представлены требования потребителей образовательных услуг (студентов, работодателей и т. п.).

Необходимость инноваций в управлении признается многими вузами. Но в практике большинства вузов присутствуют только отдельные элементы системы управления УМР, системный, интеграционный подход к управле-

нию УМР отсутствует. Используемые организационные структуры и модели управления УМР не работают на развитие вуза, обеспечивая выполнение лишь единожды установленных задач. Это является следствием статичности используемых организационных структур управления, не имеющих механизмов, инициирующих постоянные изменения на всех уровнях оперативного и стратегического управления. Система и органы управления качеством УМР отсутствуют или не решают всех задач процесса. Модели организации процесса УМР, даже реализованные на основе информационных инноваций и как часть корпоративной системы управления, предполагают в основном контроль факта выполнения нагрузки УМР, а не его сроков и качества. В планировании нагрузки и анализе состояния обеспеченности операционному ядру процесса УМР (преподавателям, кафедре) придается второстепенное значение.

Поэтому разработка структуры и институциональных форм управления УМР как стратегическим процессом позволит создать условия для проявления творческой активности всех субъектов процесса, развитие и финансовую стабильность инновационного предпринимательского вуза, соблюдение требований государства и потребителей к образовательной услуге.

Построение эффективного управления процессом УМР в инновационном предпринимательском вузе подразумевает снижение издержек, затрачиваемых на этот процесс вузом ранее (принцип эффективности), поэтому первый, предварительный шаг – оптимизация списка дисциплин вуза. Оптимизация заключается в объединении дисциплин, совпадающих по содержанию более чем на 70 %, в группы и приведении им в соответствие единых учебно-методических комплектов дисциплин (УМКД). Работа по объединению дисциплин в группы приводит к многократному сокращению списка дисциплин и соответственно УМКД, снижению издержек на достижение задач стратегического процесса УМР вуза, диверсификации расходов на приобретение учебной литературы.

Следующим шагом является создание структуры управления, так как решение задач УМР как стратегического процесса вуза невозможно без ревизии управления. Согласно мнению Н. П. Макарина, О. Б. Томилина, этот шаг необходим для определения вектора развития и содержания новой концепции системы управления университетом, а отнюдь не как мероприятие по улучшению деятельности старых управленческих структур. Структура управления процессом УМР инновационного предпринимательского вуза, сохраняя верность академическим традициям, предполагает использование принципов построения структуры управления стратегическим процессом УМР: децентрализацию и усиление горизонтальных связей; введение элемента проектной деятельности; введение элемента предпринимательской деятельности; инновационность деятельности – направленность на постоянные изменения.

Структура управления процессом УМР инновационного предпринимательского вуза, с нашей точки зрения, и в соответствие с теорией Г. Минцберга, представляет собою три уровня управления обеспечивающих инициативу сотрудников с учетом стратегических интересов вуза, (рис. 1).

Так, основными участниками стратегического процесса УМР инновационного предпринимательского вуза являются подразделения «операционного ядра». Особенностью уровня «операционного ядра» является появление институтов оперативного управления и самоуправления, реализующих введение элементов проектной и инновационной деятельности – института ответственных за УМКД/УМКС и института референтов кафедр. Основной функцией ответственного за УМКД/УМКС является координация творческой деятельности группы преподавателей дисциплины, направленной на развитие учебно-методической и информационной базы вуза. Цель создания института референтов кафедр – обеспечение государственных требований и требований получателей образовательных услуг к уровню библиотечного и информационного обеспечения учебного процесса.

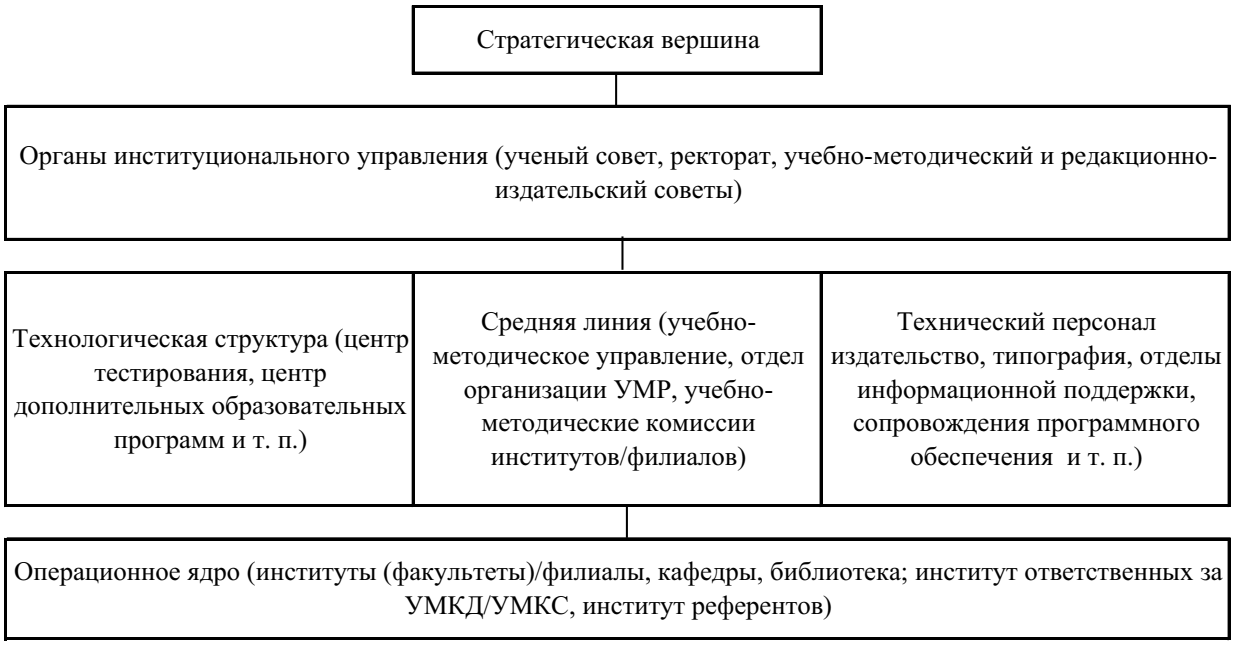


Рис. 1. Структура управления процессом УМР инновационного предпринимательского вуза

Развитие предпринимательской деятельности подразделений «операционного ядра» подразумевает определенную независимость, самостоятельность их функционирования в рамках процесса планирования, выборе технологий и методов реализации планов и т. п. Поэтому уровень «операционного ядра» структуры управления процессом УМР может быть организован по дивизиональному принципу. В этом случае каждый институт будет иметь полномочия и возможности собственного варианта реализации общей политики университета в области УМР, неся при этом полную ответственность за результаты своей деятельности. Предпринимательский подход к управлению, развитие децентрализации и автономии также стимулирует инициативность и появление навыков управления у сотрудников «операционного ядра».

Для оперативного и стратегического управления учебно-методической работой на уровне «средней линии» и «стратегической вершине» создается система коллегиальных органов: учебно-методические комиссии институтов, учебно-методический совет университета, редакционно-издательский совет. Работа органов основана на постоянном взаимодействии (вертикальные и горизонтальные связи) и заключается в непосредственном участии в планировании, определении приоритетов и стратегических целей, установлении стандартов качества результатов процесса УМР.

Управление УМР как стратегическим процессом инновационного предпринимательского вуза определяет выбор институциональных форм управления: система стандартов организации в соответствии с требованиями СМК, количественные и качественные показатели процесса, комплексное использование повременной и сдельной форм оплаты труда. Стандартизация является инструментом повышения качества результатов труда преподавателей, важнейшим элементом СМК вуза, позволяет поставить учебно-методическую работу всех подразделений вуза на единую методологическую основу (принцип единства) и соответственно снизить трудозатраты преподавателей (принцип эффективности), определить функции отдельных элементов структуры управления процессом УМР и связи между ними.

К процессу создания показателей процесса УМР могут быть привлечены все заинтересованные стороны, а именно преподаватели, студенты и администрация вуза. Требования государства должны быть представлены требованиями, предъявляемыми при комплексной оценке деятельности высшего учебного заведения. Планирование и оценку результатов учебно-методической работы предлагается производить на основании качественных показателей (критериев). Критерии позволяют определить необходимость разработки на этапе планирования и оценить качество полученных результатов.

Критерии формирования тематического плана подготовки рукописей используются при утверждении учебно-методической нагрузки на текущий учебный год и определяют приоритеты университета в развитии учебно-методического обеспечения, перспективность развития соответствующей образовательной программы в университете, возможность коммерческой реализации издания на внешнем по отношению к университету рынке, издательские нормы для автора.

Критерии отбора изданий при комплектовании библиотечного фонда основной учебной литературы (современность, познавательность, системность изложения, последовательность, достаточность, дифференцируемость) используется референтами кафедр и сотрудниками библиотеки вуза. Критерии оценки рукописи учебного издания позволяют оценить качество разработок, а также используется при аттестации ППС университета, конкурсах, оценке учебно-методической работы подразделений.

Появление количественных показателей связано с использованием принципа эффективности управления содержанием учебного процесса, который предполагает, что любое вложение финансовых ресурсов в процесс УМР должно быть обоснованным и работать с максимальной отдачей (таблица). Поэтому в инновационном предпринимательском вузе должен осуществляться постоянный мониторинг, контроль и анализ процесса (принцип перманентности).

Нормирование так называемой второй половины дня – учебно-методической работы преподавателя – производится на основе разработанного нормативного документа «Нормы времени для расчета труда преподавателя». Эффективное и оптимальное планирование невозможно без нормативов, определяющих верхнюю (достаточный объем) и нижнюю границы (необходимый объем) работ каждого вида. Важными потребительскими качествами учебных разработок как товара является их содержание, объем и стоимость. Стоимость учебных разработок ППС прямо пропорциональна их объему и является частью стоимости образовательной услуги, предоставляемой вузом. Установление значений минимального и максимального объемов разработок гарантирует качество содержания товара, ограничивает рабочее время преподавателей, отводимое под УМР, и объем инвестиций вуза (типографские расходы и т. п.). Комплексное использование повременной и сдельной форм оплаты труда как действенных инструментов осуществления управленческих воздействий направлено на повышение эффективности процесса УМР инновационного предпринимательского вуза.

Управление процессом УМР инновационного предпринимательского вуза можно представить схематично (рис. 2). Основу управления процессом составляют функции организации, планирования, контроля, анализа и координации, основанные на данных мониторинга.

Следует отметить новизну представленной модели. Впервые управление учебно-методической деятельностью всех учебных подразделений инновационного предпринимательского вуза предлагается проводить с использованием мониторинга на основе информационных инноваций. Большинство задач планирования и мониторинга (оценки) качества процесса, своевременности выполнения работ решаются не на административном уровне, а на уровне операционного ядра – института с учетом общей нагрузки каждого из учебных подразделений института и потенциала каждого преподавателя кафедры. Обратным контуром управления процесса УМР является Приказ «Об основных итогах образовательной деятельности вуза».

Предлагаемые в статье структура, институциональные формы, схема управления процессом УМР прошли ус-

пешную апробацию во Владивостокском государственном университете экономики и сервиса (ВГУЭС), избравшем стратегию инновационного предпринимательского вуза. Университету удалось достичь значительного увеличения значений количественных показателей процесса и качества учебно-методических разработок. Гибкость организационной структуры управления, использование комплекса институциональных форм управления УМР, обеспечивающих творчество, инициативу, самоуправление операционного ядра вуза: инициирование измене-

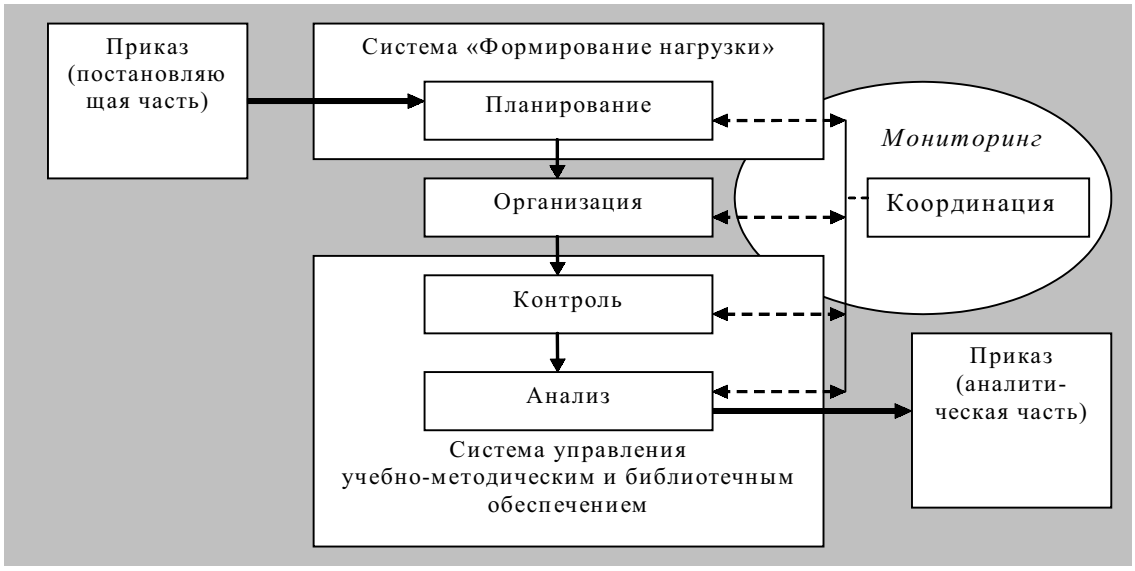


Рис. 2. Функциональная модель управления процессом УМР

Количественные показатели стратегического процесса УМР

Показатели результата	План/факт (ед. измерения)	Расчетная формула, план	Расчетная формула, факт
Число разработок (n)	Количество каждого i-го вида (штуки)	n_i, устанавливается в плановом порядке	Эмпирически
Из них выполненных без возврата (k)		$k_i = n_i$	
Из них выполненных вовремя (p)		$p_i = n_i$	
Число возвратов на доработку (r)		$r_i = 0$	
Выходная дисциплина поставок (D)	Дисциплина поставок, %	$D_i = 100$ %	$D_i = \frac{p_i}{n_i} \times 100$
Выходное поставляемое качество (Q)	Качество продукта, %	$Q1_i = 100$ % $Q2_i = 0$ %	$Q1_i = \frac{r_i}{n_i} \times 100$ $Q2_i = \frac{n_i - r_i}{n_i} \times 100$
Комплектность (полнота УМКД и УМКС) (C), w_j – весовой коэффициент элемента, %; l – количество элементов УМКД/УМКС	Уровень полноты, %	$C_i = 100$ %	$C_i = \sum_{j=1}^{l} w_j$
Комплектность общая (CC), m – количество дисциплин k – из них новых	Уровень полноты, %	$CC = 100$ % или $CC = \frac{(m-k)\ 100}{m}$	$CC = \frac{\sum_{i=1}^{m} C_i}{m}$ или $CC = \frac{\sum_{i=1}^{m-k} C_i}{m-k}$
Трудозатраты (t)	Количество времени, ч	Согласно нормативам и нормам времени	Согласно нормам времени
Трудозатраты (v)	Объем разработок каждого вида		Эмпирически

ний в системах нормирования, оценки и оплаты труда преподавателей, стандартах и нормативах, разработка инновационных видов обеспечения учебного процесса, гарантировали перманентность инноваций процесса УМР. Данный опыт может быт успешно применен в практике других вузов РФ.

Библиографический список

1. Грудзинский, А. О. Университет как предпринимательская организация / А. О. Грудзинский // Социологические исследования. 2003. № 4. С. 113–121.

2. Предпринимательские университеты в инновационной экономике / под общей ред. проф. Ю. Б. Рубина. М. : ООО «Маркет ДС Корпрейшн», 2005. 402 с.

3. Европейский консорциум инновационных университетов [Электронный ресурс] Электрон. дан. Режим доступа : http://www.eciu-org.itorg.auc.dk/profile. Загл. с экрана.

4. Развитие стратегического подхода к управлению в Российских университетах / под ред. Е. А. Князева. Казань : Унипресс, 2001. 528 с.

5. Управление в высшей школе: опыт, тенденции, перспективы. Аналитический доклад [Текст] / рук. авт. коллектива В. М. Филиппов. М. : Логос, 2005. 540 с.

6. Управление современным университетом : моногр. / под. общ. ред. проф. Г. И. Лазарева. Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2005. 324 с.

7. Шафранов-Куцев, Г. Ф. Инновации в вузовском управлении в условиях реформы / Т. Ф. Шафранов-Куцев // Университетское управление: практика и анализ . 1998. № 4 (7).

8. Гавриков, А. Региональные университеты [Электронный ресурс] / А. Гавриков. Режим доступа: http://www.eed.ru/opinions/o_26.html. Загл. с экрана.

9. Clark, B. R. Creating entrepreneurial universities organizational pathways of transformation. Issues in Higher Education / B. R. Clark. Paris IAU Press Pergamon, Elsevier Science, 1998.

10. ГОСТ Р ИСО 9000–2001 Система менеджмента качества. Основные положения и словарь. М. : Изд-во Госкомстандарта, 2001.

11. Евдокимова, Л. О. Инновационный менеджмент : учеб. пособие / Л. О. Евдокимова, Л. С. Слесарева. СПб. : ООО «Андреевский издательский дом». 2005. 68 с.

12. Трифилова, А. А. Оценка эффективности инновационного развития предприятия / А. А. Трифилова. М. : Финансы и статистика. 2005. 302 с.

13. Райзенберг, Б. А. Словарь современных экономических терминов / Б. А. Райзенберг, Л. Ш. Лозовский. М. : Айрис-пресс, 2006. 480 с.

O. V. Kononova, L. V. Erygina

THE STRUCTURE AND INSTITUTIONAL FORMS OF METHODICAL WORK ADMINISTRATION IN THE INNOVATE ENTEPRENEURIAL UNIVERSITY

The concept of innovative enterprise high school is entered; the process approach in the innovative enterprise high school management activity is proved; innovations classification with reference to management of high school methodical work process is offered; principles of construction, structure, institutional forms and management scheme of the innovative enterprise high school methodical works are described.

УДК 338.262

И. В. Филько, Л. В. Ерыгина

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ И МЕТОДОВ БЮДЖЕТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Анализируется существующая система планирования на предприятиях хлебопечения, выявляются ее недостатки. С учетом отраслевых особенностей предлагаются направления совершенствования инструментов и методов бюджетного планирования.

В настоящее время хлебопекарная промышленность России объединяет свыше 25 тыс. предприятий. Совокупная доля отрасли в общем объеме промышленного производства постоянно увеличивается. Продукция предприятий хлебопекарной промышленности занимает значительную долю в рационе потребления продуктов питания.

Финансово-экономическое состояние предприятий напрямую зависит от эффективности системы внутрифирменного планирования. Данная зависимость усиливается тем обстоятельством, что вследствие законодательного ограничения цен на хлебопекарную продукцию, администрация предприятий вынуждена искать внутренние пути повышения эффективности деятельности, рентабельности, деловой активности. Стремление к разработке системы планирования, адекватно отвечающей требованиям рыночной экономики, привело руководство многих хозяйствующих субъектов к внедрению системы бюджетирования.

