

УДК 658.562+658.512

О.Е. ФЕДОРОВИЧ, Ю.А. ЛЕЩЕНКО, К.О. ЗАПАДНЯ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

МЕТОД ВЫБОРА ПРОЕКТА МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА

Ставится и решается задача модернизации предприятия выпускающей аэрокосмическую технику, для улучшения показателей качества и обеспечения конкурентоспособности продукции. Проведение модернизации осуществляется на основе существующего опыта в области обеспечения качества основного и вспомогательного процессов производства. Для этого строится база знаний в виде упорядоченного множества прецедентов, которые состоят из информационных блоков, содержащих значения показателей качества и готовые организационно – технологические решения. Новая проблемная ситуация сравнивается с существующими с учётом значений показателей качества. Выбор рационального варианта модернизации осуществляется с учётом требований по затратам, времени и рискам. Для большего количества сравниваемых вариантов используется метод многокритериальной целочисленной оптимизации.

Ключевые слова: качество процессов производства, база знаний по организационно – технологическим решениям, проблемная ситуация по модернизации производства, прецедентный подход, многокритериальная оптимизация.

Введение

Современные требования к качеству выпускаемых изделий в аэрокосмической отрасли, содержат целый ряд составляющих, связанных с организацией процессов производства, как основного, так и вспомогательного. Производственный процесс по требованиям ISO оценивается набором (вектором) показателей качества, список которых постоянно увеличивается. Сюда часто относят класс точности основного и вспомогательного технологического оборудования, надёжность оборудования, квалификацию персонала, обслуживающего оборудование, наличие высокоточных измерительных средств и т.д. [1]. Ужесточение требований качества для обеспечения конкурентоспособности продукции аэрокосмической отрасли Украины приводит к необходимости модернизации технологического оборудования, формированию новых схем производства, как для основных, так и вспомогательных процессов, что связано с поиском новых организационных и технологических решений. Отсюда вытекает актуальность темы публикации, в которой рассматривается метод поиска рациональных решений по обеспечению качества основного и вспомогательного процессов производства аэрокосмической техники, основанный на прецедентном подходе.

Постановка задачи исследования

На первом этапе модернизации предприятия необходимо сформировать базу существующих и пер-

спективных организационно – технологических схем производства, которые имеют конкретные характеристики качества, выпускают или будут выпускать конкурентоспособную аэрокосмическую продукцию. Для формирования такой базы знаний (БЗ) целесообразно использовать метод, основанный на прецедентном подходе [2,3]. Для этого необходимо сформулировать знаниеориентированные информационные блоки, содержащие организационные и технологические решения существующих производств, а так же вектор параметров качества, состоящий из набора значений показателей качества:

$$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_m\}.$$

Будем считать, что существующие и перспективные организационно – технологические решения образуют множество базовых ситуаций:

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_n\},$$

которые постоянно пополняют БЗ и анализируются в процессе совершенствования качества производства. При модернизации производства может возникнуть новая проблемная ситуация t_3 , разрешение которой потребует поиск аналогичных или близких готовых (базовых) решений, которые хранятся в БЗ прецедентов. Таких решений может быть не одно, а несколько, поэтому, в этом случае возникает задача выбора рационального варианта из множества альтернатив:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_l\}.$$

Предполагаемая модернизация производства предварительно оценивается экспертами с помощью

набора значений вектора показателей качества Q_s , который может не совпадать с значениями выбранного готового решения из БЗ прецедентов. Поэтому требуются дополнительные согласования экспертов в пользу пересмотра или принятия существующего готового решения. Если готовое решение не применяется, то модернизация осуществляется традиционным способом с учётом знаний специалистов по качеству. В этом случае, полученная новая организационно-технологическая схема образует новый прецедент в БЗ со своим набором значений показателей качества. При принятии типовой организационно-технологической схемы осуществляется предварительное оценивание затрат, времени (сроков) и рисков, связанных с модернизацией существующего производственного процесса на предприятии. Если затраты и риски удовлетворяют руководство компании, то вырабатывается окончательное решение и проводится модернизация производства. В случае нескольких возможных альтернатив в виде готовых решений, осуществляется сравнение предлагаемого решения с подмножеством близких типовых решений по критериям затрат, времени и рисков, с выбором рационального варианта, который принимается в качестве основы (базы) для модернизации.

