

# Системный анализ, управление и автоматизация

УДК 002.63:339.138

## О ПРОБЛЕМЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ ПОДСИСТЕМ АИС ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

*А.П. Власов*

Ивановский государственный химико-технологический университет  
Россия, 153000, г. Иваново, пр. Шереметьевский, 7  
E-mail: vlasov-a-p@yandex.ru

*Рассмотрен один из подходов к исследованию проблемы управляемости в АИС предприятия с использованием теоретико-множественного анализа. Апробирование проведено на учебном варианте ERP-системы Microsoft Dynamics AX 2009. Модуль линейного программирования реализован на языке C++.*

**Ключевые слова:** управляемость, линейное программирование, UML, язык C++.

Предприятия химической промышленности (а также и предприятия химического машиностроения) подвержены большому количеству рисков вследствие нестабильной экономической ситуации в мире и достаточно высокой фондоемкости химического производства. Технологическая сложность производства, специфика используемого сырья характеризуют большинство химических предприятий.

К продукции химического машиностроения предъявляются жесткие требования по температурному режиму (в ряде случаев оборудование должно обеспечивать возможность работы при температурах, близких к абсолютному нулю; в других случаях – при температурах до 3000 °С), по давлению (в ряде случаев минимальным давлением в системах для проведения некоторых процессов является остаточное давление  $10^{-6}$ – $10^{-9}$  мм рт. ст., а максимальным – 1000 атм), а также по стойкости к агрессивному воздействию кислот и щелочей различной концентрации.

Оборудование, выпускаемое предприятиями химического машиностроения, как правило, состоит из большого количества деталей и сборочных единиц и представляет собой комплексы с количеством уровней структуры изделий до 9 ÷ 10. Длительность цикла изготовления одного изделия разных типов колеблется в пределах от одного месяца до полутора лет.

Наличие внешних угроз требует от системы управления способности быстро адаптироваться к изменениям внешней среды.

Проблема управляемости широко освещена в многочисленных источниках. Р.Е. Калман [8, 9] впервые поставил и исследовал задачи о построения области

---

*Алексей Петрович Власов (к.т.н.), доцент кафедры «Информационные технологии».*

управляемости при ограничении на величину управляющего воздействия. А.М. Формальский [10] исследовал случаи, когда на управление наложено несколько ограничений одновременно. М. Мессарович [6] рассматривал управляемость с использованием теоретико-множественного подхода. Ю.Н. Андреев рассмотрел детерминированные системы с непрерывным временем, а также с помощью аппарата линейных векторных пространств изложил основные положения теории модального управления и теории оптимальных обратных связей в системах с квадратичным критерием качества. В [2, 3] рассматриваются проблемы организационной управляемости, в [2] вводятся понятия «административный контур управления», «финансовый контур». В [4] приводятся подробные рекомендации по управлению ритмичностью машиностроительного производства, что является важнейшей частью подсистемы «основное производство». В [12] разработана методика системного анализа дестабилизирующих программных воздействий. Проблемы финансовой устойчивости исследованы в [13].

В настоящей статье рассмотрен один из подходов к исследованию проблемы управляемости в АИС предприятия на примере подсистемы «маркетинг».

Точка зрения автора настоящей статьи на проблему декомпозиции автоматизированной информационной системы (АИС) изложена в [1, 7]. На первом уровне система декомпозируется на такие подсистемы, как маркетинг, техническая подготовка производства, персонал, основное производство, вспомогательное производство, финансы, запасы (материально-техническое снабжение), качество.

Подсистема «маркетинг» является довольно специфической подсистемой в отличие от таких подсистем, как «финансы», «материально-техническое снабжение», «управление персоналом», которые хорошо типизированы. Специфика маркетинга обусловлена как объективными (очень большими расхождениями в теоретических подходах к подсистеме «маркетинг» среди специалистов по маркетингу [5]), так и субъективными причинами (на некоторых отечественных предприятиях продолжают существовать одновременно плановый отдел и отдел сбыта – с одной стороны, отдел маркетинга – с другой; такой подход в рыночных условиях не совсем корректен).

В многочисленных типовых проектных решениях (ТПР), получивших название Enterprise Resource Planning (ERP) и предназначенных для использования при создании и модернизации АИС химических предприятий [1], содержится много самых разнообразных подходов к подсистеме «маркетинг».

Отношение фирм – производителей ERP-систем к подсистеме «маркетинг» очень разнородное. На одном полюсе – признание этой подсистемы как самой важной, на другом – полнейшее замалчивание. В [1, 7] раскрываются причины подобного явления.

В настоящий момент среди специалистов по маркетингу нет единства в отношении термина «комплекс маркетинга».

Комплекс маркетинга – одно из основных понятий современной системы маркетинга. Это понятие включает набор поддающихся управлению переменных факторов маркетинга, совокупность которых фирма использует в стремлении вызвать желаемую ответную реакцию со стороны целевого рынка [5]. Существует несколько мнений относительно включения маркетинговых переменных в комплекс маркетинга. Концепция 4P (four P) предполагает наличие следующих элементов:

- 1) продукт (product);

- 2) цена (price);
- 3) продвижение (promotion);
- 4) позиционирование на рынке, или место (place).

Появились концепции 5P (с добавлением составляющей people), 6P, 7P и более (перечислять их нет смысла).

Подобное разночтение затрудняет работу аналитиков, создающих ERP-системы, по вопросу о том, как далее декомпозировать данную функцию, сколько и каких подсистем должно быть на втором уровне декомпозиции.

Ф. Котлер [14] в своем интервью (в рамках которого был задан вопрос в отношении комплекса маркетинга) на вопрос: «Каково ваше отношение к структуре комплекса маркетинга, выходящей за рамки 4P? Нет ли здесь противоречия определению, согласно которому комплекс маркетинга – это набор поддающихся управлению маркетинговых инструментов, а не просто факторов, влияющих на маркетинг?» ответил: «Да, действительно, существует только 4 элемента комплекса маркетинга (продукт, цена, продвижение, позиционирование), являющихся управляемыми инструментами комплекса маркетинга. Все остальные добавления к этим четырем элементам излишни».

Но даже авторитетный голос Ф. Котлера не остановил любителей вводить новые аббревиатуры. Новые «P» продолжают появляться.

В практической деятельности предприятий подобная классическая концепция маркетинга вызывает много трений. Заявка маркетологов на управление продуктом вызывает неприятие у таких авторитетных специалистов на предприятии, как главный конструктор и главный технолог (по поводу ценообразования – у финансистов, по поводу позиционирования – у работников сбытового отдела). Классическая декомпозиция маркетинга, представленная на рис. 1, не всегда соответствует действительности.

По мнению автора настоящей статьи, подсистема «маркетинг» является слабо формализованной, разнородной и неструктурированной. В [1] было отмечено, что использование теоретико-множественного анализа [6] для исследования слабо формализованных систем является довольно плодотворным.

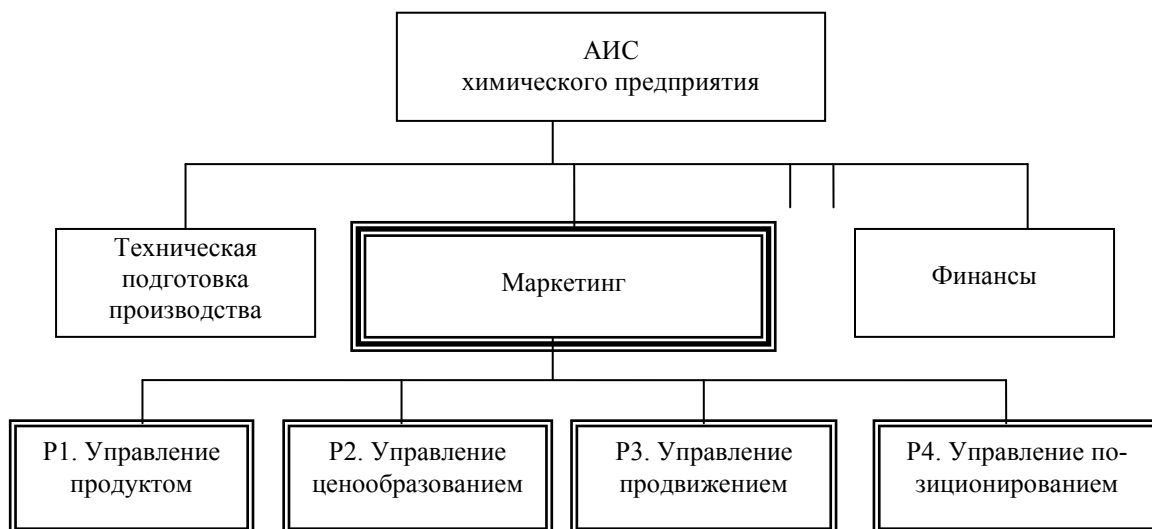


Рис. 1. Декомпозиция системы

Для исследования управляемости подсистемы «маркетинг» целесообразно использовать подход, изложенный в [6] для исследования управляемости системы, суть которого в следующем.

