

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/vol8-6.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/116TVN616.pdf>

Статья опубликована 08.02.2016

Ссылка для цитирования этой статьи:

Коробец Б.Н. Метод формирования оптимальных технологических программ в условиях финансовых ограничений на новые научно-технические разработки // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/116TVN616.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 004.738.5

Коробец Борис Николаевич

ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Россия, Москва¹

Заведующий кафедрой

Кандидат юридических наук, доцент

E-mail: korobetz@bmstu.ru

Метод формирования оптимальных технологических программ в условиях финансовых ограничений на новые научно-технические разработки

Аннотация. В статье показывается, что сегодня актуальной становится задача оптимизации технологических программ производства изделий в условиях финансовых ограничений на новые научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Делается вывод, что для формирования перспективных технологических подходов к повышению конкурентоспособности изделий и повышению эффективности производств необходим их технологический аудит. Системную базу технологического аудита могут составить подходы, модели и алгоритмы, развиваемые в рамках теории активных систем. В терминах теории графов описан процесс создания новых изделий в виде взаимосвязи слоев, отражающих результаты интеллектуальной деятельности в трех областях: научно-технической деятельности, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, готовых образцов техники. Приводится методика комплексного оценивания процесса создания новых изделий. Рассмотрен алгоритм формирования технологической программы их производства в условиях финансовых ограничений.

Ключевые слова: интеллектуальная деятельность; программа; технология; оптимизация; модель; алгоритм; методика оценки; финансовые ограничения

Введение

Время, когда, после массовой приватизации и реструктуризации промышленных производств создание новых предприятий и формирование технологических процессов происходило достаточно стихийно, в России уже прошло. Для современных предприятий огромное значение приобретает возможность оптимизации технологических программ производства изделий, происходящей в условиях отсутствия или существенных финансовых ограничений на новые научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, то есть на

¹ 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1

получение новых результатов интеллектуальной деятельности (РИД), открывающих дорогу завтрашним технологиям.

Для того чтобы сформулировать перспективные технологические подходы к повышению конкурентоспособности изделий и повышению эффективности производств, необходим их технологический аудит [1]. Именно на основе всестороннего технологического аудита разрабатывается оптимальная программа развития производства, соответствующая поставленным целям.

Системную базу технологического аудита, как представляется, могут составить подходы, модели и алгоритмы, развиваемые в рамках теории активных систем [2-4] и обеспечивающие необходимую аргументацию для специалистов, обосновывающих целесообразность развития технологий производства, эффективность управления технологическими программами, приоритеты их реализации в соответствии с имеющимися, как правило, ограниченными ресурсами и стоящими перед производством задачами по выпуску продукции.

Формальное описание процесса создания новых изделий

Определим три слоя результатов интеллектуальной деятельности (РИД).

Первый слой - это научно-технический задел, состоящий из результатов научно-технической деятельности в виде новых идей, принципов, решений и т.д. Далее будем называть такие результаты - результатами научно-технической деятельности (РНТД) или просто *результатами*.

Второй слой - это результаты научно-исследовательских (НИР) и опытно-конструкторских работ (ОКР) в виде объектов интеллектуальной собственности, перечисленных в Гражданском кодексе РФ как результат интеллектуальной деятельности. Для краткости будем называть разработки этого слоя РНИД или *разработками*.

Третий слой - это готовые образцы техники (ГОТ). Будем называть их *изделиями*.

Заметим, что каждый результат НИР может использоваться в различных ОКР для создания различных разработок. В свою очередь, каждая разработка может использоваться для создания различных изделий. Аналогично, для создания разработки могут потребоваться несколько результатов НИР, а для создания изделия - несколько разработок, т.е. результатов ОКР. Пример структурной схемы, отражающей процесс создания новых изделий, приведен на рис. 1.

Вершины на рисунке 1 соответствуют РИД. Вершина (i, j) соответствует j -му РИД i -го слоя. Вершины $(1, j)$, $(2, k)$ соединены дугой $[(1, j), (2, k)]$, если результат j первого слоя используется при разработке k второго слоя. Вершины $(2, j)$, $(3, k)$ соединены дугой $[(2, j), (3, k)]$, если разработка j используется при создании изделия k .