Решение задачи исследования

Решение поставленной задачи предлагается проводить в несколько этапов.

Этап 1. На этом этапе осуществляется формирование БЗ прецедентов. Введём лексикографическое представление вектора значений показателей качества для последующего упорядочения прецедентов в БЗ. Для этого, для каждого показателя качества будем использовать качественную шкалу, в которой значения лингвистической переменной будут выражены в виде, например, букв латинского алфавита:

- А – превосходное значение;
- В – отличное значение;
- С – хорошее значение;
- Д – удовлетворительное значение.

Для каждого показателя качества диапазон количественных значений по отдельным буквам может быть свой и задаваться экспертом, который участвует в оценке качества основного и вспомогательного процессов производства. Пусть, например, для оценки качества вспомогательного производства оснастки $A = \{0,95 \div 1\}$. В зависимости от заданного набора показателей качества основного и вспомогательного процессов производства формируется «слово», которое характеризует качество рассматриваемого прецедента (организационно-технологической

схемы производства). Например, для j -го прецедента «слово» имеет следующий вид:

$$S_j = A_{j1}, B_{j2}, C_{j3}, D_{j4},$$

где B_{j2} – значение лингвистической переменной В для второго показателя качества j -го прецедента.

Заметим, что «слово», которое оценивает качество конкретного прецедента, упорядочено: на первом месте находится наиболее значимый критерий, а на последнем – наименее значимый.

Этап 2. На втором этапе осуществляется лексикографическое упорядочение прецедентов в БЗ с использованием «слов», характеризующих качество отдельных прецедентов. В результате, получим упорядоченное множество прецедентов в БЗ.

Этап 3. На третьем этапе определяется место в БЗ новой проблемной ситуации. Пусть каждая новая проблемная ситуация будет характеризоваться новым «словом», значение которого формируется экспертами по модернизации производства. Это «слово» лексикографически сравнивается с упорядоченным множеством «слов» находящихся в БЗ прецедентов. Например, в упорядоченной БЗ прецедентов находятся «слова»:

A_1, A_2, A_3, B_4
 A_1, A_2, A_3, C_4
 A_1, A_2, B_3, A_4
 A_1, A_2, C_3, B_4
 A_1, B_2, A_3, A_4
 A_1, C_2, A_3, B_4

Пусть новая проблемная ситуация, связанная с модернизацией производства, характеризуется следующим «словом»:

$$S^* = A_1, A_2, C_3, A_4$$

Определим место этого «слова» в упорядоченной БЗ прецедентов. Получим:

A_1, A_2, A_3, B_4
 A_1, A_2, A_3, C_4
 A_1, A_2, B_3, A_4
 A_1, A_2, C_3, A_4
 A_1, A_2, C_3, B_4
 A_1, B_2, A_3, A_4
 A_1, C_2, A_3, B_4

«Слова», которые находятся выше заданного «слова» (проблемной ситуации) образуют множество M^* , которые имеет смысл рассматривать для выбора рациональных готовых решений по модер-

низации производства, так как значения их показателей качества не хуже чем у заданного.

Этап 4. Происходит выбор и обоснование рационального организационно-технологического решения из БЗ прецедентов. Здесь возможны следующие ситуации:

1. Подмножество, для выбора наилучшего прецедента M^* , состоит из одного варианта;

2. M^* состоит из нескольких (небольшое количество) вариантов;

3. M^* содержит достаточно большое количество вариантов.

Для первой ситуации эксперты оценивают возможность модернизации производства, сравнивая предлагаемое организационно-технологическое решение с выбранным прецедентом. При этом оцениваются:

- финансовые затраты – W ;
- длительность (сроки) проведения модернизации – T ;
- риски успешного выполнения проекта модернизации – R .

Если значения W, T, R удовлетворяют руководство компании, то принимается окончательное решение по модернизации существующего производства. В противном случае от модернизации отказываются.

Для второй ситуации сравниваются W_p, T_p, R_p проблемная ситуация с каждым i -м W_i, T_i, R_i i -го варианта выделенного подмножества M^* . При этом учитывается значимость или «вес» показателей затрат, сроков и рисков. В результате получим интересующий нас прецедент в качестве готового решения по модернизации производства.