Для того чтобы обобщить понятия типа управляемости, сделав их пригодными для более общего контекста, представляется целесообразным сделать два следующих замечания:

– способность системы функционировать определенным образом обычно оценивается по характеру ее выходной величины, но в конечном счете она зависит лишь от поступающих на нее входных воздействий. Поэтому условия, определяющие, обладает ли система некоторыми свойствами или нет, будут выражены в терминах существования соответствующих входных воздействий;

– для того чтобы определять понятия в этой категории, необходимо, вообще говоря, вводить некоторую оценочную функцию, или показатель качества, позволяющий уточнить, что же считается желаемым поведением системы. Задается отображение (1), которое называется оценочной функцией (или критерием качества) системы:

$$G : X \times Y \rightarrow V, \quad (1)$$

где  $G$  – оценочная функция;  $V$  – множество оценок;  $X$  – множество входов;  $Y$  – множество выходов системы.

Для исследования управляемости система описывается с помощью отображения (2), определенного на двух объектах  $M$  и  $U$ :

$$S : M \times U \rightarrow Y, \quad (2)$$

где  $M$  и  $U$  – входная информация, поступающая (из внешней среды и от руководства соответственно) к элементам маркетинга (продукт, цена, продвижение, позиционирование).

Оценочная функция  $G$  для такого представления системы  $S$  имеет вид

$$G : M \times U \times Y \rightarrow V. \quad (3)$$

Для исследования управляемости системы вводится несколько понятий.

1. Множество  $V' \subset V$  называется воспроизводимым (достижимым, доступным) относительно  $G$  тогда и только тогда, когда выполняется условие

$$(\forall v)[v \in V' \Rightarrow (\exists (m, u)) (g(m, u) = v)], \quad (4)$$

где  $v$  – элемент множества оценок  $V$ ;

$m$  – элемент множества ( $M$ ) входной информации, поступающей из внешней среды;

$u$  – элемент множества ( $U$ ) входной информации, поступающей от руководства предприятия;

$g$  – элемент отображения  $G$ .

2. Множество  $V' \subset V$  называется вполне управляемым относительно  $g$  (или  $G$  и  $S$ ) тогда и только тогда, когда выполняется условие

$$(\forall v)(\forall u)[v \in V' \wedge u \in U \Rightarrow (\exists m) (g(m, u) = v)]. \quad (5)$$

3. Если  $V$  имеет более одной компоненты, то соответствующая система называется многокритериальной. В этом случае оценочный объект  $V$  представляется в виде условия

$$V = V_1 \times \dots \times V_k = \times \{V_j : j \in I_k\}. \quad (6)$$

Множество  $V' \subset V^k$  называется склеенным (при заданных  $S$  и  $G$ ) тогда и только тогда, когда истинно предложение

$$(\exists v)[v \in V' \wedge (\exists(m, u)) (g(m, u) \neq v)]. \quad (7)$$

Множество  $V'$  называется несклеенным тогда и только тогда, когда истинно предложение

$$(\forall v)[v \in V' \Rightarrow (\exists(m, u, y)) (g(m, u, y) = v)] \wedge \exists(m', u', y')[g((m', u', y') \neq v)]. \quad (8)$$

Содержательный смысл понятия воспроизводимости очевиден. Любой элемент воспроизводимого множества можно получить, если возникнет такая необходимость. Управляемость – это более сильное свойство, которое гарантирует возможность достижения любой заданной оценки  $v \in V'$  при любых внешних условиях, т. е. при любых  $u \in U$ . Наконец, склеенность – это специальное понятие, относящееся лишь к системам, оцениваемым по векторному критерию. Система называется склеивающей относительно декартова множества  $V' = V'_1 \times \dots \times V'_k$ , если не все возможные комбинации компонент ее оценки возможно реализовать одновременно, т. е. если некоторое заданное значение одной из компонент может быть достигнуто лишь в сочетании с некоторыми (а не всеми) значениями остальных компонент.

На основании вышеприведенной теоретико-множественной модели проведено конструирование системы с использованием языка UML. Проверка модели проводилась на учебном варианте ERP-системы Microsoft Dynamics AX 2009. Модуль линейного программирования реализован на языке x++. Система, позволяющая выявить те переменные, которыми должен управлять маркетинг, представлена на рис. 2.

Технологию работы системы, представленной на рис. 2, можно проиллюстрировать следующим образом. Отдел маркетинга в течение месяца заключает договоры с клиентами на производство изделий (продуктов), которые должны быть изготовлены (выпущены) в следующем месяце. В процессе заключения каждого нового договора происходит в режиме online проверка выполнимости плана на линейной модели. Проверка плана на выполнимость осуществляется совместно с другими подразделениями, в частности:

- подразделение персонала предоставляет константы для линейной модели, которые необходимы для составления ограничений линейной модели по трудовым ресурсам;
- подразделение вспомогательного производства (которое отвечает за исправность оборудования) предоставляет константы для линейной модели, которые необходимы для составления ограничений линейной модели по оборудованию.

Возможна следующая ситуация. В течение ряда месяцев выявляется существенное недоиспользование некоторых видов оборудования. В этом случае (в соответствии с множеством оценок  $V$ ) формируется управляющее воздействие на продажу или консервацию этого вида оборудования (множество  $Y$ ) или принимается решение об исключении оборудования из числа элементов, управляемых маркетингом.

Возможна другая ситуация. В течение ряда месяцев некоторые изделия не включаются в базисное решение линейной модели, т. е. план по ним нулевой.

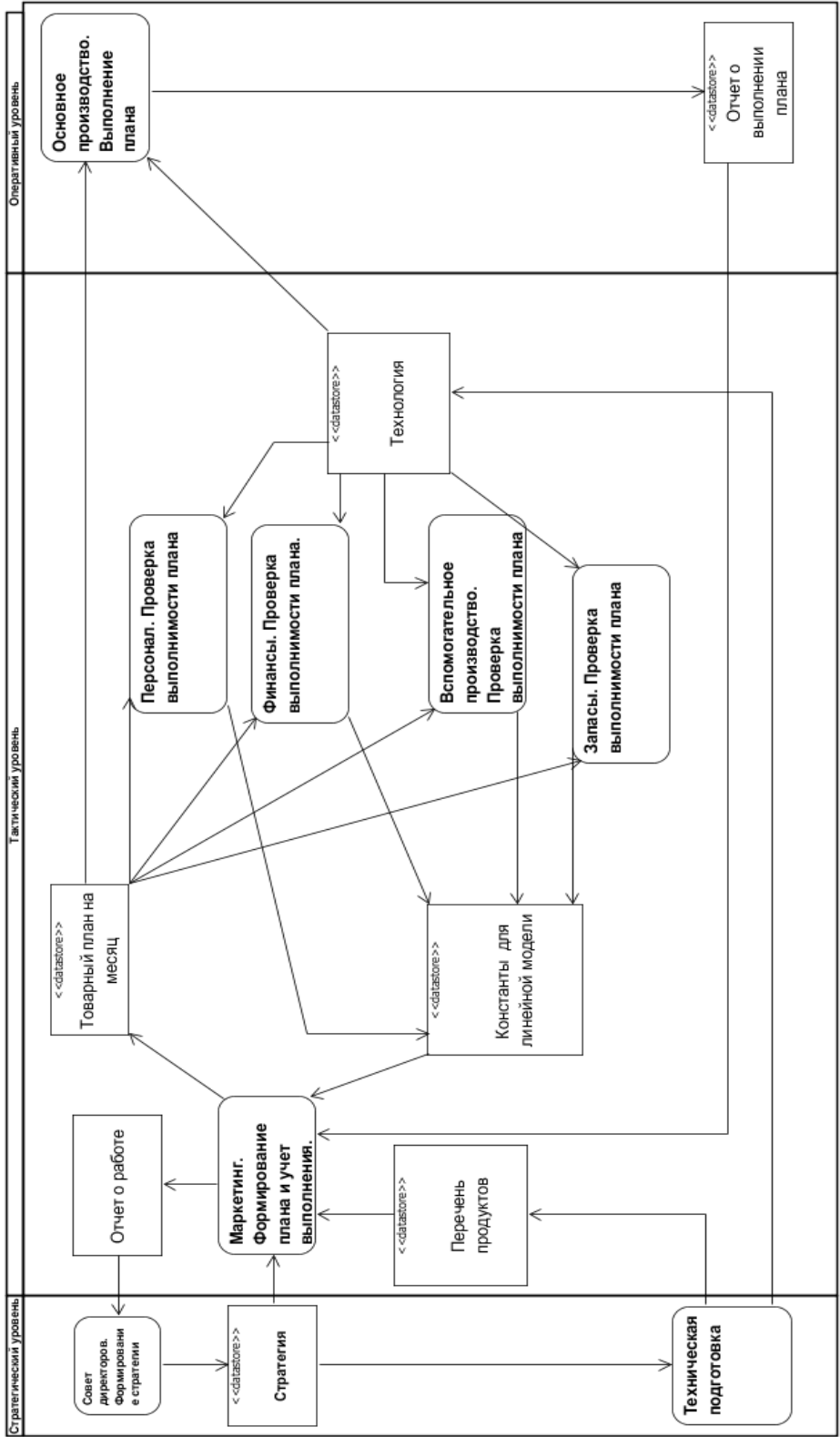


Рис. 2. Взаимосвязь подсистем

Такая ситуация возможна для так называемых сопутствующих товаров, которые изготавливаются не по заказу, а «на склад». В этом случае (в соответствии со множеством оценок  $V$ ) формируется управляющее воздействие на снятие с производства этого вида изделия (множество  $Y$ ).