Результаты

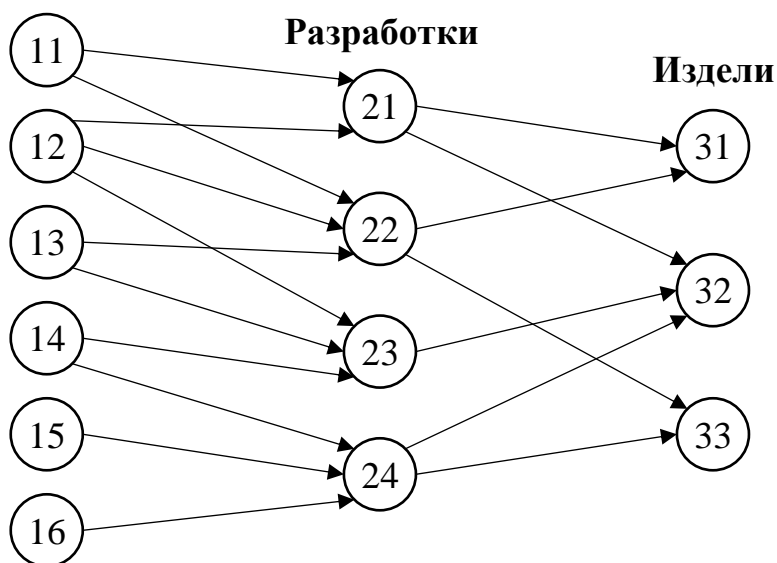


Рисунок 1. Последовательные процессы создания новых изделий (рисунок автора)

Каждый РИД (результат, разработку, изделие) будем описывать четырьмя показателями:

- стоимость создания (c_{ij});
- срок создания (t_{ij});
- риск создания (p_{ij});
- научно-технический уровень (w_{ij}).

Комплексное оценивание программы создания новых изделий. Все виды изделий разобьем на m групп (направлений). Обозначим Q_j - множество изделий j -го направления. Величина

$$W_i = \sum_{j \in Q_i} w_{ij}$$

определяет научно-технологический уровень (НТУ) i -го направления изделий. Введем качественную трехбалльную шкалу оценок НТУ. Для этого определим граничные уровни $A_{ik}, k = 1, 2$. Если

$$W_i < A_{i1},$$

то НТУ ниже мирового уровня, если

$$A_{i1} \leq W_i < A_{i2},$$

то НТУ соответствует мировому уровню. Наконец, если

$$A_{i2} \leq W_i,$$

то НТУ выше мирового уровня.

Обозначим через q_i качественную оценку НТУ i -го направления изделий. Для оценки НТУ программы в целом определим систему комплексного оценивания. Она представляет

собой попарное агрегирование оценок направлений на основе матричных сверток [5-6]. Пример системы комплексного оценивания в случае четырех направлений приведен на рис. 2.