Для третьей ситуации необходимо осуществить полный перебор вариантов подмножества M^* или воспользоваться методом оптимизации [4,5].

Воспользуемся методом целочисленной оптимизации. Введём булеву переменную x_{pj} , где индекс p соответствует проблемной ситуации, j – соответствует j -му варианту (прецеденту) из подмножества M^* :

$$x_{pj} = \begin{cases} 1, & \text{если выбран } j\text{-й прецедент} \\ & \text{в качестве готового решения} \\ & \text{для проведения модернизации} \\ & \text{производства;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Пусть экспертами проведена предварительная оценка и получены значения:

w_{pj} – затраты на модернизацию производства в случае использования j -го прецедента для модернизации производства;

t_{pj} – сроки проведения модернизации производства в случае выбора j -го прецедента;

r_{pj} – риск проведения модернизации в случае выбора j -го прецедента.

Сформулируем критерии и ограничения оптимизационной задачи по выбору рационального решения в БЗ прецедентов для проведения модернизации производства:

$$W = \sum_j x_{pj} w_{pj}; \quad T = \sum_j x_{pj} t_{pj}; \quad R = \sum_j x_{pj} r_{pj}.$$

Возможны следующие постановки оптимизационной задачи по выбору рационального решения из подмножества прецедентов M^* в виде готового решения для модернизации производства.

1. Необходимо минимизировать затраты на модернизацию производства:

$$\min W, \quad W = \sum_j x_{pj} w_{pj},$$

при выполнении ограничений:

$$T \leq T_{\text{доп}}, \quad R \leq R_{\text{доп}},$$

где $T_{\text{доп}}$ – допустимые сроки выполнения работ по модернизации производства;

$R_{\text{доп}}$ – допустимый риск проекта модернизации производства.

2. Необходимо минимизировать длительность (сроки) выполнения работ по модернизации производства:

$$\min T, \quad T = \sum_j x_{pj} t_{pj},$$

при выполнении ограничений:

$$W \leq W_{\text{доп}}, \quad R \leq R_{\text{доп}},$$

где $W_{\text{доп}}$ – допустимые затраты на модернизацию предприятия.

3. Необходимо минимизировать риск выполнения проекта модернизации производства:

$$\min R, \quad R = \sum_j x_{pj} r_{pj},$$

при выполнении ограничений:

$$W \leq W_{\text{доп}}, \quad T \leq T_{\text{доп}}.$$

4. Многокритериальная постановка задачи. Предварительно оценим важность («веса») отдельных критериев W, T, R и в результате получим значения весов:

$$\alpha_W, \alpha_T, \alpha_R,$$

при этом $0 \leq \alpha_W \leq 1, 0 \leq \alpha_T \leq 1, 0 \leq \alpha_R \leq 1$

и выполняется условие:

$$\alpha_W + \alpha_T + \alpha_R = 1.$$

Далее осуществим нормирование критериев (перевод в безразмерную шкалу $0 \div 1$) с учётом проведённой оптимизации по частным показателям:

$$W' = \frac{W - W^*}{W_{доп} - W^*}, T' = \frac{T - T^*}{T_{доп} - T^*}, R' = \frac{R - R^*}{R_{доп} - R^*},$$

где W^*, T^*, R^* – полученные на первом этапе экстремальные значения показателей в результате оптимизации W, T, R . Необходимо минимизировать комплексный критерий K :