Однако незначительное количество предприятий пищевой промышленности смогли эффективно использо-

вать все потенциальные возможности бюджетирования, поскольку в большинстве случаев внедрение системы бюджетирования производится фрагментарно и без учета особенностей отраслевой специфики. Поэтому разработка методики бюджетного планирования, учитывающей особенности финансово-хозяйственной деятельности хлебопекарных предприятий, является весьма актуальной.

Технология бюджетного планирования в значительной мере определяется отраслевой принадлежностью. Учитывая специфику отрасли, система бюджетирования, применяемая на предприятиях хлебопекарной промышленности, должна обеспечивать формирование бюджетов сбыта, производственную программу; учитывать особенности сырья и готовой продукции, контролировать сроки годности, корректировать рецептуры; планировать себестоимость продукции по сложным, многоэтапным технологическим процессам; осуществлять мониторинг фактических затрат и проводить анализ распределения накладных расходов.

При проектировании системы бюджетирования практически сразу встает вопрос о том, какую информацию использовать в качестве базы для расчета плановых показателей. На первый взгляд кажется логичным обратиться к существующей в организации бухгалтерской системе. В результате введенные бухгалтерией объекты учета автоматически становятся объектами планирования, а характеристики движения активов и пассивов – плановыми показателями.

Приняв во внимание, что наиболее распространенными объектами учета являются подразделения организации (ее функциональные звенья), автоматически формируется система планирования, регулирующая распределение ресурсов по функциональным блокам. Ответить же на вопрос, рациональны ли затраты, понесенные на выполнение функции, обычно не представляется возможным. Планирование перерождается в борьбу между подразделениями при распределении затрат, величина которых на их взгляд определяет значимость этого подразделения. При такой постановке вопроса о борьбе за сокращение издержек не может идти и речи. Зная только место возникновения затрат, трудно принять решения о целесообразности повышения или снижения затрат, о перерасходе или экономии денежных средств отдельно взятым отделом.

Применяемая, как правило, при составлении бюджета производственных затрат детализация по видам продукции и далее по статьям затрат приводит к чрезвычайному усложнению его структуры, особенно для предприятий, выпускающих сотни ассортиментных наименований продукции и, следовательно, значительно ухудшает качество контроля за расходом ресурсов. Оценка эффективности эксплуатации оборудования, обоснованность объемов расхода материалов становится чрезвычайно трудоемкой задачей. Нормативы расхода ресурсов всегда будут выше, чем необходимо на самом деле, особенно актуальна эта проблема для предприятий с непрерывным производственным циклом (электроэнергетика, пищевая промышленность). При установлении норм часто используется опытно-статистический метод, заключающийся в установлении норм на основе фактических данных о затратах труда или материалов на единицу в прошлом периоде. При этом не проводится анализ факторов, повлиявших на повышенный расход ресурсов, не обеспечивается выявление и использование внутрипроизводственных резервов.

Альтернативный путь – переход на процессно-ориентированную систему планирования (планирование отдельных производственных мероприятий с последующим определением суммарных характеристик). Принципиальное отличие процессно-ориентированного бюджетирования от традиционного заключается в планировании затрат, исходя из перечня выполняемых работ и их объемов. Исходным объектом планирования выступает при этом бизнес-процесс – конкретное мероприятие, необходимое для обеспечения производственной деятельности. Бизнес-процесс обычно связан с операционными задачами и бизнес-отношениями и может осуществляться как в пределах одного организационного подразделения, так и охватывать несколько подразделений в рамках организации или даже нескольких различных организаций.

Для предприятий хлебопекарной промышленности процесс производства заключается в преобразовании сырья (муки, дрожжей, воды и т. п.) в готовую продукцию – хлебобулочные и кондитерские изделия. Производственный процесс осуществляется путем поэтапного воздействия на предмет труда (сырье, заготовки, материалы) с помощью средств труда (машин, аппаратов, инструментов) с целью получения готовой продукции.

В качестве признака декомпозиции производственных процессов необходимо использовать производственный агрегат, который представляет собой совокупность оборудования и обслуживающих его рабочих. В разрабатываемой системе бюджетирования целесообразно выделение шести этапов производственного процесса (рис. 1). К каждому из этапов жестко «привязаны» как конкретное оборудование, так и исполнители – рабочие. Следовательно, при планировании затрат по этапам производственного процесса контроль за использованием ресурсов значительно упрощается. При этом появляется возможность распределения косвенных затрат на себестоимость продукции не в зависимости от объемов выпуска или затрат на оплату труда, а непосредственно от времени использования оборудования и рабочего времени исполнителей в каждом конкретном процессе, что позволяет получить более точный расчет финансового результата.

Таким образом, на каждый этап производственного процесса необходимо разработать бюджет. Далее на основе бюджетов прямых производственных затрат каждого этапа производственного процесса и бюджета прямых материальных затрат формируется бюджет производственных затрат. Структура сводного бюджета предприятия представлена на рис. 2.

Алгоритм разработанной методики бюджетного планирования представлен на рис. 3, он включает в себя двадцать этапов.

На *первом этапе* выявляются факторы, оказывающие влияние на формирование производственной программы. В ходе исследования выделены следующие факторы: спрос на производимую продукцию; наличие производственных мощностей; фонд рабочего времени оборудования и производственных рабочих; объем имеющихся материальных и финансовых ресурсов.

Согласно проведенному исследованию, наибольший удельный вес в структуре затрат на хлебобулочные изделия занимают производственные затраты. Для определения основных направлений снижения производственных затрат, необходимо выявить факторы, влияющие на размер данных затрат – второй этап. Это позволит в дальнейшем разработать мероприятия по минимизации производственных затрат.

На *третьем этапе* выявляются объекты планирования производственной программы. В хлебопечении развернутая номенклатура выпускаемых изделий достаточно велика и может составлять от нескольких десятков до сотен наименований. При этом некоторые изделия являются взаимозаменяемыми или же отличаются только весом. Таким образом, в качестве объекта планирования производственной программы целесообразно использовать не каждое наименование номенклатуры, а групповую номенклатуру. В группы необходимо объединить схожие по рецептуре, взаимозаменяемые изделия.

На *четвертом этапе* составляется прогноз продаж продукции в разрезе выявленных номенклатурных групп. Для этой цели предлагается использовать аддитивную модель продаж, учитывающую данные за предыдущие 24 месяца и позволяющую определить сезонный характер продаж. Формула аддитивной модели прогноза продаж имеет следующий вид:

$$A = T + S + E,$$

где A – прогнозируемое значение; T – тренд; S – сезонная компонента; E – ошибка прогноза, которая вычисляется по уравнению тренда и используется для оценки качество прогноза.

На *пятом этапе* выявляют основные этапы процесса производства продукции (рис. 1).

На *шестом этапе* определяют нормативные значения по показателям, влияющим на размер производственных затрат. После того как нормативы установлены, они являются постоянными величинами и не подлежат изменению. К числу таких показателей следует отнести расход материалов на единицу готовой продукции; уровень оплаты труда за 1 человеко-час; трудоемкость продукции; стоимость электроэнергии; часовая производительность оборудования; норма потребления электроэнергии за 1 ч работы оборудования и т. д.

На *седьмом этапе* определяют критерий оценки бюджета производственных затрат. Учитывая особенности хлебопекарных предприятий, выявленные факторы, влияющие на размер производственных затрат, предлагается использовать минимум производственных затрат при заданных объемах производства продукции по номенклатурным группам.

На *восьмом этапе* составляется бюджет производства, который представляет собой план выпуска продукции по видам в натуральных показателях.

На *девятом этапе* рассчитывается потребность в сырье. Издержки на текущие запасы возникают по той причине, что каждое предприятие с целью бесперебойного функционирования должно поддерживать минимальные страховые запасы. С другой стороны, текущие расходы на запасы должны также включать складские

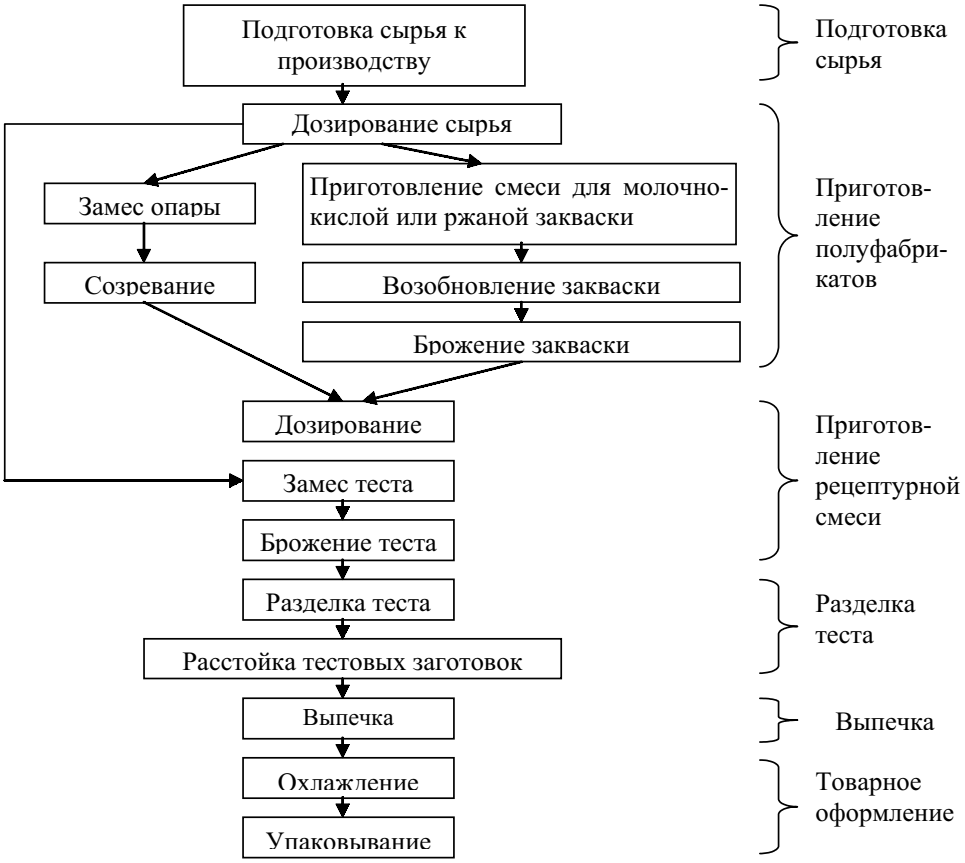


Рис. 1. Основные этапы процесса производства хлебобулочных изделий

издержки, издержки на страхование, порчу товара, хищения и пр.

На *десятом этапе* составляется бюджет прямых материальных затрат, который включает расходы, связанные с приготовлением рецептурной смеси, и служит основой для составления бюджета производственных запасов – *этап одиннадцатый*. В бюджете производственных запасов отражаются сроки закупки, виды и количества сырья, материалов и полуфабрикатов, которые были установлены на *девятом этапе*. Использование материалов определяется бюджетом производственных затрат и предполагаемыми изменениями в уровне материальных запасов. Умножая количество единиц материалов на оценочные закупочные цены на эти материалы, получают бюджет производственных запасов.

На *двенадцатом этапе* составляются бюджеты прямых производственных затрат каждого этапа производственного процесса. В структуру бюджета каждого этапа

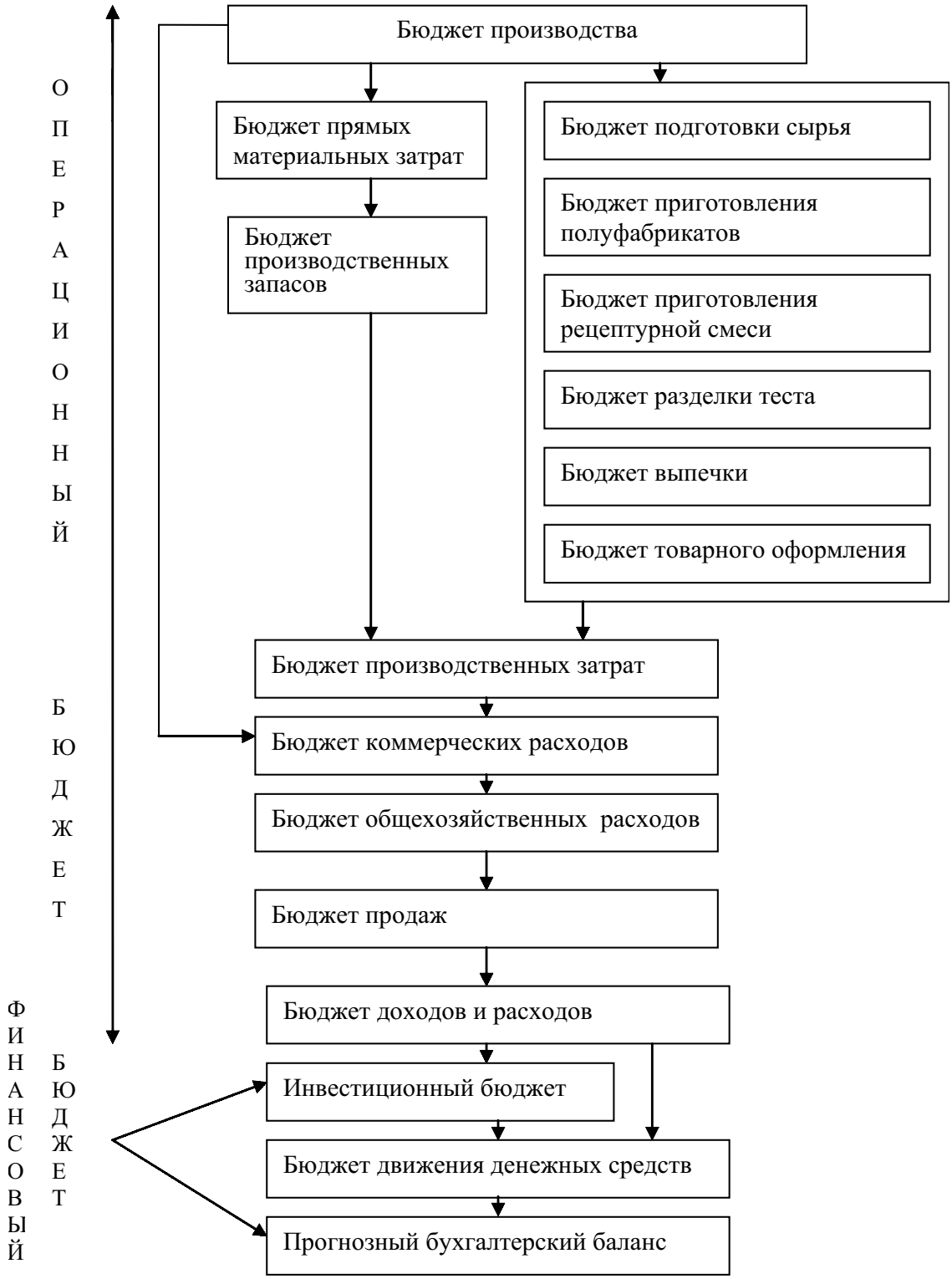


Рис. 2. Структура сводного бюджета хлебопекарного предприятия

входят оплата труда персонала, обслуживающий данный этап, затраты электроэнергии на его выполнение, амортизационные отчисления на основные средства производства, расходы на ремонт и пр.

Затраты, которые нельзя напрямую отнести к определенному виду продукции (косвенные затраты), распределяются пропорционально прямым производственным затратам.

На *тринадцатом этапе* оптимизируется загрузка производственного оборудования. На хлебопекарных предприятиях ведущей машиной является хлебопекарная печь, так как она определяет производительность всего

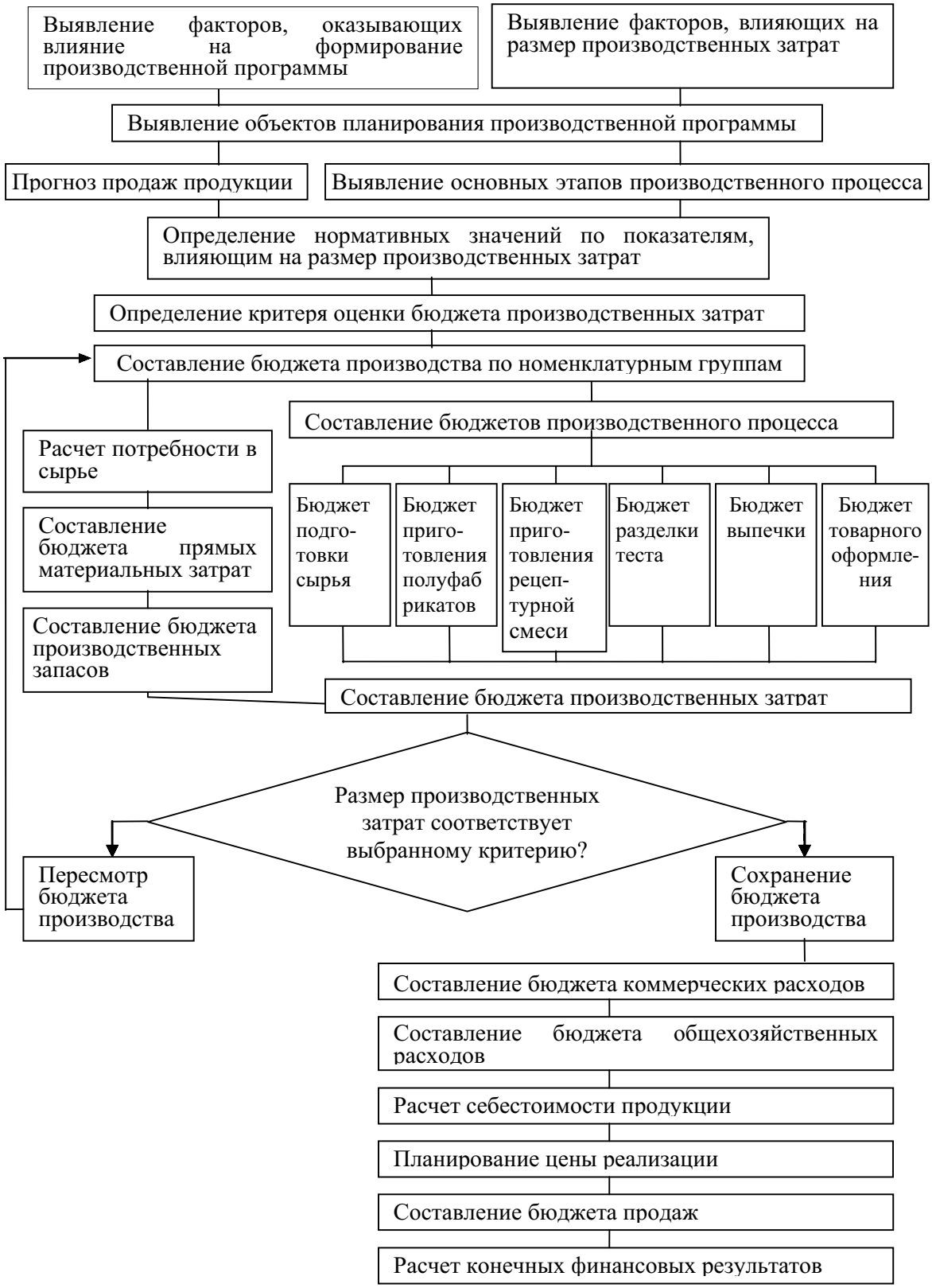


Рис. 3. Алгоритм методики бюджетирования на хлебопекарных предприятиях

производственного процесса, выполняет наиболее важную и трудоемкую работу. Учитывая, что печи являются ведущим оборудованием, в данной методике предлагается использовать критерий минимума затрат на этапе выпечки продукции.

На *четырнадцатом этапе* на основе бюджета прямых материальных затрат и бюджетов этапов производственного процесса составляется бюджет производственных затрат. Для этого предлагается использование имитационной модели, которая включает следующие компоненты: бюджет прямых материальных затрат, бюджет подготовки сырья, бюджет приготовления полуфабрикатов, бюджет приготовления рецептурной смеси, бюджет разделки теста, бюджет выпечки, бюджет товарного оформления.

Целевая функция модели имеет следующий вид:

$$\sum_{i}^{n} \text{Зп} = V_I \cdot \text{УР}_I \cdot \text{ЦМ} + (\text{Нэ}j \cdot \text{Цэ} +$$

$$+ \text{ОТ}j \cdot \text{УТЕ}_I \cdot \text{По}j + \text{Ач}) \cdot (V_I / \text{По}j) + \text{КЗ}_I,$$

где Зп – производственные затраты, руб; V_I – объем производства *I* продукции, т; УР_I – расход материалов на 1 т готовой продукции, т; ЦМ – стоимость материалов, руб.; Нэ*j* – норма потребления электроэнергии за 1 ч. работы *j* оборудования, кВт/ч; Ц э – стоимость электроэнергии, руб. /кВт; ОТ*j* – уровень оплаты труда за 1человеко-час *j* процесса, руб.; УТЕ_I – трудоемкость продукции, человеко-час/т; По *j* – часовая производительность *j* оборудования, т/ч.; Ач – сумма амортизационных отчислений в расчете на 1 ч работы *j* оборудования, руб.; КЗ_I – косвенные затраты, руб.

Модель позволяет формировать различные варианты бюджета производственных затрат в зависимости от ассортиментных соотношений продукции в планируемой номенклатурной группе. Из полученных бюджетов выбирается один, удовлетворяющий заданному критерию.

На *пятнадцатом этапе* составляется бюджет коммерческих расходов. В бюджете коммерческих расходов детализируются все предполагаемые расходы, связанные со сбытом продукции в плановом периоде. Расчет коммерческих расходов должен соотноситься с объемом продаж.

На *шестнадцатом этапе* составляется бюджет общехозяйственных расходов, который представляет собой детализированный план текущих операционных расходов, отличных от расходов, непосредственно связанных с производством и сбытом, и необходимых для поддержания деятельности предприятия в целом. Большинство элементов этого бюджета составляют постоянные затраты.

На *семнадцатом этапе* на основе подготовленных операционных бюджетов можно рассчитать себестоимость продукции. Себестоимость продукции складывается из производственных, коммерческих и общехозяйственных расходов. При этом коммерческие расходы распределяются по видам продукции пропорционально объемам производства, общехозяйственные – пропорционально производственным затратам.

На *восемнадцатом этапе* планируется цена реализации продукции. Поскольку спрос на хлебобулочные изделия не является эластичным, цену реализации целесообразно устанавливать с учетом цен конкурентов, плановой себестоимости продукции и нормативной прибыли.

На *девятнадцатом этапе* составляется бюджет продаж. В бюджете продаж отражаются доходы от продаж (выручка от реализации), плановый объем и структура продаж.

Двадцатый этап включает расчет конечных финансовых результатов. На данном этапе формируется бюджет доходов и расходов предприятия, бюджет движения денежных средств, и разрабатывается прогнозный бухгалтерский баланс для предприятия в целом. Именно на этом этапе руководство должно решить, принять предлагаемый общий бюджет или изменить планы и пересмотреть отдельные его части. Прогнозный бухгалтерский баланс формируется на основе бюджета доходов и расходов, инвестиционного бюджета, бюджета движения денежных средств и баланса на начало бюджетного периода. Расхождение в прогнозах активной и пассивной частей баланса дает представление о нехватке (избытке) финансирования.

Таким образом, применение методики бюджетного планирования с использованием процессно-ориентированного подхода с калькулированием затрат, исходя из особенностей процесса производства, позволяет минимизировать производственные затраты путем оптимизации использования производственного оборудования, определения минимального размера складских запасов, вариаций ассортиментных соотношений; уменьшить сумму косвенных затрат; возложить ответственность и учет на работников в процессе использования сырья и материалов; улучшить контроль на предприятии; повысить экономические показатели деятельности предприятия.

I. V. Filiko, L. V. Erygina

PERFECTION ON THE BUDGETING PLANNING TOOLS AND METHODS AT THE BAKING INDUSTRY ENTERPRISES

The existing planning system at the baking industry enterprises is analyzed, its lacks come to light. In view of branch features budgeting planning tools and methods perfection directions are offered.

УДК 316.72

В. И. Замышляев

ИСТОРИКО-СОЦИАЛЬНЫЕ СУБЪЕКТЫ КУЛЬТУРЫ В РОССИИ В XVIII в.

Рассматривается конкретно-историческая онтологизация субъектов русской культуры во взаимодействии государства (имперской власти), религии (православной церкви) и народа (крестьянства).

«Бунташный» XVII в. сменился веком государственных преобразований, дворцовых переворотов, светского и религиозного разномыслия, просвещенческих утопий, философией «совершенного общесоветия», «человека, его смерти и бессмертия». Одним словом, XVIII в. – это время имперского сознания с «набегами» на Запад.

Следуя избранной нами методологии триадичности субъекта культуры в диалектическом единстве государства, религии, народа, рассмотрим трансформации и модернизации этих объектов-субъектов в имперском статусе. Московское царство, конечно, было почвой Санкт-Петербургского самодержавного правления. Но сменились, однако, идеологемы государственного самосознания. На место предыдущих «Святой Руси» и «Третьего Рима» встали концепции имперской Великой России. Порожденная «морским узлом» креативная субъектность дала обильные результаты во всех сферах государственного имперского развития.

Забегая вперед, вспомним о теории типологии культур Н. Я. Данилевского, одна из идей которого – суть «многосоставная культура», представляющая самостоятельную государственность и политику, мировую религию, развитое хозяйство и сложившиеся духовно-нравственные традиции, что в полноте своей и называется локально-региональной цивилизацией.

В Московском царстве не было еще разносторонности цивилизационных проявлений, хотя самобытность уже сложилась и русская нация идентифицировалась в завершение XVII в. Санкт-Петербургское имперское «рождество» Петра I достроило и во многом преобразовало составные части государства.

Другая идея и деяние Петра I, потрясшие общественную жизнь страны, – это смена летоисчисления. Упорядоченность человеческой жизни целиком зависит от онтологически упорядоченного времени. Пространство и время переживается нами не абстрактно, а конкретно: вспомним диалектическую категорию «от абстрактного к конкретному», исторически примененную в социальной философии.

Культура живет, развивается в конкретных координатах пространства и времени. Изменение этих «указателей» не может не повлиять на умонастроение людей и на всю систему религиозно-социальных отношений. Не случайно старообрядцы называли Петра I главным «нехристем», после чего в России стало «две церкви» и «два порядка». Это повлияло и на раскол в культуре: на прежнюю (вотчинную, домовито-усадебную и монастырскую) и новую (просветительную, промышленную, военную).

Исторически значимой, переворотной в судьбе государства была и живая политика в нем. Именно с Петровской эпохи политика становится уделом не только царского двора, но и всего сословия, и даже всего населения, призванного на службу государству. Идея служения Богу ставится ниже служения имперскому Государству. Возвысившаяся власть десакрализует самое себя. Политическая воля структурирует иерархические отношения в стране, централизует и дисциплинирует все сословия. Полносоставие государства достраивается созданием армии и, следовательно, формированием внешней политики, которой не может быть в державной мере без внутренней силы. «Внутреннее» и «внешнее» диалектически взаимодействуют и служат общей цели – суверенности страны и ее культуры.

При Петре I появилось много «политических новиков» как следствие развернутой государственной политики, развития социальных институтов, отраслей промышленности, сферы военного дела и необходимой системы образования. Чем больше масштаб развития государства, тем многочисленнее аппарат управления или популяция «политических новиков», как в истории Петра I.

Кадровый состав «птенцов гнезда Петрова» был пестрым по социальному происхождению – от «торгующих пирожками» до «баронов», но основным служебно-государственным движителем оказалось мелкое и среднее дворянство. Иерархически-служебная субъектность явила новые фамилии-персоналии по заслугам перед государством, а не по родовитости их происхождения. Знатные, аристократические имена «бородатых людей» были потеснены рекрутами из небогатого дворянства, что и послужило укреплению монаршего самодержавия.

Столкновение с Европой, военное и мирное, дабы устоять в нем, потребовало огромного числа обученных образованных людей, поэтому император законоустановил с января 1714 г. обязательность дворянского обучения. Раньше бы, как представлял философ Н. Федоров в «Философии общего дела», ввести в Киевской Руси и в Московском царстве всеобщее образование и всеобщую воинскую повинность, допустить «к наукам» «крестьян», то Россия не догоняла бы Европу, а была бы всегда вровень с ней. Стратегическая задача «догнать и перегнать» возникла при Петре I. Это он, радуясь результатам своих реформ, восклицал: «Снилось ли вам, братцы, тридцать лет назад подобное!»

Рассмотрим религию как одну из основ русской православной цивилизации XVIII в. Отношения между церковью и государством изменились в сравнении с XVI–XVII вв. Отменено патриаршество, статус православия понижен, введено синодальное управление делами церковными, отобраны земельные владения у монастырей, урезаны прицерковные территории. По указам «главного антихриста» снимались даже церковные колокола и переливались на пушки, чтобы выиграть войну с внешними врагами. «Перемена времен считалась самым «страшным» деянием антихриста и знаменовала его окончатель-

ное и полное воцарение в мире… Именно введение «ложного» летоисчисления сделало невозможным спасение в миру (для старообрядцев)» [1. С. 344].

Россия XVIII в. повторила опыт Европы: приступила к десакрализации и секуляризации в мирской жизни, как следствие общих процессов социального развития, становление субъекта внецерковной культуры, зараженного атеизмом и мистицизмом.

Резкого размежевания между православной церковью и «многомысленной» частью страны не произошло, но дуализм мирского и божеского наметился. Интеллектуалы-вольнодумцы признавали приоритет власти и даже ссылались на Апостола Павла: «Всяка душа властям предержащим да повинуется».

Можно сказать, что общественная тяжба с церковью длилась на протяжении всего столетия. Православие подчинилось имперской власти и поддерживало ее государственную деятельность. Число святых подвижников сократилось уже в Московском царстве, а в XVIII в. их не прибавилось. Личностей, равных Сергию Радонежскому, век Просвещения не представил.

Третья составляющая в методологической триаде нашего исследования субъекта культуры – это народ, называемый правящими в XVIII в. «подлородным» и «маломысленным».

Проблема «народ и власть» при Петре I не разрешилась в сторону освобождения крестьянства, приписанного не только к помещикам-дворянам, но и к самому государству, к его служилым чинам. Между императором и населением не возникло каких-либо общественных совещательных «палат» и «коллегий». Все законы и указы имперской власти были написаны для исполнения государственной воли и непосредственно «мужиков-страдников» не касались, на их личную жизнь не влияли.

Светские, вообще европейские манеры, одежда, быт интересовали, а вот к парламенту, будучи в Англии, Петр I отнесся равнодушно, заглянув туда один-два раза из любопытства.

Власть может строить отношения с народом через религию и законы. В секуляризованной культуре Европы свобода воли индивидов оформлена и выражена через законы, через метафизическую манипуляцию «Естественного права» человека. В России определился свой исторический путь – соборное бытие в единстве с государством, но об этом мы скажем отдельно, подводя итоги XVIII в.

Попытку установить отношения власти и народа «через законы» предприняла четвертая женщина-императрица Великая Екатерина II. Ее деятельность – пример соединения России с Европой во благо руководимой империи.

Образованная императрица философствовала: «Род человеческий склонен к неразумию и несправедливости, если бы он слушался разума и справедливости, то в нас (государях) не было бы нужды» [2. С. 255]. Какое самообольщение: разум у государей, а управляемые неразумны!

Почему получается так, что в результате реформ на «западный манер» народ России попадает в новые тяготы, нищету, отчаянье.

Сошлемся на В. О. Ключевского: «Каким образом русская жизнь могла стать европейской, устроившись по образу европейских сновидений? Законы развиваются исторически из жизни каждого народа, а не переносятся в жизнь из книг, да еще чужих» [2. С. 57].

Екатерина II («рыцарь свободы и законности», с ее слов) окончательно определяет в «Наказе» формулу российского бытия: «Россия есть государство европейское», но «должно быть управляемо самодержавием». Как хорошо она говорила: «Власть без народного доверия ничего не значит для того, кто хочет быть любимым и славным», «Хочу общей цели – сделать счастливыми», «Свобода – душа всех вещей», «Мы сотворены для нашего народа, и по сей причине мы обязаны говорить о вещах так, как они быть должны» [3. С. 254, 275]. Мысли и высказывания императрицы были неожиданно смелы даже для европейцев, поэтому ее «Наказы» во Франции, например, не рискнули опубликовать.

До Великой Екатерины употреблялось понятие о «христианском обществе», а при ней – «российское общество», «дворянское общество», «градское общество», т. е. трансцендентальные понятия заменены на сугубо онтологические, на субъективные. Императрица вознамерилась привести политику в «пристойную знатность», при ней заговорили о «человеколюбии», «общечеловеческих ценностях», «спокойствии рода человеческого». Современники, апологеты имперские называли ее «матерью отечества» и даже «матерью народов».

Она была «донельзя национальной, патриотичной во внешней политике, благодушно либеральной, гуманной в приемах управления, в обращении с людьми, с подданными и осторожно консервативной в законодательстве. Эта программа хотела сказать русскому обществу: живите по-русски, только думайте по-европейски. Идеи поверх фактов, отношений, как облака, разнообразя пейзажи, но не изменяя профиля страны» [2. С. 73].

Окончился либерализм великой императрицы-мечтательницы манифестом о вольности дворянской (1762) и подавлением пугачевского восстания (1774). Призыв «жертвовать собой для народа» обернулся подавлением народного мятежа, усилением крепостного права, освобождением дворян от обязательной воинской повинности.

Великая Французская революция «освободила» Екатерину II от «вольтерьянства». Она запретила публиковать книги своего «учителя», издававшегося до этого запрета 140 раз. Даже тамбовский помещик И. Г. Рахманинов удостоил Вольтера чести своего провинциального издания. И вот французское щегольство среди екатерининской знати перешло в критику «француза», в насмешку над ним. Впросак попали многие из тех, кто, как герой в пьесе Фонвизина «Бригадир» утверждал так: «тело его родилось в России», а «душа принадлежит французской короне» [4. С. 87]. В политическую опалу попадут при императрице–«вольтерьянке» воодушевленные жаждой просвещения и многомыслия А. Радищев и Н. Новиков.

Чем же объяснить крах монархического либерализма и даже утопизма императрицы, прозванной по заслугам «великой», смерть которой искренне оплакивали? Мы укажем на две причины. Во-первых, без отмены крепостного права невозможно онтологическое высвобождение «духа земли» в форме крестьянской культуры – основной силы земледельческой цивилизации как мирского образа жизни. Фольклорные пласты как «полезные

ископаемые» до сих пор слабо изучены в исторической науке и в современной культурологии. Социологическая наука вообще и марксизм в частности интерпретируют отмену крепостничества как «наделение крестьян землей», которую они же и обрабатывают.

В европейской цивилизации развитие городов опережало развитие села за счет торгового капитала, работорговли, завоевания далеких стран и земель, эксплуатации колоний. Европейский крестьянин даже при обезземеливании мог устроиться на работу в городе. И культура городская в Европе господствовала над сельской, над крестьянской. Европейские феодалы имели крепости-замки («мой дом – моя крепость») как мини-города. В России же барская сельская усадьба была инвариантом крестьянского дома и двора. В дворянско-помещичьих усадьбах содержались крестьянские хоры и оркестры, даже театры из крепостных людей.

И «вся сфера русской жизни, а особенно семейная и бытовая, оглашалась народной песней и переполнена была живейшими к ней интересами. В такой-то сфере питательными соками народного слова и творчества по преданию или положительными данными воспитаны были, между прочим, Потемкин, Румянцев-Задунайский, Чернышов, Суворов, Державин, Дмитриев, Нелединский-Мелецкий, позднее Карамзин и др.» [4. С. 98]. Не случайно скажет Н. М. Карамзин: «Русский поет в веселии и в печали». Описывая празднование именин помещика в 1752 г., историк А. Н. Болотов, один из просветителей XVIII в., в своих «Записках» вспоминает: «Крепостной оркестр мог играть все, что хотел, но больше всего исполнялось русских плясовых песен, под которые можно было танцевать; кроме музыки, гостей развлекали дворовые девушки своими песнями, а затем и умевшие петь лакеи.

Разумовский, Орлов, Нарышкин и др. представители придворной знати были сами и любителями, и исполнителями народной песни».

А вот как писал один из иностранных путешественников во времена Екатерины II: «Во все продолжения путешествия нашего по России я не мог надивиться охоте русской народа к пению. Как скоро ямщик сядет на козла, тотчас начинает запевать какую-нибудь песню и продолжает оную непрерывно на несколько часов… Ямщик поет с начала до конца станции, земледелец не перестает петь при самых трудных работах; во всяком доме раздаются громкие песни и в тихий вечер нередко доходят до слуха нашего отголоски из соседственных деревень» [4. С. 98].

Русские просветители почувствовали опасность исчезновения «народных песен, текстов» после петровских реформ на «иностранный манер». Начало охранной деятельности по отношению к русской народной песне, фольклору было положено в 177–1773 гг., когда просветитель М. Чулков выпустил первое песенное «Собрание…» в трех частях. Это были тексты народных песен без нотного сопровождения.

В связи с этим не следует забывать в истории русской культуры трехтомное исследование А. Н. Афанасьева «Поэтические воззрения славян на природу. Опыт сравнительного изучения славянских преданий и верований, в связи с мифическими сказаньями других родственных народов». И до сих пор наша историческая, философская и культурологическая ученость ссылается на «Золотую ветвь» Дж. Фрэзера и «Первобытную культуру» Э. Тэйлора, хотя труды А. Н. Афанасьева превосходят указанных авторов.

Кроме А. Н. Афанасьева, можно указать также на М. Забелина и других исследователей, собиравших, исследовавших, издававших народные обычаи, обряды, предания, суеверия

Вторая причина несостоятельности социальной утопии по планам Екатерины II обусловлена ее же формулой: «…думать по-европейски, а жить по-русски». Опять же по невозможности вместо одной культуры поставить другую. В таких случаях какая-то из них погибает. Русская культура, несмотря на активные веяния с Запада, не уступила западной, потому что «русский дух» имеет крепкие крестьянские корни, взрастившие тело России.

Итак, «думать по европейски, а жить по-русски» – антиномично. Метафизика («западничества») и диалектика (русской онтологии) несовместимы. Екатерина II как человек, явившийся на русский престол с Запада, явила, быть может, не ведая того, эклектику европейского законоправия (в мыслях) и русского самодержавия (на практике). Петр I как сугубо русский человек, взявший всю Россию «за бороду», в такую теоретическую паутину не ввязывался. Он был прагматиком и переносил с Запада в Россию технику и технологию, но не «вольтерьянство» и «парламент».

Первый вопрос, который хочется поставить, обращаясь к прошлому, заключается в следующем: почему просвещенные люди, ученые мужи XVIII в. оправдывали крепостничество и самодержавие? Должна же быть какая-то теория, без чего и науки нет. Понятно поведение дворян-землевладельцев – они жили за счет крестьянства и мыслили сообразно положению. Но просветители-то призваны умопостигать более высокие материи.

Один из самых видных «политологов» XVIII в. Ф. Прокопович (1681–1736) думал так: «...не ради страха, но и за совесть повиноватися долженствуем», причем категории «совести» (нравственности) и «долга» (категорический императив, как у И. Канта) выводятся из естественного права – «в самом естестве закон от Бога положенный» [5. С. 104–105].

В Западной Европе мыслители усматривали «естественное право» в человеке как природное, т. е. эгоистическое, неустранимое, поэтому его надо оформлять и регулировать законами. Так и возникли в Европе правовое государство, гражданское общество и свобода воли, в них уложенная.

По мысли Ф. Прокоповича, естественное право заложено Богом в человека до возникновения богочеловеческого святого писания. В этих представлениях кроется и значительное расхождение между православием и католицизмом. В православной Троице признается трехипостасная нераздельная сущность (Во имя Отца и Сына и Святого Духа), а в католицизме Св. Дух может проистекать как от Бога-Отца, от Бога-Сына, так и от Богочеловека. Поэтому-то у католиков Папа – наместник Бога на земле. А протестантизм в разделении сущности нашел «лазейку» для проявления человеческой свободы воли, попустив себе манипулирование отношениями с помощью законов. Формула Т. Гоббса «война всех против

всех» как отражение природного естественного права человека, принята в западном мышлении и культуре за аксиому. А протестантизм, не порвав с христианством, умалил роль церкви, что является противоречием между ним и католизицизмом.

И Ф. Прокопович, и А. Кантемир, и В. Н. Татищев и другие как «ученая дружина» Петра I отдавали приоритет «правде воли монаршей». Ибо власть от Бога. А коли власть «по естественному праву» и раньше святого писания, то и церковь должна подчиняться ей. По мнению этих мыслителей, державная власть является поборником, стражем и защитником закона. И духовенство обязано ему тоже подчиняться. По естественному же праву, которое от Бога, изначально в людях неравенство. Вот и логика крепостного права.

По этой же логике принимались и категоричные утверждения, что русский народ от природы таков: самодержавием храним, а при нарушении этого правила невозможно ему, русскому народу, быть в целости и благости.

Просветители размышляли не только о верховенстве власти, но и о совершенстве, гармонии и красоте, согласовании божеского, царского, церковного и мирского. В этих целях они разрабатывали концепцию Соборности. Слово «соборность» непереводимо на иностранные языки. Оно идентифицируется и с понятием о «русской идее», о собирании вокруг нее других народов, согласных к дружбе и любви по заповедям Христовым.

«Принцип «соборности», преодолевающий индивидуализм и в гносеологии, и в морали, и в творчестве, по самому существу онтологичен – и именно потому, что «соборность» не есть «коллектив», а Церковь, т. е. первореальность, уходящая своими корнями в Абсолют» [6. С. 219].

Автор этого высказывания В. В. Зеньковский, создавший труд по истории русской философии, о чем мы уже писали, был священнослужителем, поэтому он в понимании Соборности отдает приоритет Церкви. Но, как нам кажется, эта «идея» господствовала в России до XVIII в., когда еще не было абсолютной монархии, подчинившей церковь. Соборность отождествлялась с Православной Церковью как телом Христовым, объединяющей всех верующих, по сути весь мир, поэтому она кафолическая.

Но в XVIII в. понятие Соборности просветители распространяют на Совершенство Власти от Бога в единстве с Православием и народом, что и является онтологизмом «русской идеи» и ее субъекта.

Идеалы совершенства общественных отношений просветители XVIII в. связывали с гармонией духовной и светской власти. Последняя «вручена» Государю от Бога и народа.

В «Духовном регламенте» Ф. Прокопович рассуждает о том, «что есть духовное. Коллегиум, и каковыя суть важные вины такового правления». Он призывает к подвижничеству и священнослужителей, и ученых, и писателей, и всех, обязанных служить Отечеству, которому служит сам Государь.

Таким образом, концепция Соборности включает в себя дух подвижничества, поиск совершенства, а это относится и к мирской жизни, и к монахам, и к царям. Онтологизм соборности предполагает высокие нравственные требования и к власти.

Одним из самых выдающихся людей XVIII в. был И. Т. Посошков (1652–1726). Он был теоретиком Соборности как раз в наиболее всеохватывающем смысле. Его главный труд – «Книга о скудности и богатстве» – написана в 1724 г., а опубликована М. П. Погодиным в 1842 г. Однако о «Книге…» современники знали, власть нашла в ней «криминальные вины», за что автора осудили. Умер И. Т. Посошков в тюрьме 1 февраля 1726 г.

Чем же был опасен монархической власти сторонник ее И. Т. Посошков? Одна из фундаментальных идей в его теории соборности – это «народосоветие» или «народовластие», но без ограничения его Величества Самодержавия. «Народовластие» мыслится как соборность «многомысленных», как создание из них «многосоветия». Вспомним народную поговорку: одна голова хорошо, а две лучше. «Совершенное общесоветие» – это инвариант европейского «общественного договора». Как осуществить на практике «общесоветие» – вопрос не из простых.

В учении И. Т. Посошкова сильно выражен нравственный посыл к правящим, к законодателям, которые должны обладать высокими качествами: любить правду, исключать высокомерие и низкопоклонство, смирить гордыню. Это соответствовало общему настрою «ученой дружины» Петра I и ему самому по заявлению: «мы новые люди во всем». Задача создать «новых людей» обсуждалась вполне серьезно и обосновывалась опять же теорией соборности, принципом совершенства во всем.

Политические «вины» И. Т. Посошкова, очевидно, связывались и с его критикой русской действительности. В «Донесении о исправлении всех неисправ» он писал: «Аще кто восхощет умныма очима воззрети на житие наше православно российское и на вся поведения и дела наша, то не узрит ни во единой какой либо вещи здравого дела… Ни во церквах прямого порядка не обращети, ниже во чтении и пении, ниже во гражданском, ниже в поселенском, ни в воинском, ни в судейском, ни в купецком, ни в художном… и не вем такого дела или вещи какой, еже б пороку в ней не было. Не есть в нас в целости от главы даже и до ногу, и живем мы всем окрестным государствам в смех и в поношение. Вменяют они нас вместо мордвы, а и чуть что и неправда их, понеже везде у нас худо и непорядошно» [5. С. 181].

После такой критики соборность, коли «везде худо», представляется проблематичной. Но если рассматривать в совокупности все, о чем рассуждал и что предлагал И. Т. Посошков, то его теория и практика соборности наиболее реалистична, хотя и трудно осуществима в тех условиях.

И. Т. Посошков питает глубокую веру в «праведный суд», невзирая на чины и лица, ибо всем суд един – от Бога и Царя. Но вот что касается «праведного суда» от монаршей власти, то сам мыслитель пострадал от нее.

Поистине, многомыслие – новаторский интеллектуальный посыл XVIII в. Как император Петр был Первым, так и его «ученые дружинники» стали первооткрывателями и основоположниками новых знаний и сфер в русской действительности. К их числу относится и В. Н. Татищев (1686–1750). Мировоззрение его светское и никак не богословское. Благодаря таким людям, как В. Н. Татищев, кончилась монополия духовенства на духовное образо-

вание – началось время образования светского. В. Н. Татищев много читал: сочинения Т. Гоббса, Дж. Локка, Н. Макиавелли, И. Ньютона, Г. Галилея и др.

Широко образованный, он мыслил свободно, но и ограничивал себя, придерживаясь помещичьих интересов, так как являлся помещиком. Крепостное право оправдывал, считая его «вкоренившимся обычаем». Мы уже указывали на примере Ф. Прокоповича на аксиоматику просветителей – «русский народ таков». Когда же «таковые» восставали, нарушая логику «соборных», то умом и рукой в лице В. Н. Татищева выводили: «Никогда никаков бунт от благоразумных людей начинаний не имел, но, равномерно ересям, от коварных плутов с прикрытием лицемерного благочестия начинается, которой между подлостью разсеяв производят» [5. С. 122]. Помещик-мыслитель делил людей на «дворян» и «подлых». Народные герои И. И. Болотников, С. Разин, крестьяне, а также стрельцы (участники дворцовых переворотов) и «чернь» – все принадлежали к «самой подлости» и были невежественными. Поэтому В. Н. Татищев считал, что спасением от революционных потрясений является наука – там, где она процветает, бунты исключены. Увы, мы знаем теперь, через два с лишним столетия, что политическим революциям предшествует революция в умах – «от науки».

Однако В. Н. Татищев не был закоренелым ортодоксом в своих убеждениях и выступал за распространение знаний среди «подлых», быть может, надеясь, что они образуются и не станут бунтовать. Как видим, проблема крепостного права и образование взаимосвязаны, но никак практически не соединялись. Еще раз напомним, что философ Н. Федоров в «Философии общего дела» справедливо упрекал власть Киевской Руси и Московского царства, духовенство за отказ вводить и развивать образование среди народа.

А В. Н. Татищев осуждал и церковь за непризнание ученых, за их преследования, клевету на них. В своем главном труде «Разговор двух приятелей о пользе наук и училищ» (1733) он предлагал духовенству создавать училища за счет средств монастырей – «в честь Богу». В «Экономических записках» рекомендовал заводить наряду с тюрьмами бани и школы.

Интересны и философские размышления просветителя. Они – сугубо светские. Например, о душе: «…свойство души есть дух, не имущий никакого тела или частей, следовательно, нераздельна, а когда нераздельна, то и безсмертна» [5. С. 118].

На основе «естественного закона» он признавал «разумную любовь к себе». Это у него как бы по-европейски: «естественное» – «эгостическое». Тогда нарушается теоретическая стройность и логика Соборности. И В. Н. Татищев уточняет: «заимодательно Бога любить», так как «естественный закон» (любви к себе и ближнему) прописан пророками и Христом. Таким образом, онтологизм «богочеловеческого» сохранен, соборность удержана.

Нельзя не заметить деление «наук» В. Н. Татищевым на «душевные» (за Богословием) и «телесные» (за философией). Ведь здесь впервые усматривается уход философии от теологии, обретение философией самостоятельной роли, светскости существования.

Особая заслуга В. Н. Татищева числится за ним потому, что он – первый русский историк. И для субъекта культуры, для онтологизации его историческое знание и сознание представляется изначальным. Без истории нет теории. А историческое, осознающее себя, становится теорией развития.

Образованнейший человек, создавший «Разговор двух приятелей о пользе наук и училищ» как «Энциклопедию» своего мировоззрения, В. Н. Татищев положил начало светскому научному знанию, свободному от теологии.

Но первым гением XVIII в. в области науки назван М. В. Ломоносов (1711–1765). По способностям в разных сферах деятельности (науке, искусстве, литературе, просвещении) и достижением в этих деяниях он в ряду титанов Европейского Ренессанса и Просвещения. «Архангельский мужик» имел вольный характер, потому что поморский народ русского Севера был менее зависим (кто-то и вовсе свободен) от крепостного права, чем население Центральной России.

Он полностью принял на себя обязанности служения Государству, Царю и Отечеству, говорил, что ученый не артист, но государственный муж.

Его достижения в науке и в искусстве могли бы быть еще значительнее, если бы он не тратил время на организацию просвещения, борясь при этом и с противниками-невеждами, и с «ученой бироновщиной», унижавшей русских людей, в том числе М. В. Ломоносова, мнением о неспособности русских к науке. Более того, засевшие в Академии наук иностранцы и препятствовали занятиям наукой «по-русски», и средства приворовывали, и невежество свое по русской истории «закрывали» амбициями и снобизмом. А М. В. Ломоносов как истинный русский человек без обиняков «резал матку-правду» и свободно заявлял: «Не хочу быть дураком даже у Бога», «я делаю честь Отечеству».

Вера и Отечество были для него святы, но «свято», по его мнению, и свободное научное исследование. В отличие от В. Н. Татищева, М. В. Ломоносов соединял в своем мировоззрении науку и религию, признавал бытие Божие и «предустановленную гармонию». Последнее он, очевидно, воспринял от немецкой и французской философии (Х. Вольф, Г. В. Лейбниц, Р. Декарт), когда учился в Германии, и признавал, по их примеру, дорогу к вольному философствованию и научному творчеству.

Личность М. В. Ломоносова в нашем исследовании субъекта культуры необходима и по многосторонним заслугам его в русской культуре (он «первый» и «новый» во многом и в духе империи), и потому, что, на наш взгляд, он соединяет основанием науки начало империи Петра I через царствование женщины-императрицы Елизаветы до женщины-императрицы Екатерины II. В 54 года, когда заканчивалась жизнь М. В. Ломоносова, ему нанесла визит Екатерина Великая. По свидетельству современников во время беседы с императрицей гениальный ученый, мыслитель-просветитель, поэт и художник-новатор, государственник-патриот «был мрачен».

Как знать, быть может, ученый муж, перейдя из времен Петра I во времена Екатерины II, обдумывал смысл бытия, «предустановленную гармонию» русской жизни, бодрорадостной по внешнему созиданию и не совсем

уж благостной по внутреннему размышлению. Для полноты субъекта русской культуры в XVIII в. требовалась философская рефлексия о самом Человеке. При наличии таковой можно говорить о воплощенной секуляризации в культуре.

Вершиной секуляризации в культуре XVIII в., особенно в последней его четверти, является умонастроение и научно-философское творчество А. Н. Радищева (1749–1802). Если В. Н. Татищев считал, что «философия не грешна», то А. Н. Радищев создал русскую философию, которую в наше время называют социальной философией.

В его основных произведениях «Путешествие из Петербурга в Москву», «О человеке, его смертности и бессмертии» впервые поставлены социальные проблемы.

Мы не рассматриваем собственно философскую гносеологию и онтологию А. Н. Радищева. Об этом обстоятельно написано в талантливой книге красноярского философа Н. М. Чуринова «Совершенство и свобода» [7]. Мы же обратим внимание на то, что только А. Н. Радищев из числа всех прославленных просветителей XVIII в. высказался против самодержавия как нарушения «естественного» права, как несовместимости монархии с «естеством» человека, а крепостничества с патриотизмом. Последнее особенно важно для становления субъекта культуры, так как любовь к Отечеству и угнетение соотечественника соотечественником, казалось бы, вещи противоестественные.

Отказ самодержавию в праве «на жизнь» само собой ставит вопрос: а кто будет управлять «жизнью» и как это осуществится? И тут опять же впервые для века Просвещения А. Н. Радищев говорит о «народовластии», что более радикально, нежели «многосоветие» И. Посошкова в начале петровского «столетнего века». И что, безусловно, выделяется в суждениях А. Н. Радищева, так это выдвижение самого народа на первое место в качестве субъекта истории, государства и культуры.

«Народная воля», «неиспорченный народ», «свободный человек», «равенство мужчин и женщин», «правила общежития», «совершенствование» как цель, «смерть и бессмертие» – каждое из таких понятий в сочинениях А. Н. Радищева выводит на проблематику социологии культуры или социальной культурологи, на поиски и определения смыслов бытия в судьбе России.

Нас, конечно, интересует, а каким образом может воплотиться в жизни субъект «народной воли», «народовластия»? По А. Н. Радищеву, совершенная «соборная власть» и «народовластие» возможны через Закон. Поэтому мыслитель пишет «О законоположении» (1801–1802) и «Проект гражданского уложения» (1801). Перед этим он отбыл десятилетний срок сибирской ссылки по указу императрицы-«вольтерьянки» Екатерины II, назвавшей его «Путешествие…» «богомерзким сочинением». Она с помощью назначенной ею комиссии пыталась создать новое Уложение, дабы исключить «недостатки» в России. Но комиссия была единодушна в сохранении крепостного права. Как только А. Н. Радищев определил основной недостаток России (систему крепостничества), так сразу угодил в ссылку. Вера в Закон без решения основного вопроса «Философии жизни» в России оказалась трагически не осуществленной в судьбе А. Н. Радищева. Отчаянье привело его к самоубийству – к потере «смысла жизни», к форме разрешения «смерти и бессмертия» на его человеческом бытии.

Бессмертной оказалась «мыслительная сила» А. Н. Радищева, связь этой силы с духовно-нравственными представлениями человека о человеке. «В каком бы то состоянии ни было, человек удобряет свою чувственность, острит силы мысленные, укрепляет понятие, рассудок, ум, воображение и память. Он приобретает бесчисленное количество понятий, и из сравнения его рождаются понятия о красоте, порядке, соразмерности, совершенстве. Побуждение его к сожитию ввело его в общественное житие, и се разверзаются в нем новые совершенства. Права и обязанности, в общежитии им приобретенные, возводят его на степень нравственности; и уже рождаются в нем понятия о честности, правосудии, чести, славе; уже из побуждений к сожитию рождается любовь к отечеству, к человечеству вообще, а за ними следуют тысячи добродетелей или паче сия из многих рождается; и сожительность его претворилась в великодушие, щедроту, милосердие. Таким образом, достигает он до вершины своего чувствования, до совершенства всех своих качеств, до высшего понятия о добродетели» [8. С. 402].

До А. Н. Радищева никто так интенсивно интеллектуально, сжато не писал о связи в человеке всех качеств «добродетели», «мыслительной силе» понятий, их исторической «постепенности» в существовании рода человеческого. Такой стиль его высказываний и есть для нас прекрасный пример «культурологического письма».

Не отвергая, а утверждая Бога как гаранта бессмертия, А. Н. Радищев возвеличил «мыслительные силы» человека. Не от этой ли идеи о «мыслительном» в человеке родилась в XX в. теория ноосферы В. И. Вернадского – концепция «царства разума» о планетарном значении человеческой мысли, приравненной к геологической силе. Если исходить из «исторической постепенности» в человеческом мышлении, о чем философски оригинально заявил А. Н. Радищев, то, действительно, без преемственности в науке и культуре, с «чистого листа» ничего не возникает. И дух преемства ведет людей в общей исторической связке, обеспечивая развитие и бессмертие. Фактически А. Н. Радищев сформулировал Закон Постепенности, но не прямолинейности, в культуре.

Эмпирический материал уже столь обширен в XVIII в., что в порядке описаний, перечислений, названий невозможно исчерпать множественность произведенного иерархически расширившимся субъектом культуры. Скажем о главном: в XVIII в. родилось профессиональное светское искусство, возникла профессиональная литература. И субъект культуры стал более множественным, персонифицируясь в сферах власти и государственного управления, в «духовном регламенте» церкви, «научной дружине», «художествах», «народном творчестве».

Между государством, религией и народом встал «посредник»: интеллектуальный светский авангард, называемый «интеллигенцией». Трагическая судьба А. Н. Радищева – первый пример отхода «мыслительной силы» от абсолютной власти самодержавия, ответственности человека-творца только перед Богом, потому что «талант – от Бога», а царь «по естеству» такой же человек, как все...

«Мыслительная сила», вызревшая в XVIII в., вывела русскую культуру к новым идейным концепциям и формам национального самосознания в XIX в.

Субъект культуры века Просвещения обрел социальную институциализацию: структуру светского образования, преподавание философии, академическую науку, академическое художество, мастерские художников, литературно-книжные издательства, типографии, журнально-газетные редакции, профессиональный театр, частные библиотеки, публичные игрища-машкерады.

Народ продолжал жить своей религиозно-духовной и язычески-суеверной жизнью, оставаясь субъектом «в себе».

В итоге XVIII в. проявился множественный субъект культуры, социально дифференцированный как на индивидуально-личностном, так и на сословно-групповом и однородно коллективном (крестьянство) уровне.

На рубеже столетий, начиная с Киевской Руси, в России всегда происходили события, которые можно назвать переломными и «смутными», когда «русская идея» металась и искала новые формы воплощения, что-то при этом теряла и что-то находила.

Библиографический список

1. Мальцев, А. И. Странники-безденежники в первой половине XIX в. / А. И. Мальцев // Христианство и церковь в России феодального периода. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1989. 444 с.

2. Ключевский, В. О. Неопубликованные произведения / В. О. Ключевский. М. : Наука, 1983. 416 с.

3. Ключевский, В. О. Афоризмы. Исторические портреты и этюды. Дневники / В. О. Ключевский. М. : Мысль, 1993.

4. Колпакова, Н. П. Песни и люди: О русской народной песне / Н. П. Колпакова. Л. : Наука, 1977. 136 с.

5. Плеханов, Г. В. История русской общественной мысли / Г. В. Плеханов. В 2 т. Т. 1. М. : Изд-во Миръ, 1914. 304 с.

6. Зеньковский, В. В. История русской философии / В. В. Зеньковский. Т. 1. Ч. 1. Л. : Эго, 1991. 222 с.

7. Чуринов, Н. М. Совершенство и свобода / Н. М. Чуринов. 3-е изд., доп. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2006. 712 с.

8. Радищев, А. Н. О человеке, о его смертности и бессмертии / А. Н. Радищев // Человек: Мыслители прошлого и настоящего о его жизни, смерти и бессмертии. Древний мир – Эпоха Просвещения / под ред. И. Т. Фролова [и др.] ; сост. П. С. Гуревич. М. : Политиздат, 1991. 464 с.

V. I. Zamyshlyaev

HISTORICAL AND SOCIAL SUBJECTS OF CULTURE IN RUSSIA OF XVIII CENTURY

It is described historical onthology of Russian culture dealing with the state, religion and nations.

УДК 340

В. В. Сафронов

ПРАВОВОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАК СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ПРАВОСОЗНАНИЯ СПЕЦИАЛИСТА АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Проанализировано правовое сознание гражданина-специалиста аэрокосмической отрасли. Проведено исследование процесса формирования правового сознания специалиста аэрокосмической отрасли посредством правового образования. Рассмотрено правовое образование, его структура и содержание.

Формирование духовного мира личности, его сознания, в том числе правового, представляет собой очень сложную и необычайно трудную задачу. Социальная необходимость давно требовала от науки изучения возможности управления этим процессом. Однако ограниченность конкретных знаний о явлениях сознания зачастую искажала действительную картину развития правосознания [1].

В истории российского общества были и есть периоды, когда оно оказывается лицом к лицу с новыми задачами, для решения которых требуется качественно иной уровень бытия общественного сознания. Провозглашенный в Конституции курс на формирование правового государства, признание человека, его прав и свобод высшей ценностью предъявил новые требования к состоянию умственного, физического и эмоционального развития человека, в том числе гражданина-специалиста в аэрокосмической отрасли как субъекта гражданского общества. А это, в свою очередь, с неизбежностью потребовало более глубокого знания духовного мира личности, его возможностей, путей влияния на сознание людей в нужном для развития правового государства русле. Указ Президента РФ от 29 ноября 1994 г. № 2131 «Об изучении Конституции Российской Федерации в образовательных учреждениях» в целях формирования правовой культуры гражданского воспитания постановил необходимым изучение Конституции РФ во всех образовательных учреждениях.

Необходимость переориентации общественного и индивидуального сознания требует теоретического осмысления целого комплекса вопросов, связанных с характером его существования, способами функционирования и развития, с определением главных тенденций современного этапа в становлении общественного сознания сегодняшнего общества. Эта переориентация должна охватить все элементы, стороны, уровни сознания, существенно изменить глубину и объем отражения общественного бытия, в известной мере переставить акценты в содержании правового, политического, эстетического, нравственного, научного, религиозного, экономического и исторического сознания, должна способствовать дальнейшему усилению связей и взаимопроникновения идеологии и социальной психологии, проявиться во взаимовлиянии индивидуального и коллективного сознания.

В настоящее время в нашей стране уже осуществляются первые шаги по переориентации сознания российских граждан, выразившиеся в реформе общеобразовательной школы, перестройке системы политического образования и идеологической работы, о которой в апрельском (2006 г.) Послании Президента Федеральному Собранию сказано следующее: «...формирование сознания всех граждан нашего общества – это задача не только профессионалов-идеологов, пропагандистов, работников средств массовой информации. Это дело всего государства. Государство потребовало от граждан, на каком бы посту они не стояли (политический руководитель или хозяйственник), знать, уметь и постоянно осуществлять идейно-воспитательную работу» [2]. Кроме того, Президент РФ В. В. Путин взял непосредственно под свой контроль реализацию федеральных целевых программ, охватывающих сферу заботы о подрастающем поколении.

Правосознание специалиста аэрокосмической отрасли – это разновидность индивидуального правосознания, которое выражается в осознании права лицом, осуществляющим профессиональную космическую деятельность. Космическая деятельность включает в себя создание (в том числе разработку, изготовление и испытания), использование (эксплуатацию) космической техники, космических материалов и космических технологий и оказание иных связанных с космической деятельностью услуг, а также международное сотрудничество Российской Федерации в области исследования и использования космического пространства [3].

В сегодняшней России пласт нормотворчества в аэрокосмической области правового образования очень велик: так появилась масса документов, которые регулируют правоотношения в сфере использования космического пространства. В связи с чем возросла «нагрузка» на специалиста аэрокосмической отрасли. Ведь не знание закона не освобождает от ответственности. Отношения в области космической деятельности регулируются в соответствии с Конституцией Российской Федерации, общепризнанными принципами и нормами международного права и международными договорами Российской Федерации, Федеральным законом «О космической деятельности», другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Формирование правосознание специалиста аэрокосмической отрасли осуществляется посредством правового образования. Думается, что необходимо взять за основу следующую идею: «Единым средством изменения человеческой природы, формирующим новые человеческие качества, есть и будет образование» [4].

Понятие «образование» рассматривается как относительный результат процесса обучения и воспитания, выражающийся в формировании у лица необходимых знаний, умений и навыков. Таким образом, образование – это цель всей жизни, абсолютная форма бесконечного, непрерывного овладения новыми знаниями.

«Образование – целенаправленный процесс обогащения личности и общностей граждан фундаментальны-

ми (обширными, глубокими, научными, систематизированными, комплексными) знаниями, отвечающими современному уровню человеческой цивилизации и достижений научно-технической революции» [5]. И одновременно учитывая трактовку образования во Всеобщей Декларации прав человека: «Образование должно быть направлено к полному развитию человеческой личности и к увеличению уважения к правам человека и основным свободам. Образование должно содействовать взаимопониманию, терпимости и дружбе между всеми народами, расовыми и религиозными группами...» (ст. 26) [6].

Под образованием в преамбуле Закона Российской Федерации «Об образовании» понимается «целенаправленный процесс воспитания и обучения в интересах человека, общества, государства, сопровождающийся констатацией достижения гражданином (обучающимся) установленных государством образовательных уровней (образовательных цензов)». Руководствуясь легальным определением «образования» можно выделить его признаки: 1. Это – целенаправленный процесс с четким направлением, организованный и управляемый, имеющий критерий завершенности и качества. 2. Состоит из двух элементов (обучение и воспитание). 3. Означает право гражданина на включение в этот процесс и на участие в нем в качестве обучающегося. 4. Предполагается ответственность государства за факт реализации этого права конкретным гражданином, за уровень и качество организации самого процесса. 5. Возникает обязанность государства организовать соответствующую систему образования.

Федеральный закон «Об образовании» – комплексный нормативный акт, содержащий нормы различных отраслей права. Он не только воспроизводит важнейшие конституционные положения о том, что право на образование является одним из основных и неотъемлемых прав граждан РФ. Указанный Закон определяет принципы государственной политики в области образования, систему образования, затрагивает трудовые отношения, гражданско-правовые, а также международную деятельность в области образования [7].

Действующим законодательством четко определены общие требования к содержанию образования (ст. 14 закона «Об образовании»). «1. Содержание образования является одним из факторов экономического и социального прогресса общества и должно быть ориентировано на: обеспечение самоопределения личности, создание условий для ее самореализации; развитие общества; укрепление и совершенствование правового государства. 2. Содержание образования должно обеспечивать: адекватный мировому уровень общей и профессиональной культуры общества; формирование у обучающегося адекватной современному уровню знаний и уровню образовательной программы (ступени обучения) картины мира; интеграцию личности в национальную и мировую культуру; формирование человека и гражданина, интегрированного в современное ему общество и нацеленного на совершенствование этого общества; воспроизводство и развитие кадрового потенциала общества» [8].

Должное правовое образование специалиста аэрокосмической отрасли позволит: обеспечить правовое регулирование космической деятельности в целях развития экономики, науки и техники, укрепления обороны и безопасности Российской Федерации и дальнейшего расширения международного сотрудничества Российской Федерации; упорядочить процесс исследования и использования космического пространства, в том числе Луны и других небесных тел, что являются важнейшими приоритетами государственных интересов.

Правовое образование специалиста аэрокосмической отрасли – процесс формирования у лица определенных знаний, взглядов и убеждений, в связи с космической деятельностью, позволяющих понимать существующую в жизни общества правовую сферу, роль права, правопорядка, оценивать их как благо, как необходимое условие нормальной жизни, развития общества и защиты самих граждан; создание (в том числе разработку, изготовление и испытания), использование (эксплуатацию) космической техники, космических материалов и космических технологий и оказание иных связанных с космической деятельностью услуг; роль международного сотрудничества Российской Федерации в области исследования и использования космического пространства.

Образованный гражданин, исходя из комплексных соображений, глубоко осознает свои права и свободы, их пределы. Его взгляды, убеждения и отношения характеризуются глубоко усвоенной формулой: «Моя свобода и права кончаются там, где начинаются права и свободы другого человека». Правовая образованность гражданина – важный элемент его правосознания.

Естественно, что решение задачи по определению содержания правового образования личности, специалиста аэрокосмической отрасли, заставляет учитывать трактовку образования в Законе РФ «Об образовании», а также принципы государственной политики в области образования.

Способствовать становлению гуманистически ориентированной личности, обладающей чувством собственного достоинства, осознающей высокую ценность свободы и демократии, граждански активной и уважающей свои права и свободы, а также права и свободы других людей, умеющей защищать эти права, обладающей юридическими знаниями, необходимыми для ее интеграции в окружающий мир и успешной реализации жизненных планов – таковы основные принципы правового образования личности [8].

Правовое образование является частью более общей системы образования. Входя в нее в качестве составного элемента, решая общие задачи, стоящие перед образованием, правовое образование вступает в тесное взаимодействие с другими его видами – нравственным, эстетическим, политическим. Определение целей и задач правового образования, ожидаемых результатов в этих условиях означает не что иное, как определение его содержания, выявление пределов и параметров его возможного воздействия на сознание и поведение личности. Без исследования и конкретизации ожиданий, задач и целей правового образования не могут быть определены объективные показатели уровня осознания и освоения людьми отдельных правовых понятий, не может быть объективно оценена и эффективность деятельности по формированию правового сознания [9].

Так, например, специалист аэрокосмической отрасли, посредством получения правового образования, сможет четко понимать цели космической деятельности:

– содействие экономическому развитию государства, повышению благосостояния населения Российской Федерации путем рационального и эффективного использования космической техники, космических материалов и космических технологий, а также расширения масштабов их использования;

– укрепление и развитие научно-технического и интеллектуального потенциала космической индустрии и ее инфраструктуры;

– содействие укреплению обороны и обеспечению безопасности Российской Федерации;

– дальнейшее совершенствование и накопление научных знаний о Земле, космическом пространстве и небесных телах;

– развитие и расширение международного сотрудничества Российской Федерации в интересах дальнейшей интеграции Российской Федерации в систему мировых хозяйственных связей и обеспечения международной безопасности.

При определении целей и задач правового образования очень важно выяснить методологические предпосылки решения этой проблемы. Правообразовательная деятельность, как и всякая другая, есть целеполагающая деятельность. Но образование не представляет собой самоцели. Цели и задачи правового образования определяются не сами по себе, а исходя из сущности самого права как меры свободы и справедливости.

Понимание общих целей и задач правового образования позволяет глубже осознать всю сложность механизма восприятия права, более четко представить содержание самого правообразовательного процесса, его место в системе других видов образования, их взаимозависимость и взаимообусловленность.

Говоря о целях правового образования, одни авторы считают, что оно призвано распространять правовые знания, формировать правовые убеждения и правовую культуру, воспитывать чувство уважения к нормам права и убежденность в необходимости их исполнения.

Другие полагают, что целями правового образования является еще и привитие навыков правомерного поведения; выработка привычки соблюдать и исполнять законы, отстаивать требования права; воспитание социально-правовой активности [10].

Правовое образование имеет целью формирование правовых взглядов и установок личности как составных черт ее общего мировоззрения и социальной направленности. С помощью этих установок человек в дальнейшем воспринимает и перерабатывает адресованную ему как члену общества социальную информацию, оценивает свои и чужие действия и поступки, определяет конкретные цели и выбирает средства их достижения. Правовое влияние имеет широкие возможности интенсивного влияния на формирование личности, ее всестороннее образование, поскольку в нормах права выражены и политические, и моральные требования общества. Правовое сознание в совокупности с другими идеологическими формами сознания является важнейшим регулятором поведения человека в обществе. Поэтому от уровня и характера направленности правосознания населения в целом и от отдельных его групп в большой степени зависит состояние правопорядка в стране. Мало того, чтобы законы были на высоком уровне правовой техники, важно их точное и неуклонное осуществление. Ведь любой закон живет только тогда, когда он выполняется всеми и повсеместно [11].

Правовое образование специалиста аэрокосмической отрасли осуществляется исходя из следующих базовых принципов:

– содействия поддержанию мира и международной безопасности путем использования достижений космической науки и техники;

– поощрения привлечения внебюджетных средств в космическую деятельность при сохранении государственного контроля за их использованием и обеспечения гарантий соблюдения государственных интересов Российской Федерации;

– обеспечения безопасности космической деятельности и охраны окружающей природной среды;

– равноправного и взаимовыгодного международного сотрудничества Российской Федерации в области космоса;

– международной ответственности Российской Федерации за осуществляемую космическую деятельность;

– рационального сочетания и сбалансированного развития космической техники и космических технологий, применяемых в научных, социально-экономических целях, в интересах обороны и безопасности Российской Федерации (далее - космическая техника двойного назначения);

– не допускается космическая деятельность, запрещенная международными договорами Российской Федерации [3].

Правовое образование – сложно-собирательное понятие, которое состоит из следующих структурных элементов: правовое воспитание и правовое обучение. Итак, рассмотрим первый элемент правового образования – правовое воспитание. Воспитание – целенаправленный процесс формирования важнейших социальных качеств личности как гражданина общества и носителя общечеловеческих ценностей: духовных, мировоззренческих, патриотических, гуманных, культурных, поведенческих, трудовых, моральных, правовых и т. п.

В педагогической литературе воспитание рассматривается как общественное явление, как сложный и противоречивый социально-исторический процесс вхождения, включения подрастающих поколений в жизнь общества; в быт, общественно-производственную деятельность, творчество, духовность; становление их людьми, развития их личностных и индивидуальных качеств. Оно обеспечивает общественный прогресс и преемственность поколений. Воспитание необходимо как способ обеспечения жизни общества и индивида; оно осуществляется в конкретно-исторических условиях в результате определенным образом сложившихся общественных отношений и образа жизни общества; основным критерием его осуществления, реализации является степень соответствия свойств и качеств личности требованиям жизни [12].

Воспитание гражданина предполагает адаптацию личности к жизни в обществе и государстве; обеспечение

условий для самоопределения и самореализации гражданина в свободном, интеллектуальном и культурном развитии; формирование гражданственности, патриотизма, гуманистичности, приоритета общечеловеческих ценностей; уважение к законам, правам и свободам человека, к деятельности органов правосудия. Результатом воспитания является воспитанность конкретного гражданина. Частью общего воспитания гражданина выступает правовое воспитание.

Правовое воспитание специалиста аэрокосмической отрасли должно осуществляться в духе взаимного уважения, партнерства и сотрудничества в соответствии с нормами международного космического права; соблюдения правового режима космического пространства и небесных тел; взаимовыгодного партнерства по исследованию космических объектов; правомерного использования космической инфраструктуры.

Воспитание предполагает усвоение ценностей, что ведет к формированию личностного, субъективного смысла («значение для меня») того, что усваивается в ходе образования. В то же время любое усвоение ценностей культуры общества невозможно без обучения [13].

Обучение – целенаправленная, организационная, систематическая передача старшими и усвоение подрастающим поколением опыта общественных отношений, общественного сознания, культуры. Оно обеспечивает преемственность поколений, полноценное функционирование общества и соответственный уровень развития личности.

В результате обучения учащиеся получают систему научных знаний (в том числе и правовых), фактов, обобщений, законов. Они овладевают наиболее общими умениями и навыками, которые помогают им утвердиться в коллективе, в обществе, в окружающем предметном мире [14].

Обучение как органическая часть образования подвержено действию его наиболее общих закономерностей. Как и воспитание, оно зависит от конкретно-исторических условий. Различные эпохи и цивилизации оставляют свой отпечаток на организации обучения, отборе содержания материала для различных социальных групп, подборе методов идеологической обработки и манипуляции сознанием [15]. Правовое обучение – формирование достаточно полных и систематизированных знаний о праве, правовой деятельности [16].

Правовое образование специалиста аэрокосмической отрасли связано с формированием у лица правовой информации, позволяющей легально осуществлять космическую деятельность, а также распространение информации о космической деятельности посредством соблюдения установленных законом требований охраны государственной тайны, служебной и коммерческой тайны, а также результатов интеллектуальной деятельности и исключительных прав на них.

В современных условиях в российском обществе необходимо преодолеть правовой нигилизм, поразивший многих людей, воспитывать уважительное отношение к закону, к правам и свободам других людей, сознание и чувство ответственности, непримиримость к произволу, коррупции. Эти проявления социального зла необходимо преодолеть, и одной из важнейших составных частей всей работы по искоренению нигилизма, социальной апатии служат активные меры по правовому воспитанию и правовому обучению специалистов аэрокосмической отрасли.

Роль правосознания гражданина-специалиста аэрокосмической отрасли очевидна в процессе реализации гражданином прав и обязанностей в связи со своей профессиональной деятельностью. Правореализующая деятельность на всех ее стадиях с субъективной стороны требует использования гражданином правосознания, развитые правовые компоненты которого, вместе с иными элементами длительной и ситуативной готовности к правореализации, являются необходимой внутренней предпосылкой активной, соответствующей закону и процессуальной форме, деятельности гражданина-специалиста аэрокосмической отрасли.

Библиографический список

1. Файзуллин, Г. Г. Юридическое образование – важное условие формирования гражданского общества и правового государства в России / Г. Г. Файзуллин // Государство и право. 2001. № 3. С. 112.

2. Российская Федерация. Президент (2000– ; В. В. Путин). Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации / Российская газета. 2006. 17 мая.

3. Российская Федерация. Законы. О внесении изменений и дополнений в федеральный закон Российской Федерации «О космической деятельности : федер. закон // СЗ РФ. 2004. № 34. С. 3123.

4. Делор, Ж. Образование: сокрытое сокровище: доклад Междунар. комиссии по 4. образованию для XXI в., представленный ЮНЕСКО /Ж. Делор // Университетская книга. 1997. № 4. С. 27.

5. Столяренко, А. М. Юридическая педагогика : курс лекций / А. М. Столяренко. М. : Ассоциация авторов и издателей «Тандем» ; Издательство «Экмос», 2000. С. 7.

6. Всеобщая Декларация прав человека : принята Генеральной Ассамблеей ООН 10 дек 1948 г. // Российская газета. 1995. 5 апреля.

7. Красавчикова, Л. О. Юрист XXI века: реальность и перспективы / Л. О. Красавчикова // Материалы Всеросс. науч.-практ. конф. (19–20 апр. 2001 г.). Екатеринбург : Изд-во УрГЮО, 2002. С. 75.

8. Российская Федерация. Закон «Об образовании» // Российская газета. 1996. № 20. С. 20.

9. Что говорит закон : пособие для учителей. М. : ИНТЭК ЛТД. 1995. С. 15.

10. Никитина, А. Е. Социальное воспитание детей – фактор стабилизации общества / А. Е. Никитина // Педагогика. 1998. № 7. С. 34–36.

11. Алексеева, Л. Е. Обществознание в школе / Л. Е. Алексеева // М., 1997. С. 18.

12. Лихачев, Б. Г. Воспитание как общественное явление и воспитательный процесс / Б. Г. Лихачев // Педагогика. 1994. № 3. С. 5.

13. Бим Бад, Б. М. Образование в контексте социализации / Б. М. Бим Бад, А. В. Петровский // Педагогика. 1996. № 1. С. 7–8.

14. Лихачев, Б. Г. Общие проблемы воспитания школьников / Б. Г. Лихачев. М. : Просвещение, 1979. С. 24.

15. Котова, И. Б. Обучение как составная часть педагогического процесса / И. Б. Котова, Е. Н. Шиянов. М., 1996. С. 48.

16. Основы права и государства : учеб. пособие / под общ. ред. В. М. Шафирова ; Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 2000. С. 98.

V. V. Safronov

LEGAL EDUCATION AS A METHOD OF FORMATION OF CONSCIOUSNESS OF AEROSPACE BRANCH

It is devoted to the analysis of legal consciousness of the specialist of aerospace branch. It is conducted the research of the process of the legal consciousness formation.

УДК 800.61

Т. Н. Куренкова

МИКРОПОЛЕ «МУЧНЫЕ И КРУПЯНЫЕ БЛЮДА» КАК ЧАСТЬ ЛЕКСИКО-СЕМАНТИЧЕСКОГО ПОЛЯ «ЕДА» (В ПРОИЗВЕДЕНИЯХ РУССКИХ АВТОРОВ КОНЦА XIX – НАЧАЛА XX вв.)

Дана классификация лексики художественных произведений с точки зрения полевого подхода. Представлена структура лексико-семантического поля «Еда» в целом и одного из его микрополей – «Мучные и крупяные блюда».

Новизна настоящего исследования заключается в анализе лексики и вычленении лексико-семантического поля (ЛСП) «Еда» в произведениях М. А. Булгакова, Н. В. Гоголя, А. П. Чехова. По нашим данным, в современной лингвистике не предпринимались попытки описания лексико-семантического поля «Еда».

Цель данной работы – показать общую структуру лексико-семантического поля «Еда», а также проанализировать его часть – микрополе «Мучные и крупяные блюда».

Для реализации цели необходимо решить следующие задачи:

– обозначить основные теоретические характеристики семантических и лексико-семантических полей;

– дать структуру лексико-семантического поля «Еда»;

– выявить и описать дифференциальные признаки внутри микрополя;

– проанализировать 3 сектора микрополя, вычлененные на основе дифференциального признака «Вид начинки».

Лексика как подсистема языка является живым организмом, в котором постоянно происходят изменения. Ведущие лингвисты выделяют различные типы лексических микросистем. «Под лексической микросистемой понимается группа лексем, объединенных структурно-семантическими отношениями. К лексическим микросистемам относятся, например, лексико-семантические группы, синонимические ряды, семантические поля и другие группировки лексики» [1]. В нашей исследовательской работе мы имеем дело с лексико-семантическим полем «Еда», поэтому полевой подход к изучению лексики является для нас актуальным. Вопрос о сущности понятия «семантическое поле» до сих пор остается спорным. Ряд исследователей считает семантическое поле явлением экстралингвистическим, но находящим отражение в языке. Согласно другой точке зрения, это явление языка, и вычленение его должно происходить на основе лингвистических данных [2]. «Для семантического поля постулируется наличие общего семантического признака, объединяющего все единицы поля и обычно выражаемого архилексемой. Интегральные семантические признаки в определенных условиях могут выступать как дифференциальные. О взаимосвязи семантических полей в пределах всего словаря свидетельствует принадлежность многозначного слова к различным семантическим полям. Таким образом, семантические поля характеризуются связью слов или их отдельных значений, системным характером этих связей, взаимозависимостью и взаимоопределяемостью лексических единиц, относительной автономностью полей, непрерывностью смыслового пространства, обозримостью и психологической реальностью для среднего носителя языка» [3]. Лексико-семантическое поле – это сложная микросистема, которая обладает рядом свойств. Важнейшими свойствами лексико-семантических полей можно назвать отсутствие четких границ, незамкнутость, взаимодействие с другими полями, аттракция, наличие лакун, асимметричность построения, автономность, самостоятельность в лексико-семантической системе, специфичность в разных языках [4].

В ходе исследования в результате анализа фактического материала, отбор которого проводился способом сплошной выборки соответствующей лексики из произведений русских авторов конца XIX – начала XX вв. (М. А. Булгаков «Мастер и Маргарита» (далее – ММ),

«Собачье сердце» (далее – СС); Н. В. Гоголь «Мертвые души» (далее МД), А. П. Чехов, Свадьба с генералом» (далее СГ)), был сделан вывод, что в ЛСП «Еда», содержащем в целом 832 лексемы, можно выделить два микрополя: собственно «Еда» и «Напитки». Первое крупное микрополе распадается на 2 подполя с ядрами: а) блюда, б) способы приготовления и приема пищи. Подполе «Блюда», в свою очередь, делится на ряд микрополей: «Первые блюда», «Вторые мясные блюда», «Вторые рыбные блюда», «Дичь», «Закуски», «Грибы», «Мучные и крупяные изделия», «Десерт», «Овощи и фрукты», «Жиры и специи», «Морепродукты». В ходе анализа фактического материала было выяснено, что подполе «Блюда» составляет 28 % от общего количества представленных лексем о еде. Подполе «Способы приготовления и приема пищи» подразделяется на: «Способы приема пищи и напитков», «В ресторане», «Предприятия общественного питания», «Обобщенные названия еды», «Время приема пищи», «Бытовые приборы для приготовления пищи», «Характеристика еды», «Посуда», «Проявление чувства аппетита». Данное подполе содержит 59 % общего количества лексем о еде. Микрополе «Напитки» включает в себя 2 подполя: а) алкогольные напитки и б) безалкогольные напитки. В свою очередь, подполе «Алкогольные напитки» содержит 2 микрополя: «Вина» и «Водки». Микрополе «Напитки» составляет примерно 7 % от общего количества лексем о еде. Таким образом, из вышеприведенной статистики следует, что представленные микрополя значительно отличаются по объему: микрополе «Еда» составляет 87 %, а микрополе «Напитки» – всего 7 % от общего количества слов из ЛСП «Еда»; 6 % составляют лексемы, относящиеся к микрополю «Разное», которое находится на периферии ЛСП «Еда» [5].

Микрополе «Мучные и крупяные блюда», состоит из 60 лексем, что составляет примерно 7,2 % от общего числа лексем ЛСП «Еда», 8,2 % лексем микрополя «Собственно Еда» и 25,6 % лексем подполя «Блюда». Микрополе «Мучные и крупяные блюда» является самым большим по величине в подполе «Блюда». Все лексические единицы микрополя «Мучные и крупяные блюда» могут быть дифференцированы на основе следующих признаков, представленных в табличном виде для удобства восприятия. После каждой таблицы приведен пример из художественного произведения (табл. 1–11).

На основе дифференциального признака «Вид начинки» лексемы микрополя «Мучные и крупяные блюда» могут, в свою очередь, образовать как минимум 3 сектора данного микрополя. Обратимся к рассмотрению этих секторов.

Первый вид начинки – творожная. К данному сектору относится одна лексема – ватрушка. Толковый словарь С. И. Ожегова дает следующее определение данной лек-

Таблица 1

Форма

Круглая	Продолговатая	Фигурная	Вытянутая трубочкой
Каравай	Кулебяка	Калач	Макароны
Блины	Пирожок	Крендель	

Пример. Тяжело дыша после бега по раскаленной дороге, Левий овладел собой, очень степенно вошел в лавчонку, приветствовал хозяйку, стоявшую за прилавком, попросил ее снять с полки верхний *каравай*, который почему-то ему понравился больше других, и, когда та повернулась, молча и быстро взял с прилавка то, чего лучше и быть не может, – отточенный, как бритва, длинный хлебный нож, и тотчас кинулся из лавки вон (ММ).

Таблица 2

Высота

Плоское	Средней высоты	Высокое
Лепешка	Булка	Кулич
Блины	Пирог	

Пример. Поставь самовар, слышишь, да вот возьми ключ да отдай Мавре, чтобы пошла в кладовую: там на полке есть *сухарь из кулича*, который привезла Александра Степановна, чтобы подали его к чаю! (МД).

Таблица 3

Вид теста

Кислое	Заварное	Дрожжевое	Пресное	Сдобное	Из любого теста
Блин	Баранка	Булка	Пресный пирог	Кулич	Лепешка
		Пряглы		Пряник	

Пример. *Пресный пирог с яйцом!* – сказала хозяйка (МД).

Таблица 4

Способ приготовления

Варка	Жарка	Выпекание
Каша	Блины	Калач
Макароны	Пряглы	Булка

Пример. Пожарные ужинают *кашей*, как вам известно. Но это – последнее дело, вроде грибов (СС).

Таблица 5

Наличие начинки

С начинкой	Без начинки
Ватрушка	Пряник
Кулебяка	Баранка

Пример. Но господа средней руки, что на одной станции потребуют ветчины, на другой поросенка, на третьей ломоть осетра или какую-нибудь запеканную колбасу с луком и потом как ни в чем не бывало садятся за стол в какое хочешь время, и стерляжья уха с налимами и молоками шипит и ворчит у них меж зубами, заедаемая расстегаем или *кулебякой с сомовьим плесом* так что вчуже пронимает аппетит, – вот эти господа, точно, пользуются завидным даянием неба! (МД).

Таблица 6

Вид начинки

Творожная	Рыбная	С любыми начинками (кашей, мясом, овощами и т. п.)
Ватрушка	Расстегай	Пирог
Лепешка с припекой с творогом	Кулебякой с сомовьим плесом	Шанишки

Пример. Чичиков оглянулся и увидел, что на столе стояли уже грибки, пирожки, скородумки, шанишки, пряглы, блины, *лепешки со всякими припеками: припекой с лучком, припекой с маком, припекой с творогом, припекой со сняточками*, и невесть чего не было (МД).

Таблица 7

Местоположение начинки

Внутри изделия	Сверху изделия
Пирог	Ватрушка
Пряженцы	Расстегай

Пример: – Вся разница в том, что теперь ты упишешь полбараньего бока с кашей, закусивши *ватрушкою* в тарелку, а тогда бы ты ел какие-нибудь котлетки с трюфелями (МД).

Таблица 8

Количество сладкого компонента

С небольшим количеством сладкого или без него	С большим количеством сладкого
расстегай	пряник
кулебяка	кулич

Пример. Кое-где просто на улице стояли столы с орехами, мылом и *пряниками*, похожими на мыло; где харчевня с нарисованною толстою рыбою и воткнутою в нее вилкою (МД).

Таблица 9

Наличие жидкости

Со средним количеством жидкости	С малым количеством жидкости	Практически без жидкости
Каша	Хлеб	Сухарь
Овсянка	Пряник	Баранка

Пример. В этот ужасный день еще утром Шарика кольнуло предчувствие. Вследствие этого он вдруг заскулил и утренний завтрак – полчашки *овсянки* и вчерашнюю баранью косточку – съел без всякого аппетита (СС).

Таблица 10

Степень помола зерна

Цельное зерно	Дробленое зерно (среднего помола)	Мелко помолотое зерно
Зерно	Овсянка	Мука ржаная
Крупа	Крупичатая мука	Мука гречневая

Пример. – Ну, да изволь, я готова отдать за пятнадцать ассигнацией! Только смотри, отец мой, а насчет подрядов-то: если случится *муки* брать *ржаной*, или *гречневой*, или круп, или скотины битой, так уж, пожалуйста, не обидь меня (МД).

Таблица 11

Размер

Маленький	Средний	Большой
Сухарики	Блин	Каравай
Пирожок	Ватрушка	Расстегай

Пример. Распороть ей брюхо, выпустить оттеда икру, смешать ее, знаешь, с толчеными *сухариками*, лучком, перцем и приидите, насладимся! (СГ).

семы. *Ватрушка* – род открытого пирога, пирожка с творожной начинкой.

Пример. За бараньим боком последовали *ватрушки*, из которых каждая была гораздо больше тарелки, потом индюк ростом в теленка, набитый всяким добром: яйцами, рисом, печенками и невесть чем, что все ложилось комом в желудке (МД).

Далее к данному сектору можно отнести лексему *лепешка с припекой с творогом. Лепешка* – плоское круглое изделие из печеного теста. *Припек* по словарю В. И. Даля – посыпка на лепешки, блины, когда на поверхность блина тонким слоем наносится пастообразный пищевой продукт и быстро припекается к блину на разогретой сковородке.

Следующий сектор данного микрополя – с рыбной начинкой больше по объему. Лексема *расстегай* – большой круглый открытый сверху пирог с начинкой (обычно из рыбного фарша); вообще пирожок с открытой начинкой.

Кулебяка – это большой продолговатый пирог с начинкой из мяса или рыбы, капусты, каши, так что исходя из определения, лексема кулебяка может относиться к сектору – с любой начинкой, но так как у Н. В. Гоголя *кулебяка с сомовьим плесом*, то мы можем отнести эту лексему к сектору – с рыбьей начинкой. Далее к этому сектору относится *пирог с головизною*, *куда вошли хрящ и щеки девятипудового осетра.*

Пример. Потом появились прибавления с хозяйской стороны, изделия кухни: *пирог с головизною, куда вошли хрящ и щеки девятипудового осетра*, другой пирог – с груздями**,** пряженцы, маслянцы, взваренцы (МД).

Вообще *пирог* – печеное изделие из раскатанного теста с начинкой. Следовательно, *пирог* может относиться к сектору – с любой начинкой. Из примера видим, что *пирог с груздями* является лексемой третьего сектора. Так же как *пирог пресный с яйцом* относится к сектору – с разными начинками.

Пример. Нужно его задобрить: теста со вчерашнего вечера еще осталось, так пойти сказать Фетинье, чтоб спекла блинов; хорошо бы также загнуть пирог пресный с яйцом, у меня его славно загибают, да и времени берет немного (МД).

Еще две лексемы дополняют третий сектор: *пирог-курник* и *пирог-рассольник*.

Пример. *Пирог-курник* и *пирог-рассольник* выглядывали даже наверх (МД).

К этому же сектору относим *городской мягкий пирог.*

Пример. Или просто жаль оставлять отогретое уже место на людской кухне под тулупом, близ печи, да щей с *городским мягким пирогом*, с тем чтобы вновь тащиться под дождь, и слякоть, и всякую дорожную невзгоду? (МД).

Лексема *пирожок* имеет три значения: 1. см. пирог. 2. Маленький закрытый пирог удлиненной формы. 3. перен. Мужская шапка без полей с продольно вдавленным верхом (разг.). В данном микрополе, мы встречаем примеры второму и третьему значению.

Пример. Чичиков оглянулся и увидел, что на столе стояли уже грибки, *пирожки*, скородумки, шанишки, пряглы, блины, лепешки со всякими припеками: припекой с лучком, припекой с маком, припекой с творогом, припекой со сняточками, и невесть чего не было (МД).

Пример. Первый из них, одетый в летнюю серенькую пару, был маленького роста, упитан, лыс, свою приличную шляпу *пирожком* нес в руке, а на хорошо выбритом лице его помещались сверхъестественных размеров очки в черной роговой оправе, второй – плечистый, рыжеватый, вихрастый молодой человек в заломленной на затылок клетчатой кепке – был в ковбойке, жеваных белых брюках и в черных тапочках (ММ).

Вернемся снова к лексеме *припека*. Лексема лепешка с припекой со сняточками относится ко второму сектору, так как сняточки – это рыба. По В. И. Далю *сняток* – рыбка вандыш (озерная форма корюшки).

Лепешки со всякими припеками: припекой с лучком, припекой с маком относятся к третьему сектору.

Следующая лексема **–** *шанишки* не представлена в словаре С. И. Ожегова, но в «Кулинарном словаре» В. Похлебкина находим следующее: *шанишки*, или шаньги (от коми sanga), – блюдо практически утерянное: их повсеместно заменили пирожки. *Шанишки*, они же, но слепленные в виде ватрушек и не наполненные начинкой, а лишь смазанные ею. Начинка-смазка бывает, какая угодно.

Таким образом, можно сделать вывод, что из всех 58 лексем микрополя «Мучные и крупяные блюда», по дифференциальному признаку «Вид начинки» могут быть расклассифицированы только 15. Из них 2 можно отнести к первому сектору – с творожной начинкой, ко второму – с рыбной начинкой принадлежит 4 лексемы, а к третьему сектору относятся 9 лексем. Все лексемы стилистически нейтральны, лишь лексема *пирожок* представлена в переносном значении.

Все микрополе содержит 43 стилистически нейтральных лексемы. К разговорному стилю принадлежат 5 лексем.

Пример. Пса в столовой прикармливаете, – раздался женский голос, – а потом его отсюда *калачом не выманишь* (СС).

Одна лексема является разговорной с пометой *неодобр*.

Пример. На улицах показались крытые дрожки, неведомые линейки, дребезжалки, колесосвистки – и *заварилась каша* (МД).

3 лексемы разговорного стиля используются в переносном значении.

3 стилистически нейтральных лексемы используются в переносном значении.

Пример. Все это не то, что наш брат холоп, все четвертого или пятого класса, полковники, а кое-где и толстый *макарон* блестит на эполете – генералитет, словом, такой (МД).

6 лексем являются устаревшими.

Пример. В один мешочек отбирают все целковики, в другой полтиннички, в третий четвертачки, хотя с виду и кажется, будто бы в комоде ничего нет, кроме белья, да ночных кофточек, да нитяных моточков, да распоротого салопа, имеющего потом обратиться в платье, если старое как-нибудь прогорит во время печения праздничных лепешек со всякими *пряженцами* или поизотрется само собою (МД).

3 лексемы данного микрополя используются для сравнения.

Пример. У иных были лица, точно *дурно выпеченный хлеб*: щеку раздуло в одну сторону, подбородок покосило в дру-

гую, верхнюю губу вынесло пузырем, которая в прибавку к тому еще и треснула; словом, совсем некрасиво (МД).

Приведенное выше описание только нескольких секторов микрополя «Мучные и крупяные блюда» в лексико-семантическом поле «Еда» дает представление о возможных масштабах семантических исследований лексики художественных произведений отдельных авторов, а также всей лексической системы в целом.

Библиографический список

1. Левицкий, В. В. Типы лексических микросистем и критерии их различения / В. В. Левицкий // Филологические науки. 1988. № 5. С. 66–73.

2. Кривченко, Е. Я. К понятию «семантическое поле» и методам его изучения / Е. Я. Кривченко // Филологические науки. 1973. № 1. С.99–103.

3. Лингвистический энциклопедический словарь. М. : Сов. энциклопедия, 1990. 685 с.

4. Набирухина, А. В. Структура лексико-семантического поля pleasure в современном английском языке / А. В. Набирухина // Вестник ЛГУ. 1990. Вып. 1 (№ 2). С. 69–73.

5. Куренкова, Т. Н. Галлицизмы в лексико-семантическом поле «Еда» / Т. Н. Куренкова, Т. В. Стрекалева // Проблемы преподавания русского языка в Российской федерации и зарубежных странах : материалы междунар. конф. (26–28 октября 2005 г.). В 2 т. Т. 1. М. : МОЦ МГУ, 2005. С. 132–134.

T. N. Kurenkova

THE MICRO FIELD «FLOURY AND GROATS DISHES» AS A PART OF THE LEXICO-SEMANTIC FIELD «FOOD»

It is considered the micro field «Floury and groats dishes» in the lexico-semantic field «Food». It is given the detailed description and analyses of 3 sectors of the micro field «Floury and groats dishes».

УДК 348.146

Л. А. Мартынова, С. Р. Вишневская

К ВОПРОСУ О СООТВЕТСТВИИ ШКОЛЬНЫХ ЗНАНИЙ ПО МАТЕМАТИКЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

Рассматриваются разделы математики, которые изучаются в школе обзорно, но являются востребованными при изучении курса высшей математики в вузе.

Курс математических дисциплин является основополагающим для других предметов в техническом вузе. Очевидно, что без качественной математической подготовки невозможно получить компетентного специалиста [1]. Цель обучения математики в вузе условно можно разделить на две составляющие: 1) освоение математической культуры, получение фундаментальной подготовки; 2) овладение навыками математического моделирования в своей конкретной профессиональной деятельности [2].

Обе эти составляющие взаимно обогащают друг друга, недостаток внимания к одной из них отразится снижением результативности другой.

Рассмотрим проблемы, связанные с изучением традиционного курса. Несмотря на большое количество часов, отводящихся для математических дисциплин на первых двух курсах технических специальностей, и солидный объем изучаемого материала, построение и демонстрация внутрипредметных связей остается слабым звеном. Особенно остро это ощущается при работе со студентами первого курса.

Рассмотрим недостаточную согласованность школьного курса математики и вузовского [3].

За последнее время ряд тем был исключен из курса математики средней школы или их преподавание свелось к обзорному упоминанию. В числе этих тем есть ряд разделов, которые активно используются при изложении высшей математики. Это создает неоправданные трудности как на пути изучения материала, так и при его изложении. Перечислим несколько таких тем: метод математической индукции; комбинаторика; комплексные числа; нахождение рациональных корней многочлена, определение кратности корня; деление многочлена на многочлен.

Перечисленные разделы востребованы в курсе высшей математики [4]. Так, метод математической индукции используется при доказательстве теорем линейной алгебры; комбинаторика – при изучении теории вероятностей; комплексные числа требуются при решении дифференциальных уравнений; нахождение рациональных корней многочлена применяется при вычислении собственных векторов и собственных чисел, при разложении дробей на простейшие дроби, при изучении дифференциальных уравнений; связанная с нахождением корней тема деления многочлена на многочлен используется для изучения пределов функций и интегрирования.

Разумеется, при изложении математических дисциплин преподаватели учитывают, что не все школьники знакомы с указанными темами и стараются донести основ-

ные понятия насколько это возможно. Но учитывая, что эти темы не являются программными для вузовского курса, они проходятся поверхностно, как если бы они лишь повторялись.

Конечно, ряд школьников, обучающихся в школах с углубленным изучением математики, соприкасаются с некоторыми из перечисленных тем. Но даже для них эти темы остаются как бы в стороне от основного курса.

Учитывая, что с введением Единого государственного экзамена (ЕГЭ) основные усилия и со стороны учителей, и со стороны учащихся в старших классах направлены на достойную его сдачу, то темы, не включенные в стандарт ЕГЭ, будут рассматриваться как второстепенные.

Что касается прикладных аспектов математики, призванных развить навыки математического моделирования в конкретной профессиональной деятельности, то подготовительным этапом в этой области являются текстовые задачи. По сути, школьники решают этот тип задач, начиная с начальной школы. При этом школьная программа построена следующим образом: сначала решаются некоторые абстрактные уравнения, а затем даются текстовые задачи, решение которых сводится к составлению аналогичных уравнений. При этом ученик заведомо знает, к какому уравнению или методу нужно свести задачу, поэтому теряется исследовательская компонента. Стоит отметить, что эта важнейшая часть математики оказывается размытой по всему курсу и остается без повторения и систематизации. В результате для выпускников школы текстовые задачи представляют наибольшую трудность. Школьники не видят единого подхода, не в состоянии их классифицировать [5].

Обычно под текстовой задачей подразумевают задачи на движение, на работу, смеси и сплавы и т. д. Но если считать текстовой задачу, где условия формулируются в виде текста, и учащемуся нужно самому определить, какие методы необходимо применить (например, на применение производной, геометрических приложений), то область, охватываемая такими задачами, носящими исследовательский характер, существенно расширяется. Очевидно, что при такой постановке проблемы происходит как осмысление теоретического материала на более глубоком уровне, так и развивается навык по применению фундаментальных знаний к решению прикладных задач, умение моделировать ситуацию математическими методами, выделять главные связи между явлениями. Кроме этого, рассмотрение таких задач позволяет продемонстрировать применение математики для решения задач других дисциплин, таких как физика, химия, механика, тем самым устанавливая межпредметные связи, что снимает любимый студенческий вопрос: «А зачем нам это нужно?»

В курсе высшей математики таким задачам соответствуют задачи на составление дифференциальных уравнений, на составление интегральных сумм и интегрирование, на применение методов дифференциального исчисления.

Для обеспечения согласованности школьного и вузовского курса математики было бы целесообразно после зачисления студентов предлагать комплект методической литературы, рассматривающей такие темы для самостоятельного изучения, а в первые недели обучения для студентов первого курса провести обзорную лекцию и несколько практических занятий вводного плана. По завершении этого вводного курса провести контрольную работу. Затраченные часы на вводный курс повысили бы эффективность занятий как по алгебре, так и по математическому анализу.

Библиографический список

1. Осипов, В. В. Математическое образование в подготовке конкурентноспособного специалиста / В. В. Осипов // Внутривузовские системы обеспечения качества подготовки специалистов : материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. Красноярск, 2006. С. 247–248.

2. Носков, М. В. Фундаментальное математическое образование и компетентностное обучение в современном вузе / М. В. Носков, В. А. Шершнева // Внутривузовские системы обеспечения качества подготовки специалистов : материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. Красноярск, 2006. С. 235–237.

3. Дорофеев, Г. В. О новой парадигме школьного образования / Г. В. Дорофеев // Математика, образование, культура : сб. тр. II Междунар. науч. конф. Ч. 2. Тольятти, 2005. С. 34–36.

4. Мартынова, Л. А. К вопросу об устранении некоторых пробелов в математических знаниях / Л. А. Мартынова // Повышение качества высшего профессионального образования : материалы Всеросс. метод. конф. Красноярск, 2007. С. 245–246.

5. Баранова, И. А. Сравнительный анализ структурных изменений знаний студентов и школьников по некоторым разделам математики / И. А. Баранова, С. Р. Вишневская, Л. А. Мартынова // Повышение качества высшего профессионального образования : материалы Всеросс. метод. конф. Красноярск, 2007. С. 253–259.

L. A. Martynova, S. R. Vishnevskaya

ABOUT CORRESPONDENCE MATHEMATICAL KNOWLEDGE OF SECONDARY SCHOOL TO REQUIREMENT OF HIGH SCHOOL

It is considered divisions of mathematics, which are studied in secondary school shortly, but they are urgent for course of high mathematics in high school.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Аврамчикова Надежда Тимофеевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Саратовский экономический институт в 1971 г. Область научных интересов – региональная экономика, общая теория статистики.

Алешечкин Андрей Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехники Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1994 г. Область научных интересов – спутниковая и наземная навигация, алгоритмы обработки цифровой информации, эхолокация.

Антамошкин Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Томский государственный университет в 1973 г. Область научных интересов – системный анализ.

Базилевский Александр Борисович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1972 г. Область научных интересов – электороснабжение космических аппаратов.

Бойко Андрей Анатольевич – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский институт космической техники в 1990 г. Область научных интересов – моделирование бизнес-процессов, управление основными фондами машиностроительных предприятий.

Бойко Оксана Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент, начальник отдела подготовки кадров высшей квалификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт космической техники в 1987 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов.

Бревнова Анна Григорьевна – ассистент кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила магистратуру Сибирского государственного аэрокосмического университета в 2006 г. Область научных интересов – менеджмент внедрения информационных систем.

Будылин Михаил Александрович – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 2006 г. Область научных интересов – оценка эффективности инвестиционных проектов.

Быченков Александр Владимирович – соискатель при аспирантуре Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский федеральный университет в 2007 г. Область научных интересов – проблемы государственных и муниципальных финансов.

Валиханов Марат Музагитович – магистр, старший преподаватель кафедры радиотехники Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2004 г. Область научных интересов – спутниковая и наземная навигация, алгоритмы обработки цифровой информации, эхолокация.

Вишневская Софья Романовна – кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет в 1991 г. Область научных интересов – алгебра.

Волков Владимир Яковлевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой начертательной геометрии и машинной графики Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. Окончил машиностроительный институт в 1962 г. Область научных интересов – геометрическое моделирование многомерных пространств, исчислительная геометрия.

Волков Дмитрий Викторович – начальник сектора ФГУП «Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева». Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1989 г. Область научных интересов – проектирование и эксплуатация систем коррекции космических аппаратов.

Дегтерев Денис Александрович – кандидат технических наук, докторант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1997 г. Область научных интересов – моделирование и оптимизация инновационных процессов.

Евтифьев Михаил Дмитриевич – доцент кафедры летательных аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Московское высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана в 1986 г. Область научных интересов – применение новейших информационных технологий в проектировании и испытаниях летательных аппаратов и истории ракетно-космической техники.

Ерыгина Лилия Викторовна – кандидат экономических наук, доцент, декан факультета заочного и дополнительного образования Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт цветных металлов в 1985 г. Область научных интересов – планирование и контроль, система контролинга деятельности предприятий.

Ерыгин Юрий Владимирович – доктор экономических наук, заведующий кафедрой финансы и кредит Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Алтайский политехнический институт имени И. И. Ползунова в 1985 г.; аспирантуру Ленинградского политехнического

института имени М. И. Калинина в 1989 г. Область научных интересов – управление инновационной деятельностью предприятий, финансовое планирование инвестиционной и текущей деятельности предприятий.

Журов Александр Викторович – аспирант кафедры прикладной математики Красноярского государственного аграрного университета. Окончил Красноярский государственный университет. Область научных интересов – численные методы.

Замышляев Владимир Иванович – кандидат философских наук, доцент, декан гуманитарного факультета, заведующий кафедрой общественных связей Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева; член-корреспондент Российской академии гуманитарных наук и Международной академии ноосферы; член Союза журналистов России, заместитель главного редактора Енисейской энциклопедии. Окончил Ленинградский институт культуры в 1966 г. Область научных интересов – история и теория культуры, фундаментальной и прикладной культурологии, философии и гуманитаризации.

Зинина Ольга Вячеславовна – старший преподаватель кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный аграрный университет в 1999 г. Область научных интересов – инновационный менеджмент, управление проектами.

Зосимов Александр Георгиевич – заместитель генерального директора авиакомпании «Красноярские авиалинии». Окончил Иркутский политехнический институт в 1980 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей.

Зяблов Евгений Сергеевич – аспирант кафедры экономики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный аграрный университет в 2004 г. Область научных интересов – экономика сельского хозяйства.

Игнатьев Дмитрий Александрович – студент-магистрант кафедры системного анализа Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика.

Ильиных Вадим Вадимович – кандидат технических наук, доцент кафедры космических аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1981 г. Область научных интересов – разработка и экспериментальная отработка космических аппаратов

Ильина Татьяна Романовна – кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Томский государственный университет. Область научных интересов – прикладные задачи дискретной оптимизации.

Карасева Маргарита Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – мультилингвистическая технология обучения иностранным языкам, разработка частотных терминологических словарей.

Кацура Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей института гражданской авиации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Иркутский политехнический институт в 1982 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация, ремонт, надежность и прочность летательных аппаратов.

Ковалев Игорь Владимирович – доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1985 г. Область научных интересов – отказоустойчивые программные архитектуры, мультиверсионное программное обеспечение, многоатрибутивные методы принятия решений, мультилингвистические технологии обучения.

Коваленко Геннадий Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры конструкций летательных аппаратов и двигателей института гражданской авиации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1943 г. Область научных интересов – космическая антропоэкология, разработка летательных аппаратов нетрадиционных схем, создание альтернативных генераторов энергии.

Кокорин Владимир Иванович – кандидат технических наук, профессор кафедры радиотехники Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1975 г. Область научных интересов – спутниковая и наземная навигация.

Кононова Ольга Витальевна – начальник отдела организации учебно-методической работы Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. Окончила Дальневосточный государственный университет в 1981 г. Область научных интересов – менеджмент образования.

Кочура Сергей Григорьевич – главный конструктор электрического проектирования и испытаний космических аппаратов ФГУП «Научно-прикладное объединение прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева». Окончил Новосибирский электротехнический институт в 1978 г. Область научных интересов – электрическое проектирование и испытания систем электропитания, систем управления и космических аппаратов к воздействию факторов космического пространства естественного и техногенного происхождения.

Краснопеев Василий Борисович – аспирант кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окон-

чил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2004 г. Область научных интересов – надежность пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов.

Кузнецов Александр Алексеевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики Красноярского государственного аграрного университета. Окончил Красноярский государственный университет. Область научных интересов – численные методы.

Кукарцев Анатолий Викторович – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 1998 г. Область научных интересов – процессный подход к управлению.

Кукарцев Владислав Викторович – старший преподаватель кафедры системного анализа Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – техническое направление (системный анализ).

Куренкова Татьяна Николаевна – преподаватель кафедры иностранных языков для технических специальностей Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный педагогический университет в 1997 г. Область научных интересов – филология.

Кырова Елена Васильевна – старший преподаватель Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет в 2002 г. Область научных интересов – экономимка и управление предприятиями.

Лесков Виталий Олегович – аспирант Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2007 г. Область научных интересов – мультилингвистическая технология обучения.

Логанов Александр Анатольевич – начальник группы отдела по разработке устройств исполнительной автоматики космических аппаратов ФГУП «Научно-производственного объединения прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева». Окончил Новосибирский государственный технический университет в 1994 г. Область научных интересов – обработка результатов эксперимента с применением косвенных методов, разработка критериев оценки качества агрегатов системы терморегулирования.

Лукасов Виктор Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций летательных аппаратов и двигателей Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Барнаульское высшее военно-авиационное училище летчиков в 1972 г. Область научных интересов – летная и техническая эксплуатация воздушных судов.

Лукьяненко Михаил Васильевич – кандидат технических наук, профессор, советник Российской инженерной академии, почетный работник высшего профессионального образования, награжден медалями имени Н. А. Пилюгина и М. Ф. Решетнева Федерации космонавтики России, заведующий кафедрой систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1967 г. Область научных интересов – космическая энергетика.

Лукьяненко Максим Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и вычислительной техники Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 2001 г. Область научных интересов – электродинамические тросовые спутниковые системы.

Максимов Игорь Александрович – начальник отдела исследований космической среды ФГУП «Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева» Окончил Красноярский государственный университет в 1989 г. Область научных интересов – взаимодействие космического аппарата с факторами космического пространства естественного и техногенного происхождения.

Максимов Юрий Викторович – заместитель генерального директора ФГУП «Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева». Окончил Московский технический университет имени Н. Э. Баумана в 1973 г. Область научных интересов – разработка и гарантирование качества космических аппаратов.

Мартынова Лариса Александровна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет в 1987 г. Область научных интересов – алгебра.

Мартынова Татьяна Алексеевна – кандидат экономических наук, доцент Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Красноярский государственный аграрный университет в 1998 г. Область научных интересов – психология, менеджмент.

Медведев Алексей Викторович – кандидат физико-математических наук, доцент, докторант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета. Окончил Кемеровский государственный университет в 1984 г. Область научных интересов – математическая экономика, теория оптимизации.

Мизрах Енис Аврумович – кандидат технических наук, профессор кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева, почетный работник высшего профессионального образования, награжден медалью имени В. П. Глушко Федерации космонавтики России. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1967 г. Область научных интересов – имитационное моделирование систем электроснабжения космических аппаратов.

Надирадзе Андрей Борисович – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры

электроракетных двигателей и энергетических установок Московского авиационного института (Государственного технического университета). Окончил Московский авиационный институт в 1985 г. Область научных интересов – прогнозирование воздействия собственной атмосферы, плазмы электроракетных двигателей и метеорного вещества на функционирование космического аппарата.

Никушкин Николай Викторович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой конструкции летательных аппаратов и двигателей института гражданской авиации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1983 г. Область научных интересов – летная и техническая эксплуатация воздушных судов.

Новой Александр Валерьевич – бакалавр техники и технологии по направлению «Системный анализ и управление», студент магистратуры Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени М. Ф. Решетнева в 2005 г. Область научных интересов – исследования в области надежности программного обеспечения.

Оборина Людмила Ивановна – соискатель Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2002 г. Область научных интересов – экономика качества, технологическое обеспечение качества.

Окладникова Екатерина Николаевна – старший преподаватель кафедры инженерной экологии Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 1998 г. Область научных интересов – надежность технических систем при эксплуатации, моделирование надежности.

Орлов Виктор Сергеевич – аспирант кафедры безопасности информационных технологий Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2006 г. Область научных интересов – системный анализ, информатика.

Панков Эрих Паулевич – аспирант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2003 г. Область научных интересов – моделирование и оптимизация инновационных процессов.

Панчук Константин Леонидович – кандидат технических наук, доцент кафедры начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики Омского государственного технического университета. Окончил Омский политехнический институт в 1971 г. Область научных интересов – геометрическое моделирование евклидовых и неевклидовых пространств.

Патраев Валерий Елисеевич – кандидат технических наук, начальник группы отдела надежности ФГУП «Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева». Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1975 г. Область научных интересов – надежность космических систем и аппаратов.

Пен Владимир Робертович – кандидат химических наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский технологический институт в 1981 г. Область научных интересов – математическое моделирование процессов химической технологии.

Петров Михаил Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1974 г. Область научных интересов – исследование свойств, обработка информации.

Пономарев Дмитрий Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сетей и системных связей Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1999 г. Область научных интересов – исследование свойств, обработка информации.

Рыбачек Наталья Владимировна – старший преподаватель кафедры экономики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2002 г. Область научных интересов – функционально-стоимостный анализ бизнес-процессов.

Сабиров Рашид Альтавович – кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1975 г. Область научных интересов – механика сплошных средств.

Сафронов Вячеслав Владимирович – кандидат юридических наук, доцент кафедры правоведения Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 2000 г. Область научных интересов – теория государства и права.

Сидоров Александр Сергеевич – старший преподаватель кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2006 г. Область научных интересов – электротехнические комплексы и системы космических аппаратов.

Смирнов Виктор Александрович – начальник группы отдела исследований космической среды ФГУП «Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева». Окончил Новосибирский электротехнический институт в 1985 г. Область научных интересов – прогнозирование воздействия собственной атмосферы, плазмы электроракетных двигателей и метеорного вещества на функционирование космического аппарата.

Степанова Наталья Викторовна – студент Алтайского экономико-юридического института. Область научных интересов – математические модели экономики.

Стерехов Игорь Владимирович – соискатель Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1988 г. Область научных интересов – технологическое обеспечение качества.

Сугак Евгений Викторович – доктор технических наук, профессор кафедры электронной техники и телекоммуникаций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Ленинградский политехнический институт в 1978 г. Область научных интересов – инженерная экология, гидроаэродинамика, промышленная безопасность.

Терпугов Александр Федорович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теории вероятностей и математической статистики Томского государственного университета. Окончил Томский государственный университет в 1961 г. Область научных интересов – математические модели экономики.

Тестоедов Николай Алексеевич – кандидат технических наук, генеральный конструктор и генеральный директор ФГУП «Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева». Окончил Ленинградский военно-механический институт в 1974 г. Область научных интересов – проектирование космических аппаратов и космических систем.

Треногин Николай Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры системного анализа и управления операциями Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1979 г. Область научных интересов – телекоммуникации и информационные технологии.

Трифанов Владимир Иванович – соискатель Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2004 г. Область научных интересов – технологическое обеспечение качества, философия качества.

Трифанов Иван Васильевич – доктор технических наук, профессор Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1975 г. Область научных интересов – технология производства летательных аппаратов, технологическое обеспечение качества.

Урнышев Дмитрий Сергеевич – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил институт гражданской авиации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева в 2006 г. Область научных интересов – механика разрушений, техническая диагностика летательных аппаратов.

Филько Ирина Вениаминовна – старший преподаватель кафедры организации производства и управления на предприятиях агропромышленного комплекса Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Красноярский государственный аграрный университет в 2000 г. Область научных интересов – экономика и управление на предприятиях.

Хоролич Галина Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет. Область научных интересов – математическое моделирование сложных систем, стохастические алгоритмы оптимизации.

Цветцых Александр Васильевич – магистр кафедры менеджмента, старший преподаватель кафедры экономики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил магистратуру Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева в 2002 г. Область научных интересов – инструменты стратегического и внутрифирменного планирования инновационного развития предприятий.

Шаймарданов Лев Гайнулович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической механики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева, член-корреспондент международной академии наук высшей школы. Окончил Куйбышевский авиационный институт в 1966 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей.

Шапошников Владимир Владимирович – старший сотрудник НИО-28 Московского авиационного института (Государственного технического университета). Окончил Московский авиационный институт в 1980 г. Область научных интересов – электростатическая зарядка и активная нейтрализация космического аппарата, проблемы совместимости электроракетных двигателей с космическими аппаратами.

Школьный Вадим Николаевич – главный конструктор проектирования и испытаний РЭЛ ФГУП «Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева». Окончил Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники в 1977 г. Область научных интересов – радиоэлектроника.

Щербинин Дмитрий Юрьевич – заместитель начальника отдела Российского государственного научно-исследовательского испытательного центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина. Окончил Рижское высшее военное авиационное инженерное училище в 1988 г. Область научных интересов – использование информационных технологий в процессе подготовки экипажей пилотируемых космических аппаратов.

Энгель Екатерина Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и систем Хакасского государственного университета имени Н. Ф. Катанова. Окончила Хакасский государственный университет имени Н. Ф. Катанова. Область научных интересов – нейроинформатика, нечеткая логика.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА, ИНФОРМАТИКА 3

Мизрах Е. А., Сидоров А. С. Исследование имитатора солнечных батарей с параллельным непрерывным усилителем мощности 4

Школьный В. Н. Оптимизация построения подсистем сбора информации бортового комплекса управления перспективных космических аппаратов Научно-производственного объединения прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева 8

Ильина Т. Р., Хоролич Г. Б. Задача планирования распределения транспортных ресурсов в условиях нерегулярного поступления заказов на обслуживание 11

Ковалев И. В., Новой А. В. Расчет надежности отказоустойчивых архитектур программного обеспечения 14

Мартынова Л. А. Описание идеалов лиева кольца $NF_4(K)$ 18

Медведев А. В. Экономико-математическое моделирование региональных инвестиционных процессов 20

Петров М. Н., Треногин Н. Г. Тензорный метод анализа эффективности информационных систем управления бизнес-компаний телекоммуникационной отрасли 25

Петров М. Н., Пономарев Д. Ю. Об одном методе оценки вероятностно-временных характеристик сетей обработки информации 28

Карасева М. В., Лесков В. О. Автоматизация формирования информационной базы мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии 31

Степанова Н. В., Терпугов А. Ф. Оптимальное управление ценой при продаже скоропортящегося товара 35

Кузнецов А. А., Журов А. В. Взвешенный прогноз на основе анализа временных рядов 39

Антамошкин А. Н., Кукарцев В. В., Бойко А. А. Математическая модель воспроизводства основных производственных фондов 40

Окладникова Е. Н., Сугак Е. В., Игнатьев Д. А. Оптимальное управление безопасностью промышленных объектов 43

Дегтерев Д. А., Панков Э. П. Решение задачи синдицированного кредитования методом динамического программирования 48

Энгель Е. А., Ковалев И. В. Методы и алгоритмы обработки информации нечеткими нейросетями в системах интеллектуальной поддержки принятия решений 50

Панчук К. Л., Волков В. Я. Моделирование линейчатого пространства дуальной эллиптической плоскостью 54

Пен В. Р., Ковалев И. В. Управление процессом делигнификации смешанного древесного сырья 57

РАЗДЕЛ 2. АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА 61

Краснопеев В. Б., Бойко О. Г. Анализ отработки ресурсов системами самолета Ту-154М при длительной эксплуатации 62

Орлов В. С. Алгоритм форсирования режимов ударных испытаний, сформированных по данным натурных измерений 64

Патраев В. Е., Максимов Ю. В., Ильиных В. В. Оценка эффективности оптимизации экспериментальной отработки космических аппаратов навигации и связи 67

Лукасов В. В., Никушкин Н. В. Применение методики поиска неисправностей по теореме гипотез (метод Байеса) в диагностике авиационной техники 71

Зосимов А. Г. Анализ стандартных методов оценки надежности функциональных систем самолетов гражданской авиации и возможности их применения эксплуатантами 73

Тестоедов Н. А. Особенности испытаний агрегатов с низкой частотой резонанса на механические воздействия 76

Евтифьев М. Д. Комплексный технико-экономический анализ баллистических ракет подводных лодок (Часть 1) 79

Коваленко Г. Д., Никушкин Н. В., Кацура А. В., Урнышев Д. С. Метод оценки напряженного состояния упруго-деформируемых объектов 86

Надирадзе А. Б., Шапошников В. В., Смирнов В. А., Максимов И. А., Кочура С. Г. Выбор критерия и учет состава пленок загрязнения при оценках совместного загрязняющего воздействия собственной внешней атмосферы и стационарных плазменных двигателей 91

Логанов А. А. Оценка эффективности профиля аксиальных тепловых труб малых космических аппаратов 94

Щербинин Д. Ю. Использование системы виртуального окружения для визуализации изображений земной поверхности, полученных на борту международной космической станции 97
Сабиров Р. А. К расчету напряженно-деформированного состояния переходных ферменных отсеков летательных аппаратов 100
Алешечкин А. М., Валиханов М. М., Кокорин В. И. Исследование погрешностей определения координат наземной радионавигационной системы 105
Лукьяненко М. В., Лукьяненко М. М. Моделирование энергетических характеристик электродинамических тросовых систем 110
Лукьяненко М. В., Базилевский А. Б. Идентификация модели солнечной батареи 115
Зосимов А. Г., Бойко О. Г., Шаймарданов Л. Г. Метод расчета надежности функциональных систем самолетов гражданской авиации по статистическим материалам эксплуатантов 118
Бойко О. Г., Шаймарданов Л. Г. Методологические особенности расчетов надежности функциональных систем самолетов гражданской авиации 120

РАЗДЕЛ 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И МАТЕРИАЛЫ 125

Трифанов И. В., Оборина Л. И., Трифанов В. И., Стерехов И. В. Исследование параметров взаимодействия инструмента-дорна и заготовки при изготовлении каналов малого сечения 126

РАЗДЕЛ 4. ЭКОНОМИКА 129

Ерыгин Ю. В., Цветцых А. В., Быченков А. В. Инструменты планирования устойчивого инновационного развития предприятий оборонно-промышленного комплекса 130
Аврамчикова Н. Т. Проблемы и особенности социально-экономического развития регионов России 135
Бойко А. А., Рыбачек Н. В. Инструментальные комплексы для проведения функционально-стоимостного анализа деятельности предприятий 139
Рыбачек Н. В. Методики проведения функционально-стоимостного анализа деятельности предприятий 144
Кукарцев А. В. Обзор практики внедрения процессного подхода к управлению на российских предприятиях 149
Зяблов Е. С. Интенсификация как фактор повышения экономической эффективности производства зерна 153
Будылин М. А. Применение реальных опционов для оценки инвестиционных проектов 157
Зинина О. В. Инновации в системе образования 161
Бревнова А. Г. Взаимосвязь функциональных подсистем корпоративной информационной системы и уровней организационной зрелости 165
Ерыгин Ю. В., Кырова Е. В. Совершенствование инструментов государственного регулирования тарифов на электрическую энергию для промышленных потребителей 170
Кононова О. В., Ерыгина Л. В. Структура и институциональные формы управления процессом учебно-методической работы инновационного предпринимательского вуза 176
Филько И. В., Ерыгина Л. В. Совершенствование инструментов и методов бюджетного планирования на предприятиях хлебопекарной промышленности 181

РАЗДЕЛ 5. ФИЛОСОФИЯ И СОЦИОЛОГИЯ 187

Замышляев В. И. Историко-социальные субъекты культуры в России в XVIII в. 188

РАЗДЕЛ 6. ПРАВО, ФИЛОЛОГИЯ, ПЕДАГОГИКА 195

Сафронов В. В. Правовое образование как способ формирования правосознания специалиста аэрокосмической отрасли 196
Куренкова Т. Н. Микрополе «Мучные и крупяные блюда» как часть лексико-семантического поля «Еда» (в произведениях русских авторов конца XIX – начала XX вв.) 200
Мартынова Л. А., Вишневская С. Р. К вопросу о соответствии школьных знаний по математике для освоения программ высшей школы 204

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ 206

CONTENTS

PART 1. MATHEMATICS, MECHANICS, INFORMATICS 3

Mizrakh E. A., Sidorov A. S. The analysis of photovoltaic array simulator with cascade parallel continuous power amplifiers 4
Shkolniy V. N. Optimization of on-board control subsystem construction of promising spacecrafts of FSUE «Academician M. F. Reshetnev NPO PM» 8
Ilina T. R., Khorolich G. B. Vehicle distribution planning problem under condition of irregular ordering 11
Kovalev I. V., Novoy A. V. Reliability calculation of software fault-tolerant architecture 14
Martynova L. A. Description of ideals of lie rings $NF_4(K)$ 18
Medvedev A. V. The economical and mathematical modeling of the regional investment processes 20
Petrov M. N., Trenogin N. G. The tensor method of the analysis of efficiency of information control systems of business-companies of telecommunication branch 25
Petrov M. N., Ponomarev D. U. About information networks probability and time characteristics estimation method 28
Karaseva M. V., Leskov V. O. Automation of the informational basis formation of the multilingual adaptive technology 31
Stepanova N. V., Terpugov A. F. The optimal control of retail price of perishable goods 35
Kuznetsov A. A., Zhurov A. V. The weighed forecast on basis of analysis of time series 39
Antamoshkin A. N., Kukartsev V. V., Boyko A. A. Mathematical model of reproduction of the basic production assets 40
Okladnikova E. N., Sugak E. V., Ignatev D. A. Optimum safety control of industrial objects 43
Degterev D. A., Pankov E. P. The solving of the syndicated crediting problem with a method of dynamic programming 48
Engel E. A., Kovalev I. V. Information processing methods and algorithm of fuzzy neural networks at decision-making system 50
Panchuk K. L., Volkov V. J. Modelling line space a dual elliptic plane 54
Pen V. R., Kovalev I. V. Management of delignification process of the mixed wood raw material 57

PART 2. AVIATION AND SPACE-ROCKET ENGINEERING 61

Krasnopeev V. B., Boiko O. G. The analisis of output resources by systems of airplane Tu-154m during long explotation 62
Orlov V. S. An algorithm for generation of the spacecraft environment levels based on the flight data to perform the accelerated mechanical tests 64
Patrayev V. E., Maximov Yu. V., Ilinych V. V. Assessment of communications and navigation satellites experimental test development optimization efficiency 67
Lukasov V. V., Nikushkin N. V. Application of a technique of search of malfunctions under the theorem of hypotheses (method Bayes) in diagnostics of aviation engineering 71
Zosimov A. G. The analysis of standard reliability evaluation methods of the civil aviation airplanes functional systems and the possibilities of their usage by the exploiters 73
Testoedov N. A. Features of tests for mechanical loadings of units with a low resonance frequency 76
Evtifiev M. D. The complex technical and economic analysis of ballistic missiles of submarines (Part 1) 79
Kovalenko G. D., Nikushkin N. V., Katsura A. V., Urnyshev D. S. The method of estimation of the elastic-deformable objects intense condition 86
Nadiradze A. B., Shapospnikov V. V., Smirnov V. A., Maximov I. A., Kochura S. G. Criterion choice and taking into account the contamination films composition at the estimation of the joint contaminating influence of the own external atmosphere and stationary plasma thrusters 91
Loganov A. A. Estimation of efficiency of a structure of axial thermal pipes of small space vehicles 94
Shcherbinin D. Yu. The virtual environment system application for visualization of the earth surface images which made on board of the international space station 97
Sabirov R. A. Application of virtual displacement principles in combination with finite elements method for stress-strained analysis of transit truss segments 100
Aleshechkin A. M., Valikhanov M. M., Kokorin V. I. The research of Accuracy determination of position of ground radio-navigation system 105
Lukyanenko M. V., Lukyanenko M. M. Energy characteristics simulation of electrodynamic wire rope systems 110
Lukyanenko M. V., Basilevsky A. B. Photovoltaic array model identification 115

Zosimov A. G., Boyko O. G., Shaimardanov L. G. The reliability calculation method of the civil aviation airplanes functional systems by the statistic materials of exploiter 118
Boyko O. G., Shaimardanov L. G. The methodic specialties of the functional systems reliability of the civil aviation airplanes 120

PART 3. TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MATERIALS 125

Trifanov I. V., Oborina L. I., Trifanov V. I., Sterehov I. V. Research of interreactions characteristics of core-inginery and feedstock to fabricate canals of light section 126

PART 4. ECONOMICS 129

Erygin U. V., Tsvettsykh A. V., Bychenkov A. V. The instruments of planinig of stability innovative evolution of the industrial complex enterprises 130
Avramchikova N. T. Problems and peculiarities of socio-economic development of regions in Russia 135
Boiko A. A., Ribachok N. V. Basic software for economic activities value analysis of an enterprise 139
Ribachok N. V. The method for economic activities value analysis of an enterprise 144
Kukartsev A. V. Practice review of promotion of process approach to management at Russian enterprises 149
Zyablov E. S. Intensification as a factor of economic efficiency raising in production of grain 153
Budylin M. A. Application of real options for the investment projects valuation 157
Zinina O. V. Innovation in the educational system 161
Brevnova A. G. Association of functional subsystem of corparate information system and organizational maturity levels 165
Erygin Yu. V., Kyrova E. V. The improvement of instruments of government control of electrical energy's traffys for plant factilities 170
Kononova O. V., Erygina L. V. The structure and institutional forms of methodical work administration in the innovate entepreneurial university 176
Filiko I. V., Erygina L. V. Perfection on the budgeting planning tools and methods at the baking industry enterprises 181

PART 5. PHILOSOPHY AND SOCIOLOCY 187

Zamyshlyaev V. I. Historical and social subjects of culture in Russia of XVIII century 188

PART 6. LAW, PHILOLOGY, PEDAGOGICS 195

Safronov V. V. Legal education as a method of formation of consciousness of aerospace branch 196
Kurenkova T. N. The micro field «floury and groats dishes» as a part of the lexico-semantic field «food» 200
Martynova L. A., Vishnevskaya S. R. About correspondence mathematical knowledge of secondary school to requirement of high school 204

THE INFORMATION ABOUT THE AUTHORS 206