С организационной точки зрения эти управляющие воздействия маркетинга не носят характера административного воздействия, они представляются совету директоров в виде отчета, а затем в случае одобрения отображаются в стратегии.

Верификация и валидация модели проводились следующим образом. До проведения расчета на ЭВМ готовился контрольный пример, включающий в себя все множества данных, в том числе и выходные, на основании интуитивного представления экспериментаторов. Сопоставление данных контрольного примера с результатами расчета на ЭВМ продемонстрировало адекватность модели.

Сфера использования предложенной модели определяется следующими обстоятельствами:

- длительность проверки выполнимости должна быть значительно меньше длительности производственного цикла изготовления изделия. Этому требованию удовлетворяют серийные изделия, для которых полностью составлена документация по конструкторской и технологической подготовке (ГОСТ ЕСКД и ЕСТД), содержащая все необходимые нормы (константы линейной модели) для линейной модели. В противном случае (например для единичных изделий, у которых нормы еще не рассчитаны) модель неприменима, для расширения сферы деятельности на подобные изделия необходимо проведение дальнейших исследований с использованием методов стохастического программирования;

- длительность производственного цикла не должна превышать полгода. В противном случае нарушаются требования линейности (аксиомы делимости и аддитивности, т. е. появляется нелинейность). В этом случае для расширения сферы деятельности на подобные изделия необходимо проведение дальнейших исследований с использованием методов нелинейного и динамического программирования.

## **Выводы**

Предложенная теоретико-множественная модель позволяет:

- выявить те элементы структуры маркетинга, по которым реально необходимы управляющие воздействия со стороны маркетинга;
- подготовить аргументированные предложения по организационной структуре предприятия;
- соответствующим образом настроить корпоративную информационную систему предприятия.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. *Власов А.П., Бобков С.П., Солон Б.Я.* Анализ современных ERP-систем // Российская академия естествознания. Региональное приложение к журналу «Современные наукоемкие технологии». – 2009. – № 2. – С. 50-54.
2. Автоматизация управления предприятием / В.В. Баронов и др. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 239 с.
3. *Белобок А.А., Лихтциндер Б.Я.* Развитие организационной структуры вертикально интегрированного предприятия связи и телекоммуникаций // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2012. – № 4 (36). – С. 6-11.
4. *Бражников М.А., Сафронов Е.Г.* Комплексная оценка оперативно-календарного плана машиностроительного производства // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2012. – № 4 (36). – С. 12-18.

5. *Котлер Ф.* Маркетинг XXI века. – СПб.: Нева, 2005. – 425 с.
6. *Mesarovich M.D., Yasuhico Takahara.* General Systems Theory: Mathematical Foundations, Academic press, New York, San Francisco, London. 1975, p. 268.
7. *Власов А.П., Бобков С.П.* Исследование типовых проектных решений, создаваемых для автоматизированных информационных систем предприятий химического машиностроения: Монография / Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2012. – 107 с.
8. *Калман Р.Е.* Об общей теории систем управления. Тр. I Международного конгресса ИФАК. Т. II. – М.: Изд-во АН СССР, 1961.
9. *Калман Р., Фалб П., Арбиб М.* Очерки по математической теории систем. – М.: Мир, 1971.
10. *Формальский А.М.* Управляемость и устойчивость систем с ограниченными ресурсами. – М.: Наука, 1974. – 368 с.
11. *Андреев Ю.Н.* Управление конечномерными линейными объектами. – М.: Наука, 1976. – 424 с.
12. *Батищев В.И.* Методика системного анализа дестабилизирующих программных воздействий // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2012. – № 3 (35). – С. 12-19.
13. *Сергеев А.В.* Предпосылки к применению классического аппарата теории управления в качестве методологической платформы для разработки ERP-систем // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2012. – № 2 (34). – С. 39-45.
14. *Гречков В.* Лояльность в электронной коммерции [Электронный ресурс] [http://presentation.ru/articles/e\\_marketing\\_01\\_03\\_06.html](http://presentation.ru/articles/e_marketing_01_03_06.html)
15. <http://www.advlab.ru/articles/article375.htm> (01.12.2013) Сайт лаборатории маркетинга

*Статья поступила в редакцию 12 июля 2013 г.*

## **ON THE PROBLEM OF CONTROL SUBSYSTEMS AIS ENTERPRISES CHEMICAL ENGINEERING**

***A.P. Vlasov***

Ivanovo State University of Chemical Technology  
7, etc. Sheremetievskiy, Ivanovo, 153000, Russia

*This paper describes one approach to the problem of controllability in the enterprise using the AIS-theoretic analysis. Piloting conducted a training version of the ERP-system Microsoft Dynamics AX 2009. Linear programming module is implemented in x++.*

***Keywords:*** control, linear programming, UML, x++ language.



УДК 681.3

## АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ

**В.Н. Ворожейкин**

Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244  
E-mail: esib@samgtu.ru

*Предлагается метод анализа уязвимости промышленного предприятия при изготовлении сложных изделий. Метод базируется на анализе недопустимого снижения объемов выпускаемых изделий от планового уровня на заданном временном интервале в зависимости от реализации возможных угроз воздействия на производственный процесс. Анализ использует технологию системного моделирования, предусматривающую построение деревьев возможного развития событий. В качестве деревьев развития событий рассматриваются возможные изменения в технологии изготовления изделий, которые связаны с временной остановкой конвейера и добавлением в производственный процесс операций восстановления сборки изделий.*

**Ключевые слова:** метод, анализ, уязвимость, угроза, предприятие, производство, технология, конвейер, изделие, модели, экспорт, вероятность, граф, событие.

Под уязвимостью промышленного предприятия при производстве изделий понимается условная вероятность  $P_{кр}$  снижения объемов выпускаемых изделий от планового уровня  $V_{кр}$  до критического  $V_{пл}$  в плановый интервал времени  $t_{пл}$  в случае, если произойдет инициализирующее событие (реализация определенной угрозы).

Анализ уязвимости является основой оценки риска. В нашем случае он позволит ответить на вопрос, как могут развиваться события на предприятии при изготовлении изделий после того, как любой из объектов предприятия, участвующий в виде основного и вспомогательного производства в технологическом цикле изготовления изделия, будет подвергнут иницирующему воздействию, и насколько вероятно, что в этом случае предприятие не сможет обеспечить объем производства изделий больше  $V_{кр}$ , что соответствует отсутствию рентабельности производства.

Учитывая актуальность проблемы анализа уязвимости промышленного предприятия при изготовлении изделий, сформулируем следующую задачу.

Для заданных:

- модели предприятия;
- технологии изготовления изделия.

провести анализ уязвимости предприятия при изготовлении изделий для различных сценариев возникновения и развития иницирующего события из всего перечня возможных угроз, реализация которых может привести к снижению объема выпуска изделий на плановом периоде технологического цикла  $t_{пл}$ .

Основополагающими работами в области теории анализа угроз, безопасности, уязвимости, риска являются работы [1 – 6], однако это либо общесистемные

---

*Владимир Николаевич Ворожейкин (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Электронные системы и информационная безопасность».*

работы [1–5], либо разработки методов, алгоритмов для решений конкретных узконаправленных задач [6].

Задача в сформулированной выше постановке актуальна для широкого круга промышленных предприятий, изготавливающих изделия разной номенклатуры. Она предложена впервые и не рассматривалась в работах известных авторов.

В дальнейшем при решении поставленной задачи примем следующие допущения: рассматривается изготовление одной партии изделий в объеме  $V_{пл}$  на временном интервале  $t_{пл}$ ; технологический цикл изготовления изделия включает операцию сборки изделия на конвейере; инициирующее событие является внутренним для промышленного предприятия; инициирующее событие может проявляться на предприятии за плановый интервал изготовления изделия  $t_{пл}$  в единственном числе из всего перечня возможных угроз; критический уровень объемов выпуска изделий  $V_{кр}$  на предприятии определяется из отсутствия рентабельности изготовления этого вида изделий за время  $t_{пл}$ .

Принятые допущения не являются принципиальными. Они позволяют получить базовое решение задачи, которое может быть использовано для случаев отсутствия допущений.

Предлагаемый в данной работе метод решения поставленной задачи описывается следующим алгоритмом.

- Шаг 1 – формируются исходные данные: составляется модель предприятия (территория, здание конструкторского бюро, административные здания, цеха изготовления комплектующих изделий и другие вспомогательные объекты инфраструктуры с учетом расположения объектов и их функциональной взаимосвязи), описывается алгоритм выполнения технологических операций полного цикла изготовления изделий исходя из планового времени  $t_{пл}$  в укрупненном виде с привязкой операций к объектам предприятия и временной диаграммой их выполнения;
- определяется производительность предприятия (тип выпускаемых изделий, плановый объем изготавливаемых изделий  $V_{пл}$  за плановый интервал времени  $t_{пл}$ );
  - определяется критический объем изготовления изделий  $V_{кр}$  за плановый интервал времени  $t_{пл}$ ;
  - с учетом того, что снижение объемов изготовления изделий за время  $t_{пл}$  определяется в конечном итоге временной задержкой в работе конвейера сборки, определяется состав технологических операций  $\bar{T}(T_i), i = 1 \div n$ , где  $i$  – номер операции в технологической цепочке,  $n$  – количество операций, задержки выполнения которых могут привести к временной остановке конвейера сборки
- Шаг 2 – для каждой технологической операции по изготовлению изделий из перечня  $\bar{T}(T_i), i = 1 \div n$  составляется база данных возможных угроз  $U_j(T_i), j = 1 \div m$ , где  $j$  – номер угрозы для  $i$ -й операции в технологической цепочке,  $m$  – количество возможных угроз для  $i$ -й технологической операции
- Шаг 3 – для каждой из возможных угроз  $U_j(T_i), j = 1 \div m, i = 1 \div n$  при условии их реализации формируются возможные сценарии развития событий – алгоритм нештатного выполнения технологических операций

$A_r(Y_j(T_i))$ ,  $r = 1 \div s$ , где  $r$  – номер сценария развития события при реализации  $j$ -й угрозы для  $i$ -й технологической операции,  $s$  – количество возможных сценариев;

– каждый алгоритм развития событий  $A_r(Y_j(T_i))$ ,  $r = 1 \div s$ ,  $j = 1 \div m$ ,  $i = 1 \div n$  отражается на граф-дереве развития события временной диаграммой:

а) для случая, когда инициирующее событие первоначально является причиной временной задержки в выполнении любой технологической операции, кроме операции сборки,

$$[t_1^{on}, t_2^{on}, \dots, t_q^{on}, t_k^{on}, t_n^{cb}, t_1^{cb}, t_6^{cb}, t_k^{cb}]$$

где  $t_1^{on}$  – момент времени остановки выполнения производственной операции;

$t_2^{on} \div t_q^{on}$  – интервал времени выполнения операций по восстановлению прерванного производственного цикла;

$t_q^{on}$  – время возобновления прерванной технологической операции;

$t_k^{on}$  – время окончания выполнения прерванной технологической операции;

$t_n^{cb}$  – время начала сборки изделий на конвейере;

$t_1^{cb}$  – время остановки конвейера;

$t_6^{cb}$  – время возобновления работы конвейера;

$t_k^{cb} = t_{пл}$  – время окончания производственного цикла изготовления изделий;

б) для случаев, когда инициирующее событие первоначально является причиной временной задержки непосредственно операции сборки изделия на конвейере,

$$[t_n^{cb}, t_1^{cb}, t_2^{cb}, \dots, t_6^{cb}, t_k^{cb}]$$

где названия времен  $t_n^{cb}, t_1^{cb}, t_2^{cb}, t_6^{cb}, t_k^{cb}$  приведены выше в варианте а);

$t_2^{cb} \div t_6^{cb}$  – интервал времени выполнения операций по восстановлению процесса сборки изделий.

Времена для диаграммы развития событий могут быть получены из технологических карт процесса производства изделий.

Шаг 4 – на основе статистических данных и экспертных оценок каждому возможному сценарию развития событий  $A_r(Y_j(T_i))$  присваивается значение вероятности его реализации  $P_r(A_r(Y_j(T_i)))$

Шаг 5 – из анализа граф-деревьев развития событий для каждого возможного сценария  $A_r(Y_j(T_i))$  определяется временная задержка работы конвейера при сборке изделия

$$\Delta t^{зад} = t_6^{cb} - t_1^{cb}$$

Шаг 6 – для каждого возможного сценария развития событий  $A_r(Y_j(T_i))$  определяется фактическое количество изготовленных изделий за время  $t_{пл}$ :

$$V_{\phi} = \frac{V_{nl}(t_{nl} - t_n^{cb} - \Delta t^{3ad})}{t_{nl} - t_n^{cb}}$$

Шаг 7 – проводится анализ возможных сценариев развития событий  $A_r(Y_j(T_i))$  на предмет выполнения условий  $V_{\phi} \leq V_{кр}$ .

В случае, если ни один из возможных сценариев  $A_r(Y_j(T_i))$  не отвечает сформулированному выше условию, формируется база данных из этих сценариев и соответствующих им вероятностей реализации  $P_r(A_r(Y_j(T_i)))$ .

Шаг 8 – из базы данных, сформированных на шаге 7, выбирается сценарий с максимальной вероятностью его реализации  $P_r(A_r(Y_j(T_i)))$

Шаг 9 – на основе анализа базы данных, сформированных на шаге 7, разрабатывается план мероприятий по устранению возможных причин уязвимости предприятия

В качестве примера приведем анализ уязвимости виртуального промышленного предприятия по изготовлению сложных изделий.

Пусть предприятие состоит из следующих элементов:

- охраняемая территория, проходные, ворота для въезда и выезда транспорта;

- несколько складов для хранения материалов, комплектующих изделий собственного производства и производства предприятий-поставщиков;

- несколько зданий – цехов подготовительного производства;
- несколько объектов обеспечения производства теплом, электроэнергией, водой и т. д.;

- несколько зданий – цехов изготовления комплектующих изделий собственного производства;

- здания – цеха окончательной сборки сложного изделия на конвейере.

Укрупненный технологический цикл изготовления планового объема изделий  $V_{пл}$  с временной привязкой производственных операций (рис. 1):

- исходя из планового объема изготовления изделий  $V_{пл}$  за время осуществляется заказ материалов и комплектующих от предприятий-поставщиков, выдается задание цехам предприятия на изготовление комплектующих собственного производства и на сборку изделий в объеме  $V_{пл}$  – интервал выполнения операций  $t_3$ ;

- осуществляется доставка материалов от предприятий-поставщиков – интервал выполнения операции  $(t_{дм} - t_3)$ ;

- изготавливаются комплектующие предприятиями-поставщиками – интервал выполнения операции  $(t_{из}^{kn} - t_{дм})$ ;

- осуществляется доставка комплектующих предприятиями-поставщиками – интервал выполнения операции  $(t_{дк} - t_{из}^{kn})$ ;

- изготавливаются комплектующие изделия собственного производства – интервал выполнения операции  $(t_{из}^{kc} - t_{дк})$ ;

- осуществляется окончательная сборка изделий на конвейере – интервал выполнения операции  $(t_{nl} - t_n^{cb})$ .

Пусть  $V_{кр1}$  – критический уровень объема выпуска изделий, который не обеспечивает рентабельность его производства.

В дальнейшем апробацию предлагаемого метода решения поставленной выше задачи проведем для одной из возможных угроз, так как для всех других решение будет аналогичным.

В качестве таковой угрозы рассмотрим угрозу  $U_1$  остановки конвейера сборки изделий из-за поставки объема комплектующих, не обеспечивающих изготовление планового объема изделий, при обнаружении этого несоответствия на интервале операции сборки.

Данная угроза может быть реализована из-за ошибки в заказе комплектующих предприятиям-поставщикам, из-за сбоя техники обработки, передачи и приема информации, ошибок специалистов службы снабжения, злонамеренных действий и т. п.



Рис. 1. Укрупненный технологический цикл изготовления планового объема изделий  $V_{пл}$  с временной привязкой производственных операций

Для данной угрозы рассмотрим возможные сценарии развития событий. На рис. 2 отображены граф-деревья событий для трех сценариев их развития с момента начала сборки изделия на конвейере.

*Сценарий 1* предполагает следующее развитие событий: остановка конвейера, обнаружение реализации угрозы, заказ комплектующих, доставка комплектующих, запуск конвейера сборки изделий, окончание производственного цикла изготовления изделий исходя из заданного временного интервала.

Фактическое время работы конвейера для сценария 1:

$$t_{\phi_1} = [(t_1^{c\phi})_1 - t_n^{c\phi}] + [t_{n_{л_1}} - (t_6^{c\phi})_1]$$

*Сценарий 2* предполагает следующее развитие событий: обнаружение реализации угрозы, заказ комплектующих предприятиям-поставщикам, остановка конвейера, изготовление комплектующих, доставка комплектующих, запуск конвейера сборки, окончание производственного цикла изготовления изделий исходя из заданного временного интервала.

Фактическое время работы конвейера для сценария 2:

$$t_{\phi_2} = [(t_1^{c\phi})_2 - t_n^{c\phi}] + [t_{n_{л_1}} - (t_6^{c\phi})_2]$$

*Сценарий 3* предполагает следующее развитие событий: остановка конвейера, обнаружение реализации угрозы, заказ комплектующих, окончание производственного цикла изготовления изделий исходя из заданного временного интервала.

Фактическое время работы конвейера для сценария 3:

$$t_{\phi_3} = [(t_1^{c\phi})_3 - t_n^{c\phi}]$$

Времена остановки конвейера  $(t_1^{c\phi})_1$ ,  $(t_1^{c\phi})_2$ ,  $(t_1^{c\phi})_3$  и его повторного запуска  $(t_6^{c\phi})_1$ ,  $(t_6^{c\phi})_2$  соответственно для сценариев 1, 2, 3 определяются количеством недопоставленных партий комплектующих для сборки планового объема изделий и временем выполнения технологических операций по устранению причин остановки конвейера.

На основе экспертных оценок присвоим значение вероятности реализации каждому из трех сценариев развития событий:

- для сценария 1 –  $P_1$ ;
- для сценария 2 –  $P_2$ ;
- для сценария 3 –  $P_3$ .

Определим фактическое количество изготовленных изделий:

- для сценария 1  $V_{\phi_1} = \frac{V_{n_{л_1}} t_{\phi_1}}{t_{n_{л_1}} - t_n^{c\phi}}$  ;
- для сценария 2  $V_{\phi_2} = \frac{V_{n_{л_1}} t_{\phi_2}}{t_{n_{л_1}} - t_n^{c\phi}}$  ;
- для сценария 3  $V_{\phi_3} = \frac{V_{n_{л_1}} t_{\phi_3}}{t_{n_{л_1}} - t_n^{c\phi}}$  .

Для каждого из сценариев развития событий проверяется выполнение условий:

$$V_{\phi_1} \leq V_{кр_1} ; V_{\phi_2} \leq V_{кр_1} ; V_{\phi_3} \leq V_{кр_1} .$$

Проводится апробация. При выполнении хотя бы одного из этих условий делается заключение об уязвимости предприятия при изготовлении изделий.

Таким образом, в результате данной работы:

- сформулирована в новой постановке задача анализа уязвимости промышленного предприятия при производстве изделий;
- предложен метод и алгоритм решения данной задачи;
- проведена апробация предложенного алгоритма для анализа уязвимости виртуального промышленного предприятия.

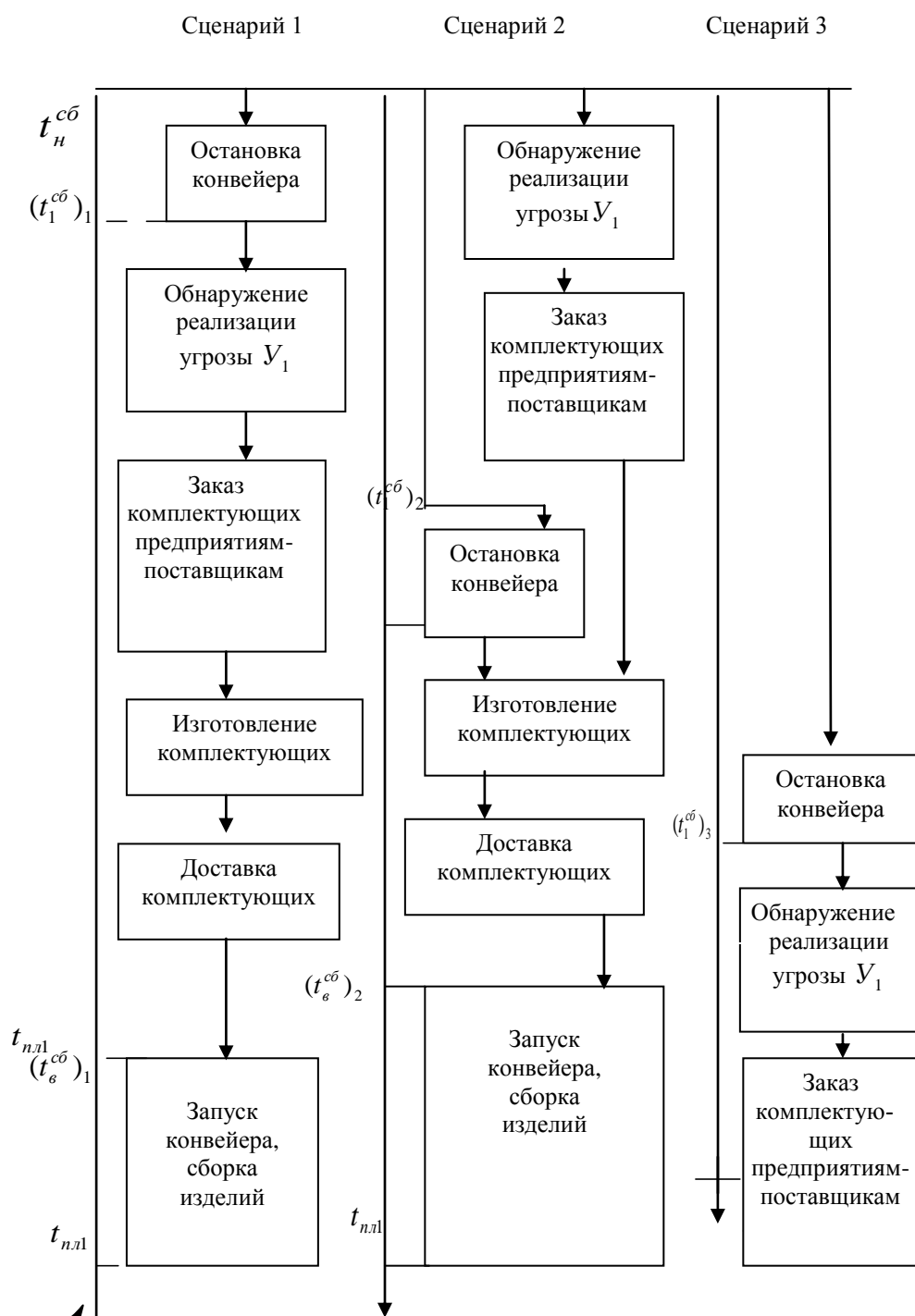


рис. 2. Граф-дерева событий для различных сценариев их развития с момента начала сборки изделия на конвейере при реализации угрозы – выдачи предприятиям-поставщикам заказа на объем комплектующих, не обеспечивающий изготовление планового количества изделий

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Махутов Н.А., Резников Д.О.* Оценка уязвимости технических систем и ее место в процедуре анализа риска // Проблемы анализа риска. Т. 5. – 2008. – № 3. – С. 72-85.
2. *Катулев А.Н., Северцев Н.А., Соломаха Г.М.* Исследование операций и обеспечение безопасности: прикладные задачи: Учеб. пособие. – М.: Физматлит, 2005. – 240 с.
3. *Костогрызлов А.И., Степанов П.В.* Инновационное управление качеством и рисками в жизненном цикле систем. – М.: Изд-во ВПК, 2008. – 404 с.
4. *Шоломицкий А.Г.* Теория риска. Выбор при неопределенности и моделирование риска. – М.: Изд-во ГУ ВШЭ, 2005. – 121 с.
5. *Прохоров С.А., Федосеев А.А., Иващенко А.В.* Автоматизация комплексного управления безопасностью предприятия. – Самара: СНЦ РАН, 2008. – 55 с., ил.
6. *Васильева Т.Н., Львова А.В., Хорьков С.Н.* Применение оценок рисков при защите от реальных угроз информационной безопасности // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации: Труды XVII Международного научно-технического семинара. – Алушта, 2008. – Спб.: ГУАП, 2008.

*Статья поступила в редакцию 23 января 2014 г.*

## VULNERABILITY ANALYSIS OF INDUSTRIAL ENTERPRISE BY MAKING WARES

***V.N. Vorobeikin***

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeysky st., Samara, 443100, Russia

*Offered a method of vulnerability analysis of industrial enterprise by making complicated wares. Method is based on the analysis of inadmissible volumes lowering product wares from planned level on the adjusted time interval, depending on realization possible threats with effects on the production process. Analysis use a technology of system modeling, foresee building and analysis trees of possible evolution events. As trees of article seized possible changes in fabrication method of wares, with connected, with temporal break of production line and addition operations in production process of reconstruction wares of assemblage.*

***Keywords:*** *method, analyze, vulnerability, threat, enterprise, production, technology production line, wares, models, export, probability curl, event.*



УДК 005; 519.7; 303.732

## **АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДОМ ОБОБЩЕННОГО РАНЖИРОВАНИЯ. II. ОБОБЩЁННОЕ РАНЖИРОВАНИЕ\***

**М.Ю. Лившиц<sup>1</sup>, М.В. Цапенко<sup>2</sup>, А.Н. Давыдов<sup>1</sup>, Д.А. Барболин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

<sup>2</sup> Учреждение Российской академии наук. Институт проблем управления сложными системами РАН  
Россия, 443020, г. Самара, ул. Садовая, 61

E-mail: usat@samgtu.ru

*Рассматриваются вопросы анализа динамики эффективности научных исследований методом обобщенного ранжирования на основе методологии многокритериального оценивания эффективности Data Envelopment Analysis. Проведено многокритериальное оценивание динамики эффективности научных исследований на примере прогнозов развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации российской экономики.*

*Материалы представлены в двух частях: в первой части рассмотрены вопросы прогнозирования показателей эффективности научных исследований, во второй – вопросы их обобщенного ранжирования.*

*Исследование выполнено по государственному контракту № 16.740.11.0749 от 21 октября 2011 г. в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.».*

**Ключевые слова:** *приоритетные направления модернизации экономики, многокритериальное оценивание, эффективность научных исследований, прогнозирование.*

### **Введение**

Материалы статьи представлены в двух частях. В первой части были рассмотрены вопросы прогнозирования показателей эффективности научных исследований [1], во второй – обобщенное ранжирование показателей динамики эффективности научных исследований на основе прогнозов развития, которые были получены по пяти приоритетным направлениям модернизации российской экономики: энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива; ядерные технологии; космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая ГЛОНАСС и программу развития наземной инфраструктуры; медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства; стратегические информаци-

---

\* Работа выполнена при финансировании и поддержке РФФИ (грант №14-08-01255).

*Михаил Юрьевич Лившиц (д.т.н., доц.), заведующий кафедрой «Управление и системный анализ в теплоэнергетике».*

*Михаил Владимирович Цапенко (к.э.н., доц.), старший научный сотрудник.*

*Андрей Николаевич Давыдов (к.т.н.), начальник управления научных исследований.*

*Дмитрий Алексеевич Барболин, ведущий инженер-программист отдела разработки и сопровождения информационных систем.*

онные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения.

### **Способ обобщенного ранжирования**

Способ обобщенного ранжирования динамики эффективности научных исследований, проводимых по приоритетным направлениям модернизации российской экономики, базируется на методологии многокритериального сравнительного оценивания – Data Envelopment Analysis (DEA).

Основы DEA-методики, модели, способы решения и области применения метода подробно изложены в работах [2–5], принципы применения методологии DEA и способы решения оптимизационных задач обобщенного оценивания технологической и рыночной эффективности производственной деятельности и научных исследований приведены в трудах [6–12]. Разработанные авторами методы и анализ решения задач оптимизации, адаптированные к специфике оценивания эффективности научных исследований, изложены в работах [13–18].

Как было отмечено в первой части статьи, в качестве частных показателей динамики эффективности научной деятельности по приоритетным направлениям развития экономики были выбраны три частных индикатора:

- количество проводимых научно-исследовательских работ ( $x_1$ );
- число исполнителей научной работы ( $x_2$ );
- суммарный объем финансирования выполненных исследований ( $x_3$ ).

На базе этих индикаторов в соответствии с методом DEA сформируем обобщенный критерий эффективности в виде функционала:

$$J_t = \max_t (u_1 \cdot x_{1t} + u_2 \cdot x_{2t} + u_3 \cdot x_{3t}), t \in [2000, 2018]. \quad (1)$$

Для оценки динамики эффективности научных исследований отдельно по каждому из пяти приоритетов сформируем функционалы, подобные постановке (1), для дискретных моментов времени в базовом периоде с 2000 по 2013 гг. и на прогнозном интервале 2014–2018 гг.

Путем решения задач линейного математического программирования для каждого приоритета экономики по всем 19 временным периодам 2000–2018 гг. с функционалом (1) и требованиями ограничений DEA-метода (непревышение единичного значения для всей остальной совокупности временных постановок  $(u_1 \cdot x_{1t} + u_2 \cdot x_{2t} + u_3 \cdot x_{3t}) \leq 1$  и положительность весовых коэффициентов  $u_{1,2,3} \geq 0$ ) могут быть получены обобщенные оценки динамики эффективности научных исследований по направлениям модернизации экономики, нормированные на интервале значений  $(0, 1]$ .

### **Обобщенное ранжирование динамики эффективности научных исследований**

На основе представленных в первой части статьи прогнозных значений трех параметров для приоритетов модернизации экономики проведем обобщенное ранжирование динамики эффективности научных исследований.

Для этого сформируем DEA-модели с обобщенным функционалом оценки вида (1) для каждого из приоритетов на всем временном интервале с 2000 по 2018 гг. Таким образом, нам будет необходимо решить 19 задач линейного программирования для каждого из пяти приоритетов.

## Временные DEA-оценки приоритетов модернизации экономики

Приоритеты модернизации экономики	Годы																		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014*	2015	2016	2017	2018
Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива	0,1631	0,2961	0,3262	0,3898	0,4157	0,4316	0,5516	0,4971	0,4899	0,8226	1,0000	0,8058	1,0000	0,6657	0,8101	0,8429	0,8766	0,9104	0,9443
Ядерные технологии	0,0000	0,4286	0,0000	0,7089	0,4810	0,2658	0,7804	0,6456	1,0000	0,5317	0,7595	0,7566	1,0000	1,0000	0,9377	0,9515	0,9648	0,9781	0,9918
Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры	0,6191	0,6191	0,4762	0,4903	0,5282	0,4523	0,4697	0,6191	1,0000	0,4654	0,8195	0,9713	1,0000	0,5714	0,6622	0,6619	0,6634	0,6654	0,6674
Медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства	0,1852	0,2407	0,2222	0,2950	0,3774	0,3774	0,5283	0,4960	0,5640	0,7061	0,7210	1,0000	1,0000	0,6667	0,6938	0,7085	0,7245	0,7406	0,7569
Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения	0,1231	0,2286	0,2571	0,4571	0,6000	0,6857	0,6571	0,4571	0,5714	0,4000	0,8308	0,8308	1,0000	0,5846	0,6543	0,6675	0,6818	0,6966	0,7114

\* – серым цветом выделены DEA-оценки, рассчитанные по прогнозным данным.

Результаты решения таких задач формируют ранжированные сравнительные оценки эффективности деятельности научных коллективов во времени по приоритетным направлениям модернизации экономики (см. таблицу).

Обобщенные характеристики динамики эффективности научных исследований отразим на графиках. На рис. 1–5 показаны графики, характеризующие временные DEA-оценки приоритетов модернизации экономики.

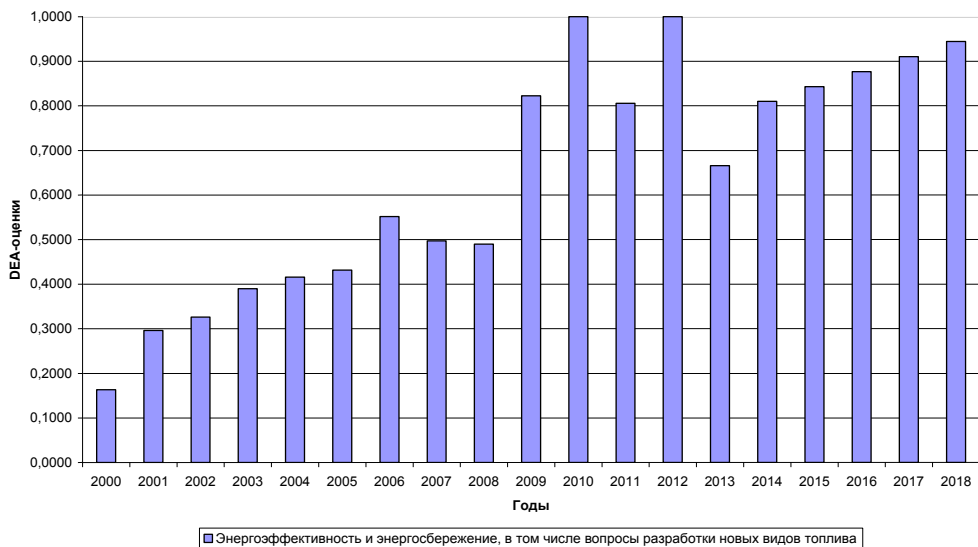


Рис. 1. Обобщенные характеристики динамики эффективности научных исследований по приоритету «Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива»

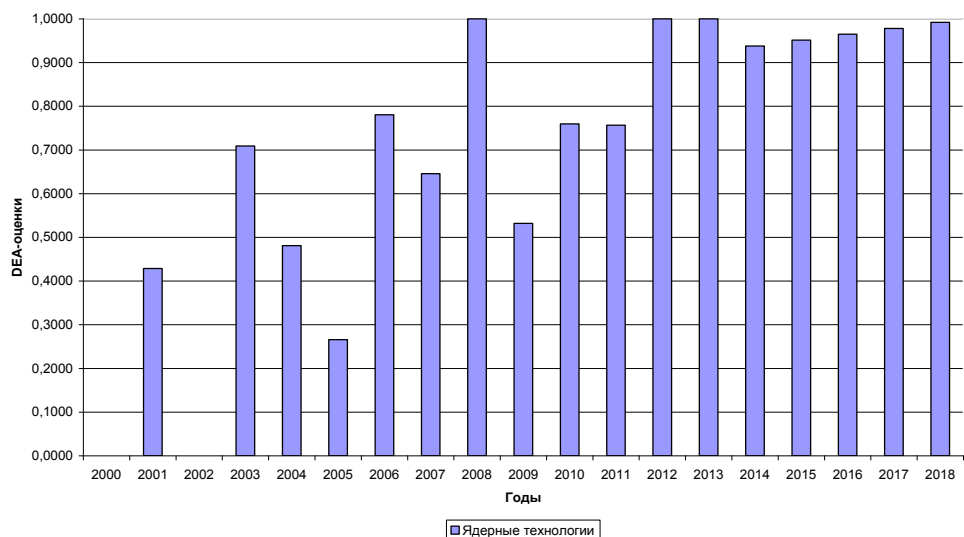


Рис. 2. Обобщенные характеристики динамики эффективности научных исследований по приоритету «Ядерные технологии»

Из данных диаграммы, представленной на рис. 1, видно, что в базовом периоде 2000 – 2013 гг. и на прогнозном интервале до 2018 г. обобщенная эффективность исследований выросла относительно 2000 года в 6 раз. На базовом времен-

ном интервале наблюдаются периоды локальных спадов эффективности с 2006 по 2008 гг., с 2010 по 2011 гг. и с 2012 по 2013 гг. На прогнозном интервале с 2014 по 2018 гг. наблюдается монотонный рост эффективности со средним значением около 4 % в год.

Оценка обобщенной эффективности научных исследований в 2010 и 2012 гг. имела максимальные значения – 1,0.

На рис. 2 представлены оценки обобщенной эффективности научных исследований для приоритета «Ядерные технологии».

Как видно из данных, представленных на рис. 2, на базовом временном интервале в 2000 и 2002 гг. исследования по этой тематике не проводились. Локальные спады обобщенной эффективности характерны для периодов 2003–2005 гг. – падение оценок эффективности с 0,71 до минимума 0,27, 2006–2007 гг. – с 0,78 до 0,65, 2008–2009 гг. – с 1,00 до 0,53.

Максимальное (единичное) значение оценка обобщенной эффективности имела в 2008, 2012 и 2013 гг.

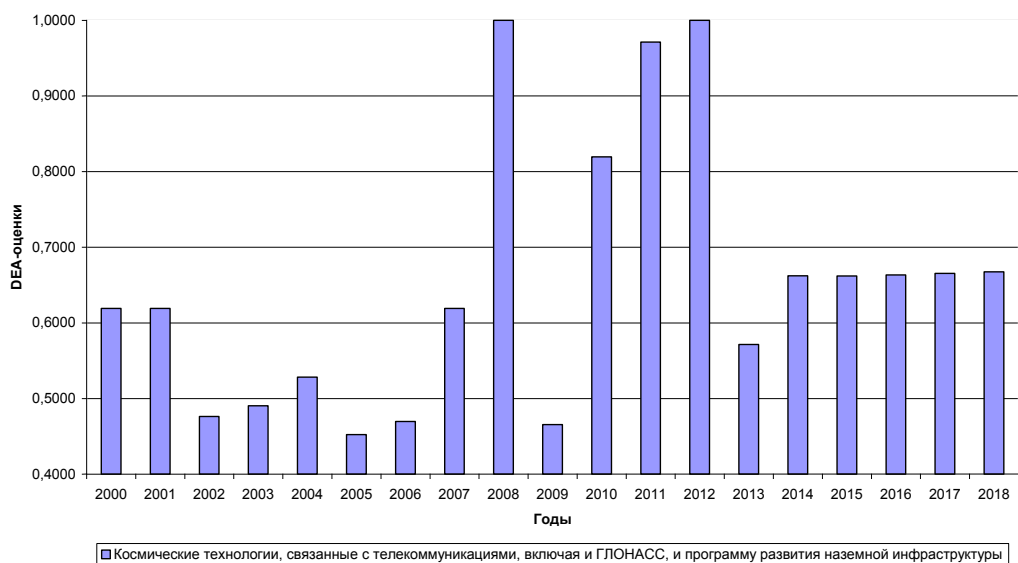


Рис. 3. Обобщенные характеристики динамики эффективности научных исследований по приоритету «Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры»

Для прогнозного интервала характерен монотонный рост эффективности исследований со среднегодовым темпом около 1,4 %.

На диаграмме, представленной на рис. 3, показаны оценки эффективности по приоритету «Космические технологии, связанные с телекоммуникациями, включая и ГЛОНАСС, и программу развития наземной инфраструктуры».

Как видно из данных, представленных на рис. 3, динамика оценок в базовом периоде имеет нерегулярный характер. Для 2002, 2003, 2005, 2006 и 2009 гг. оценка обобщенной эффективности принимает значение менее 0,5. Максимальная эффективность исследований наблюдается в 2008 и 2012 гг., минимальные значения – в 2005 и 2009 гг.

На прогнозном интервале с 2014 по 2018 гг. среднее значение оценки эффективности составляет порядка 0,66, при этом характерен минимальный прирост эффективности со среднегодовым темпом 0,2 %.

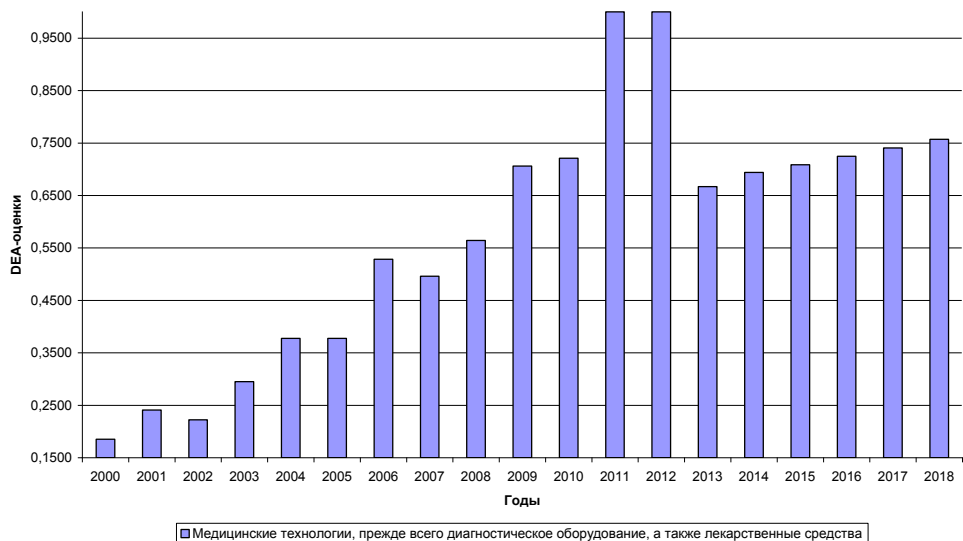


Рис. 4. Обобщенные характеристики динамики эффективности научных исследований по приоритету «Медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства»

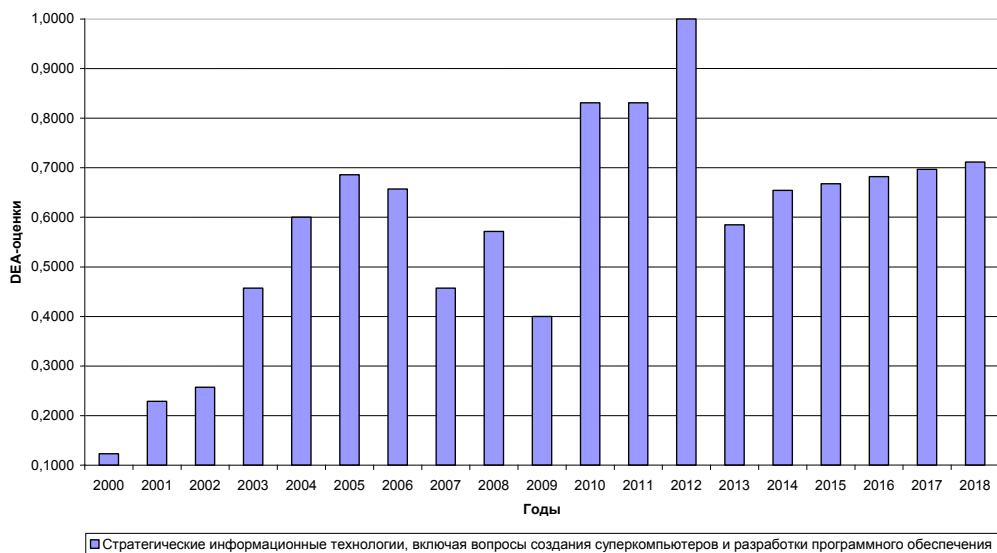


Рис. 5. Обобщенные характеристики динамики эффективности научных исследований по приоритету «Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения»

На диаграмме, представленной на рис. 4, показаны оценки обобщенной эффективности для приоритета «Медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства».

Как видно из данных, представленных на рис. 4, динамика эффективности имеет монотонную тенденцию роста в базовом периоде с 2000 по 2012 гг. в 5,3

раза. Максимальные значения оценки эффективности принимают в 2011 и 2012 гг., далее наблюдается спад в 2013 г. на 33 % относительно 2012 г. На прогнозном интервале наблюдается равномерный рост эффективности со среднегодовым темпом около 2,2 %.

На рис. 5 представлены результаты оценок обобщенной эффективности для приоритета «Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения».

Как видно из данных, представленных на рис. 5, в базовом периоде происходит рост оценок эффективности в 2000–2005 гг. с 0,12 до 0,69 единиц, далее характерна тенденция спада этих оценок до 2007 года (0,46) и дальнейшего их роста до максимальной оценки в 2012 г. (с локальным падением в 2009 г. до 0,4).

На прогнозном интервале наблюдается монотонный рост оценок эффективности со среднегодовым темпом около 2,1 %.

### Заключение

Проанализированы характеристики динамики оценок обобщенной эффективности научных исследований для различных приоритетов модернизации российской экономики на основе ретроспективной информации и полученных прогнозов.

На данных материалах проиллюстрированы возможности применения DEA-методологии для многокритериального оценивания эффективности динамики развития научных исследований. Эти оценки могут служить основанием для поддержки и стимулирования ведущих коллективов вуза с учетом их вклада в динамику развития приоритетных направлений научных исследований.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лившиц М.Ю., Цапенко М.В., Давыдов А.Н., Барболин Д.А.* Анализ динамики эффективности научных исследований методом обобщённого ранжирования. I. Прогнозирование // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки», Самара, 2013, №4 (40), С. 27 – 36.
2. *Farrel M.J.* The Measurement of Productive Efficiency // *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, Vol. 120, Part III, 1957, 253 – 281 p.
3. *Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E.* Measuring the Efficiency of Decision Making Units // *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, 1978, pp. 429 – 444.
4. *Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W.* Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiency in Data Envelopment Analysis // *Management Science*, Vol. 30, No. 9, 1984, pp. 1078 – 1092.
5. *Кривоножко Н.В., Пропой А.И., Сеньков П.В., Родченков И.В., Анохин П.М.* Анализ эффективности функционирования сложных систем // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – < <http://www.osp.ru/ap/1999/01/02.htm> >.
6. HANDBOOK ON DATA ENVELOPMENT ANALYSIS edited by: *William W. Cooper, Lawrence M. Seiford, Joe Zhu* // Kluwer Academic Publishers, 2004. – 593 с.
7. *Выгон Г.В., Поманский А.Б.* Анализ связи технологической эффективности и рыночной капитализации компаний // Экономика и математические методы. – 2000. – № 2, т. 36. – С. 79-87.
8. *Дилigenский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н.* Многокритериальная методология выявления перспективных направлений научных исследований // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2011. – № 4(32). – С. 26-33.
9. *Дилigenский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н.* Экспертная модель оценивания эффективности научной деятельности вуза // Наука, бизнес, образование – 2009: Материалы Международной научно-практической конференции. – Самара: Поволжский институт бизнеса, СамГТУ, 2009. – С. 85 – 94.
10. *Дилigenский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н.* Многокритериальное сбалансированное оценивание стратегии управления научной деятельностью технического вуза // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Секция 2. Материалы X всероссийского симпозиума. Москва, 14-15 апреля 2009 г. Под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. – М.: ЦЭМИ РАН, 2009. – С. 73 – 74.

11. *Дилигенский Н.В., Цапенко М.В.* Согласованное применение методов математического программирования и экспертного многокритериального оценивания эффективности // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Секция 2. Материалы XI всероссийского симпозиума. Москва, 13-14 апреля 2010 г. Под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. – М.: ЦЭМИ РАН, 2010. – С. 73 – 74.
12. *Diligenskiy N.V., Tsapenko M.V.* Multicriterion Comparative Estimation of Consumer Properties of Passenger Cars. European Researcher (Европейский исследователь: Международный мультидисциплинарный научный журнал). – Май 2012. – № 5-1(7), p. 561 – 566.
13. *Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н.* Сравнительный многокритериальный анализ эффективности операционной деятельности промышленных предприятий // РАН, СНЦ РАН, ИПУСС: Труды XII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». Самара, 21 – 23 июня 2010. – С. 126 – 136.
14. *Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н.* Системный анализ вклада научно-технической деятельности в развитие технологических платформ // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2012. – №2 (34). – С. 19-26.
15. *Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н., Барболин Д.А.* Программно-аналитический инструментальный для многокритериального оценивания эффективности научных исследований // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2012. – № 4 (36). – С. 39 – 45.
16. *Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н.* Иерархическая система обобщенных характеристик эффективности научных исследований // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Секция 2. Материалы XIV всероссийского симпозиума. Москва, 9-10 апреля 2013 г. Под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. – М.: ЦЭМИ РАН, 2013. – С. 61 – 63.
17. *Дилигенский Н.В., Цапенко М.В., Давыдов А.Н.* Методология анализа, многокритериального ранжирования и нормирования показателей обобщенной эффективности научных исследований // РАН, СНЦ РАН, ИПУСС. Труды XV Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». Самара, 25-28 июня 2013 г. – С. 112 – 124.
18. *Цапенко М.В.* Построение фронтов эффективности научных исследований // Международный мультидисциплинарный научный журнал European researcher (Европейский исследователь). – Май 2013 г. – № 5-1, Vol. 48. – С. 1249 – 1253.

*Статья поступила в редакцию 14 октября 2013 г.*

## **PERFORMANCE ANALYSIS OF DYNAMICS RESEARCH BY GENERALIZED RANKING II. GENERALIZED RANKING**

***M.Y. Livshits<sup>1</sup>, M.V. Tsapenko<sup>2</sup>, A.N. Davydov<sup>1</sup>, D.A. Barbolin<sup>1</sup>***

<sup>1</sup> Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russia

<sup>2</sup> Institution of the Russian Academy of Sciences Institute for the Control of Complex Systems of RAS  
61, Sadovaya st., Samara, 443020, Russia

*The paper deals with the analysis of the dynamics of the efficiency of scientific research based on the generalized method of ranking – Data Envelopment Analysis. In this article the results of multicriteria estimation of the efficiency of the dynamics of scientific research on the example forecasts of scientific studies on priority directions of modernization of the Russian economy.*

*The materials presented in two parts: the first part addressed issues of forecasting performance of scientific research, in the second – a generalized ranking performance.*

**Keywords:** *priorities for the modernization of the economy, multicriteria estimation of the efficiency scientific research, forecasting.*

---

*Mihail Y. Livshits (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.*

*Mihail V. Tsapenko (Ph.D. (Econ.)), Associate Professor.*

*Andrey N. Davydov (Ph.D. (Techn.)), Head of Research.*

*Dmitry A. Barbolin, Senior Software Engineer.*