$$\begin{aligned} \min K, \\ K = \alpha_W W' + \alpha_T T' + \alpha_R R' = \\ = \alpha_W \left(\frac{W - W^*}{W_{доп} - W^*} \right) + \alpha_T \left(\frac{T - T^*}{T_{доп} - T^*} \right) + \\ + \alpha_R \left(\frac{R - R^*}{R_{доп} - R^*} \right) = \frac{\alpha_W - W^*}{W_{доп} - W^*} + \frac{\alpha_T - T^*}{T_{доп} - T^*} + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} + \frac{\alpha_R - R^*}{R_{\hat{a}i\bar{i}} - R^*} - \frac{\alpha_W - W^*}{W_{\hat{a}i\bar{i}} - W^*} - \frac{\alpha_T - T^*}{T_{\hat{a}i\bar{i}} - T^*} - \\ - \frac{\alpha_R - R^*}{R_{\hat{a}i\bar{i}} - R^*} = \frac{\alpha_W - W^*}{W_{\hat{a}i\bar{i}} - W^*} \sum_j x_{pj} w_{pj} + \\ + \frac{\alpha_T - T^*}{T_{\hat{a}i\bar{i}} - T^*} \sum_j x_{pj} t_{pj} + \frac{\alpha_R - R^*}{R_{\hat{a}i\bar{i}} - R^*} \sum_j x_{pj} r_{pj} - \\ - \frac{\alpha_W - W^*}{W_{\hat{a}i\bar{i}} - W^*} - \frac{\alpha_T - T^*}{T_{\hat{a}i\bar{i}} - T^*} - \frac{\alpha_R - R^*}{R_{\hat{a}i\bar{i}} - R^*}. \end{aligned}$$

Схема метода выбора проекта модернизации предприятия для обеспечения качества основного и вспомогательного процессов производства представлена на рис. 1.

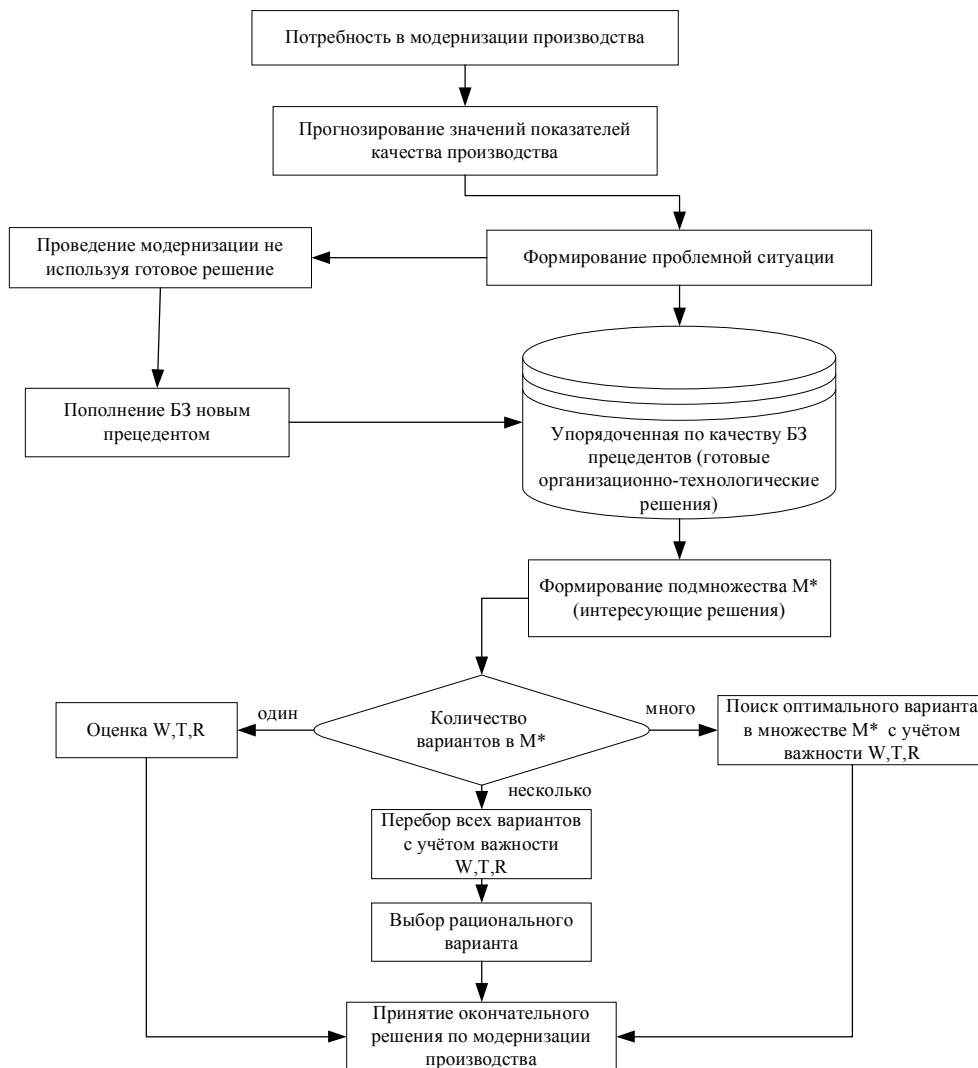


Рис. 1. Схема метода выбора рационального проекта модернизации предприятия

Заключение

Предложенный подход целесообразно использовать на стадии планирования проекта модернизации аэрокосмического производства с учётом тре-