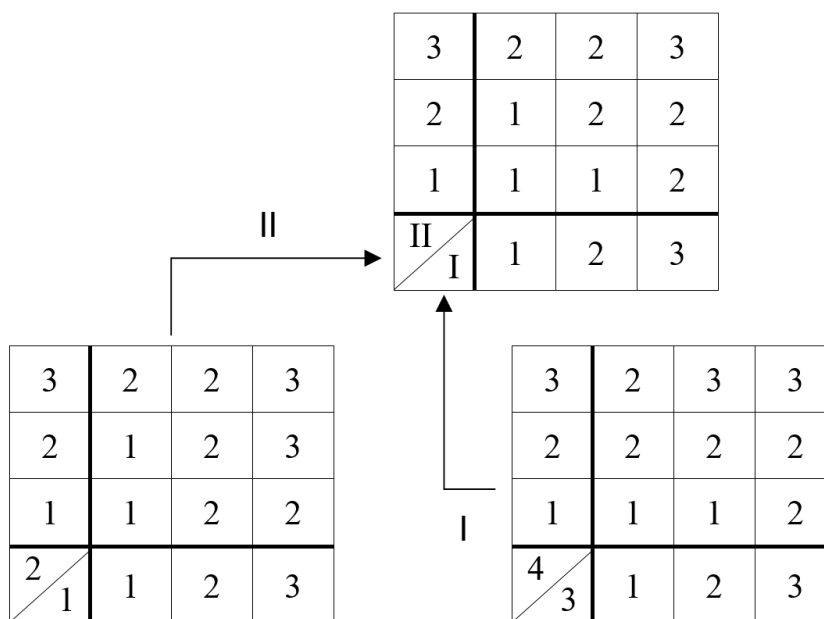


Рисунок 2. Пример системы комплексного оценивания (рисунок автора)

Система комплексного оценивания отражает стратегические приоритеты развития производства изделий. Так, например, из левой нижней матрицы (рис. 2) следует, что направление 1 имеет определенный приоритет в развитии перед направлением 2. Действительно, при оценках направлений (2; 1) обобщенная оценка равна 2, а при обратной картине (1; 2) она равна 1. Аналогично, при оценках направлений (3; 2) обобщенная оценка равна 3, а при оценках (2; 3) она равна 2. Для правой нижней матрицы приоритет имеет направление 4, а для верхней - оба обобщенных направления I и II одинаково приоритетны (матрица симметричная).

Примечание. Число градаций шкалы оценивания можно увеличить. Это не влияет на постановки задач формирования программы развития производства изделий и на методы их решения. Комплексная оценка НТУ изделий является основным критерием при разработке технологических программ.

Содержательно задача заключается в разработке программы развития изделий (ПРИ), обеспечивающей требуемый НТУ, т.е. требуемое значение комплексной оценки с минимальными затратами средств в заданный период времени с учетом рисков. Перейдем к формальным постановкам задач по принципу - от простого к сложному.

Формирование технологической программы развития производства изделий в условиях финансовых ограничений. Рассмотрим случай, когда программа развития изделий (РИ) формируется в отсутствие необходимого финансирования новых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а именно на основе уже существующих разработок. Поэтому один индекс опустим из рассмотрения. В этом случае в структуре, отраженной на рис. 1, будем анализировать только третий уровень. Рассмотрим задачу без учета рисков.

Пусть имеется n_j видов изделий (проектов), производство которых можно включить в программу, $j = \overline{1, m}$, где m - число направлений.

Сначала рассмотрим задачу формирования программы, т.е. состава проектов, включаемых в программу. Каждый проект i , как отмечено выше, характеризуется затратами на

реализацию - c_i и научно-техническим уровнем - w_i . Обозначим $x_{ij} = 1$, если проект i по направлению j вошел в программу, $x_{ij} = 0$ - в противном случае. При заданных $x_{ij}, i \in Q_j, j = \overline{1, m}$ можно определить увеличение НТУ каждого направления:

$$\Delta_j = \sum_i x_{ij} w_{ij} \quad (1)$$

и, соответственно, изменение величины оценки по каждому направлению, а, следовательно, и изменение комплексной оценки.

Задача 1

Определить $\{x_{ij}\}, i \in Q_j, j = \overline{1, m}$, обеспечивающие требуемое значение комплексной оценки с минимальными затратами.

Алгоритм решения задачи состоит из двух этапов.

На первом этапе для каждого направления i решается задача определения минимальных затрат s_{ij} , требуемых для достижения оценок $j = 1, 2, 3$. Если существующая оценка равна 1, то s_{i1} - это затраты на поддержание существующего НТУ по данному направлению (далее предполагается, что эти затраты известны).

На втором этапе на основе полученных оценок $s_{ij}, j = \overline{1, 3}, i = \overline{1, m}$, решается задача достижения требуемой величины комплексной оценки с минимальными затратами.

Рассмотрим алгоритмы решения поставленных задач.

Алгоритм - этап I

На первом этапе решается m задач (для каждого направления). Опишем соответствующую задачу, опуская индекс направления. Без ограничения общности полагаем, что существующая оценка НТУ равна 1 (ниже мирового уровня).

1 шаг. Определяем увеличение НТУ, требуемое для достижения оценок 2 и 3. Если существующий уровень равен $W^0 < A_1$, то требуемые увеличения равны:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= A_1 - W^0; \\ \Delta_2 &= A_2 - W^0. \end{aligned} \quad (2)$$

2 шаг. Обозначим $x_i = 1$, если проект i вошел в программу РИ по рассматриваемому направлению, $x_i = 0$ - в противном случае. Рассмотрим следующую задачу:

$$\sum_i x_i c_i \rightarrow \min \quad (3)$$

при ограничении:

$$\sum_i x_i w_i \geq \Delta_2 \quad (4)$$

Это - классическая обратная задача о ранце, для которой при целочисленных значениях параметров существуют эффективные методы решения (например, метод дихотомического программирования [7-8]).

Заметим, что решение задачи (3)-(4) при правой части A_2 позволяет получить оптимальные решения и при любых меньших значениях правой части, в частности - при A_1 . Поэтому решение задачи дает минимальные затраты s_2 и s_3 (как отмечено выше, затраты s_1 предполагаются известными).

Пример 1. Имеются 5 проектов - претендентов на включение в программу РИ, данные о которых приведены в таблице ниже (таблица автора).

i	1	2	3	4	5
s_i	3	4	5	4	6
w_i	7	6	5	7	8

Пусть $A_1 = 30$, $A_2 = 40$, $W^0 = 15$. Имеем $A_1 = 15$, $A_2 = 25$. Задача:

$$3x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 4x_4 + 6x_5 \rightarrow \min$$

при ограничении

$$7x_1 + 6x_2 + 5x_3 + 6x_4 + 8x_5 \geq 25.$$

Возьмем структуру дихотомического представления задачи в виде, представленном на рис. 3.

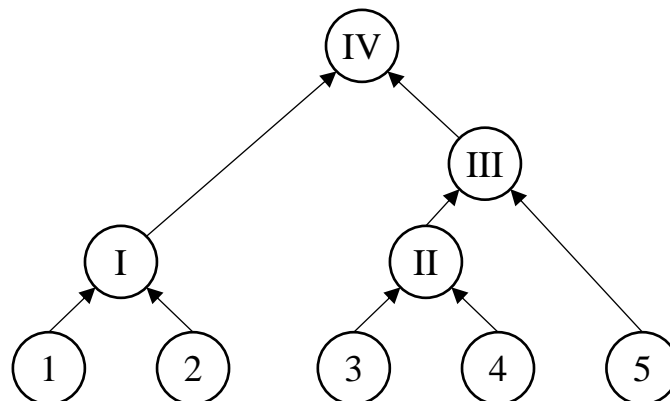


Рисунок 3. Дихотомическое представление задачи (рисунок автора)

1 шаг. Рассматриваем проекты 1 и 2. Решение приведено в таблице ниже (таблица автора).

1	4; 6	7; 13
0	0	3; 7
2 1	0	1

Первое число в клетках равно затратам, а второе - НТУ. Вариант (4;6) исключаем, поскольку он доминируется вариантом (3;7) - при меньших затратах обеспечивает больший НТУ. Результаты сведены в таблицу ниже (таблица автора).

Объединенный проект I

Вариант	0	1	2
Затраты	0	3	7
НТУ	0	7	13

2 шаг. Рассматриваем проекты 3 и 4. Решение приведено в таблице ниже (таблица автора).

1	4; 7	9; 12
0	0	5; 5
4 3	0	1

Вариант (5;5) исключаем, поскольку он доминируется вариантом (4;7). Результаты сведены в таблицу ниже (таблица автора).

Объединенный проект II

Вариант	0	1	2
Затраты	0	4	9
НТУ	0	7	12

3 шаг. Рассматриваем объединенный проект II и проект 5. Решение приведено в таблице ниже (таблица автора).

1	6; 8	10; 15	15; 20
0	0	4; 7	9; 12
5 II	0	1	2

Результаты сведены в таблицу ниже (таблица автора).

Объединенный проект III

Вариант	0	1	2	3	4	5
Затраты	0	4	6	9	10	15
ВТУ	0	7	8	12	15	20

4 шаг. Рассматриваем объединенные проекты I и III. Решение в таблице ниже (таблица автора).

2	7; 13	11; 20	13; 21	16; 25	--	--
1	3; 7	7; 14	9; 15	12; 19	13; 22	18; 27
0	0	4; 7	6; 8	9; 12	10; 15	15; 20
I III	0	1	2	3	4	5

В таблице определяем клетку с минимальным первым числом из числа клеток, у которых второе число больше или равно $A_2 = 25$. Ею является клетка (16;25) с затратами 16, следовательно, $s_3 = 16$.

Для определения s_2 в таблице находим клетку с минимальным первым числом из тех клеток, у которых второе число больше или равно $A_1 = 15$. Это клетка (9;15) затратами $s_2 = 9$.

Сами решения, т.е. состав проектов, находим методом «обратного хода». Клетке (16;25) соответствует вариант 2 таблицы объединенного проекта I, т.е. включение в программу проектов 1 и 2, и вариант 3 таблицы объединенного проекта III. Варианту 3 таблицы объединенного проекта III соответствует вариант 2 таблицы объединенного проекта II, т.е. включение в программу проектов 3 и 4. Таким образом, для достижения оценки 3 необходимо включить в программу проекты 1, 2, 3 и 4.

Для определения состава проектов при получении оценки 2 поступаем аналогичным образом. Клетке (9;15) соответствует вариант 1 таблицы объединенного проекта I, т.е. включение в программу проекта 1, и вариант 2 таблицы объединенного проекта III, т.е. включение в программу проекта 5.

Алгоритм - этап II

В результате решения m задач первого этапа получена таблица минимальных затрат (s_{ij}), требуемых для достижения (сохранения) комплексных оценок 1, 2 и 3. Алгоритм решения задачи второго этапа описан в работе [5], рассмотрим его на примере системы комплексного оценивания с рис. 2.

Пусть таблица s_{ij} (таблица автора) имеет вид:

i \ j	1	2	3	4
1	5	4	7	3
2	16	10	13	9
3	25	20	21	18

1 шаг. Рассматриваем нижнюю левую матрицу на рис. 2. В клетках матрицы добавляем второе число - затраты s_{1j} и s_{2j} (см. таблицу автора ниже).

3; 20	2; 25	2; 36	3; 45
2; 10	1; 15	2; 26	3; 35
1; 4	1; 9	2; 20	2; 29
2 \ 1	1; 5	2; 16	3; 25

Основное правило оптимизации: из всех клеток с одинаковым первым числом выбираем клетку с минимальным вторым числом. Имеем:

$$s_{III} = 9; s_{II2} = 20; s_{I3} = 35.$$

2 шаг. Рассматриваем правую нижнюю матрицу на рис. 2.

3; 18	2; 25	3; 31	3; 39
2; 9	2; 16	2; 22	2; 30
1; 3	1; 10	1; 16	2; 24
4 3	1; 7	2; 13	3; 21

Имеем:

$$s_{11} = 10; s_{12} = 16; s_{13} = 31.$$

3 шаг. Рассматриваем верхнюю матрицу на рис. 2 (см. таблицу автора ниже).

3; 35	2; 45	2; 51	3; 66
2; 20	1; 30	2; 36	2; 51
1; 9	1; 19	1; 25	2; 40
II I	1; 10	2; 16	3; 31

Имеем:

$$s_1 = 19; s_2 = 36; s_3 = 66.$$

Окончательно получаем: для получения комплексной оценки 2 необходимо 36 единиц средств. Соответствующий вариант программы, т.е. требуемые оценки НТУ по направлениям определяются также - методом обратного хода. Оптимальному варианту соответствует клетка (2;36) третьего шага, т.е. клетка (2;16) второго шага и клетка (2;20) первого шага. Этим клеткам, в свою очередь, соответствуют оценки 2 по первому направлению, 1 - по второму, 1 - по третьему и 2 - по четвертому. Таким образом, в данном случае оптимальной стратегией является доведение до мирового направлений 1 и 4.

Для получения комплексной оценки 3 необходимо 66 единиц, что соответствует оценке 2 по первому направлению, оценке 3 по второму, оценке 2 - по третьему и оценке 3 - по четвертому.

Таким образом, в статье предложена методика комплексной оценки процесса создания новых изделий и алгоритм формирования технологической программы их производства в условиях финансовых ограничений.

Выводы

1. К сегодняшнему дню актуализировалась задача оптимизации технологических программ производства изделий в условиях финансовых ограничений на новые научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Поэтому для формирования перспективных технологических подходов к повышению конкурентоспособности изделий и повышению эффективности производств необходим их технологический аудит.
2. Системную базу технологического аудита могут составить подходы, модели и алгоритмы, развиваемые в рамках теории активных систем.

3. Процесс создания новых изделий целесообразно описывать в терминах теории графов в виде взаимосвязи слоев, отражающих результаты интеллектуальной деятельности в трех областях: научно-технической деятельности, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, готовых образцов техники.
4. Для процесса создания новых изделий в условиях финансовых ограничений необходимо создание методики комплексного оценивания и алгоритм формирования технологической программы их производства, который создается в рамках решения классической обратной задачи о ранце, где при целочисленных значениях параметров существуют эффективные методы решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проничев Н.Д., Цыганков И.В., Чемпинский Л.А. Разработка методики проведения технологического аудита для перевооружения инновационного предприятия // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, №3 (19), 2009. С. 377-381.
2. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999. 128 с.
3. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем (история развития и современное состояние) // Проблемы управления. Выпуск №3.1. 2009. С. 29-35.
4. Щепкин А.В. Внутрифирменное управление (модели и методы). М.: ИПУ, 2001. 80 с.
5. Кондратьев В.Д., Щепкин А.В. Комплексное оценивание в задачах управления безопасностью дорожного движения // Экономика и менеджмент систем управления. 2015. №1 (15). С. 66-72.
6. Пуликовский К.Б., Щепкин А.В. Комплексная оценка соответствия опасных производственных объектов требованиям безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2007. С. 5-9.
7. Бурков В.Н., Буркова И.В. Метод сетевого программирования в управлении целевыми программами // Автоматика и телемеханика. 2014. №3. С. 73-86.
8. Буркова И.В. Метод сетевого программирования в задачах дискретной оптимизации // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. С. 158-160.
9. Амелина К.Е., Коробец Б.Н. Алгоритмизация управления организацией как способ повышения коэффициента эффективности ее деятельности // Наука и бизнес: пути развития. 2015. #10.
10. Gorodilova U.L. To the question on perfection of legal regulation of activity state and municipal institutions // Московское научное обозрение. - 2011. - №10. С. 45-53.
11. Амелина К.Е., Буренина В.И. Государственное регулирование инновационной деятельности. - 2012. - №32. С. 80-87.

Korobets Boris Nikolaevith

Bauman Moscow state technical university, Russia, Moscow

E-mail: korobetz@bmstu.ru

Method of optimal technological programs forming in conditions of financial restrictions on modern scientific and technical projects

Abstract. In article is shown that today there is urgent a task of technological programs optimization in financial restrictions conditions for new research and design projects. The conclusion is done that their technological audit is necessary for forming of perspective technological approaches to increase in product competitiveness and to increase in efficiency of productions. Approaches, models and algorithms developed within the theory of active systems can constitute system base of technological audit. In terms of graph theory process of new products creation in the form of interrelation of layers reflecting results of intellectual activities in three areas is described: scientific and technical activities, research and development projects, samples of the equipment. The complex estimation technique of process new products creation is given. The algorithm of forming of their production technological program in the conditions of financial restrictions is considered.

Keywords: model; algorithm; results of intellectual activity; technological program; scientific and technical level; optimization; assessment technique; financial restrictions