бований качества, как основного, так и вспомогательного процессов производства, когда необходимо выбрать рациональную организационно – технологическую схему производства опираясь на готовые, проверенные решения.

Литература

1. Мишин В.М. *Управление качеством* / В.М. Мишин. – М.: Юнити - Дана, 2005. – 463 с.
2. Pal Sankar K. *Foundations of Soft Case-Based Reasoning?* /Sankar K. Pal, Simon C.K. Shiu. – New Jersey: Wiley, 2004, ISBN: 978-0-471-64466-8.
3. Карпов Л.Е. *Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов* / Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин //Труды института системного программирования РАН. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

- <http://citforum.fast.net.ua/consulting/BI/karpov/#13.#13>.
4. Андриенко А.Я. *Целочисленная оптимизация в задачах управления безопасностью объектов РКТ/ А.Я. Андриенко, Е.И. Тропова //Управление большими системами (UBS) – Электронный сборник научных трудов института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2008. – Вып. 21. – С. 16-26.*
 5. Сеа Ж. *Оптимизация. Теория и алгоритмы: перевод с фр. яз. Л.Г. Гурина / Ж. Сеа; под ред. А.Ф. Кононенко и Н.Н. Моисеевна. – М.: Мир, 1973. – 244 с.*

Поступила в редакцию 15.11.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. информатики А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина.

МЕТОД ВИБОРУ ПРОЕКТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОСНОВНОГО І ДОПОМІЖНОГО ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА

О.Е. Федорович, Ю.О. Лещенко, К.О. Западня

Ставиться і вирішується завдання модернізації підприємства того, що випускає аерокосмічну техніку, для поліпшення показників якості і забезпечення конкурентоспроможності продукції. Проведення модернізації здійснюється на основі існуючого досвіду в галузі забезпечення якості основного і допоміжного процесів виробництва. Для цього будується база знань у вигляді впорядкованої множини прецедентів, які складаються з інформаційних блоків, що містять значення показників якості і готові організаційно - технологічні рішення. Нова проблемна ситуація порівнюється з існуючими з урахуванням значень показників якості. Вибір раціонального варіанта модернізації здійснюється з урахуванням вимог щодо витрат, часу та ризиками. Для більшої кількості порівнюваних варіантів використовується метод багатокритеріальної целочисельної оптимізації.

Ключові слова: якість процесів виробництва, база знань з організаційно - технологічних рішень, проблемна ситуація з модернізації виробництва, прецедентний підхід, багатокритеріальна оптимізація.

METHOD OF CHOICE OF PROJECT OF MODERNISATION ENTERPRISES FOR PROVIDING OF QUALITY OF BASIC AND AUXILIARY PROCESSES OF PRODUCTION

O.E. Fedorovich, Ju. A. Leshchenko, K.O. Zapadnia

The problem of modernisation of enterprise of producing is set and decides aerospace technique, for the improvement of indexes of quality and providing of competitiveness of products. The modernization is based on existing experience in providing quality primary and secondary manufacturing processes. To do this, construct a knowledge base in the form of an ordered set of precedents, which consist of information blocks that contain the values of quality and ready organizational - technological solutions. A new problem situation is compared with existing, to the values of quality indicators. Rational choice variant of modernization by taking into account the requirements of cost, time and risk. For more options compared the method of multiobjective integer optimization.

Key words: quality of production processes the knowledge base on organizational - technological solutions, a problem situation by modernizing production, the precedent approach, multicriteria optimization.

Федорович Олег Евгеньевич – д-р техн. наук, проф., зав. каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина.

Лещенко Юлия Александровна – инженер каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина.

Западня Ксения Олеговна – канд. техн. наук, научный сотрудник каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина.