

Параметрический анализ жизненного цикла изделия по критериям время—стоимость

© 2015 г. В.Д. Колычев*

В статье представлены результаты составления минимального бюджета проекта с учетом ограничений на продолжительность критического пути. Формулируются особенности математических моделей жизненного цикла изделий. Сетевая модель жизненного цикла изделия задается в виде графа специального цепочечного вида или сетевой модели с упорядоченными событиями. С учетом специфических особенностей модели жизненного цикла решаются задачи параметрического анализа сначала для сетевых моделей, содержащих две последовательные и параллельные операции. В качестве метода решения параметрических задач линейного программирования используется метод визуального анализа, основанный на геометрическом построении области допустимых решений. В работе рассматриваются также комплексы операций, содержащих по три стадии параллельных или последовательных работ жизненного цикла. На примере сетевых моделей жизненного цикла получаются частные решения задачи параметрического анализа по критериям время—издержки, а затем выполняется обобщение полученных частных решений в общем виде. В качестве целевой функции задачи линейного программирования используется величина суммарных прямых издержек на выполнение комплекса работ. Полученные в работе результаты могут быть использованы в практике решения задач управления проектами, производственного менеджмента, исследования и анализа этапов жизненного цикла продукции промышленных предприятий.

Ключевые слова: жизненный цикл, параметрический анализ, критерии время—стоимость, цепочечный граф, модели линейного программирования, сетевая модель проекта, графоаналитический метод, проект.

Введение

Задачи анализа издержек в ходе выполнения проекта, изложенные в литературных источниках [1; 2], являются весьма важными при управлении комплексами работ по созданию промышленных изделий, особенно при внедрении в производство наукоемкой инновационной продукции, как показано и обосновано в работе [3]. Осмысленное управление затратами с учетом этапов жизненного цикла продукции [4] является актуальной управленческой задачей в условиях промышленного производства любого типа. В связи с этим возникает задача определения проекта с минимальной величиной бюджета с учетом ограничений на продолжительность комплекса работ. Под проектом далее будем понимать комплекс работ, характеризующийся набором временных, стоимостных и ресурсных параметров [5]. Задачи оптимального управления затратами с учетом стадий жизненного цикла относятся к классу задач линейного программирования (ЗЛП). При решении ЗЛП получают фиксированное статическое решение, однако более важной задачей в условиях

производства является исследование чувствительности полученного решения в зависимости от вариации выбранных параметров. В задачах параметрического линейного программирования, рассматриваемых в данной статье, в качестве варьируемого параметра выступает длительность (продолжительность по времени) критического пути. Решение задачи параметрического программирования позволяет получить оптимальную зависимость между затратами на выполнение комплекса работ [3; 4] и длительностью его реализации. Обеспечение наилучшего соотношения длительности и стоимости комплекса работ носит характер экономической реализуемости, поскольку стоимостной критерий оценки может включать в себя не только прямые, но и косвенные затраты, а также премии и штрафы за отклонение критического срока от директивных значений [5].

Рассмотрим решение задачи параметрического анализа минимизации стоимости жизненного цикла изделия. Под минимизацией стоимости комплекса работ проекта будем понимать достижение оптимального соотношения [5; 6] между временем его выполнения и прямыми издержками. Рассмотрим сначала некоторые особенности жизненного цикла (ЖЦ) изделия [7], комплекс работ (этапы) которого задается при помощи сетевой модели специального вида с упорядоченными событиями [8; 9] (или цепочечного вида) (рис. 1).

* Старший преподаватель каф. системного анализа. НИЯУ «МИФИ», Российская Федерация, 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31. kolychev@mephi.ru.

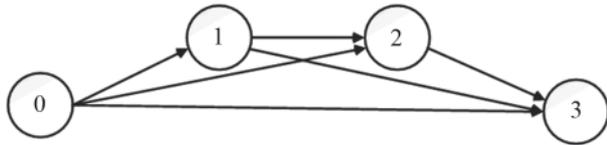


Рис. 1. Сетевая модель жизненного цикла изделия с упорядоченными событиями
[Network model of the product life cycle with ordered events]

Жизненный цикл изделия распадается на стадии-фазы его выполнения, причем часть стадий могут выполняться последовательно, а часть – параллельно.

Модель характеризуется следующими свойствами.

Свойство 1. Существует путь, проходящий через все события сетевой модели.

Свойство 2. Дуги между последовательными состояниями моделируют действительные работы.

Свойство 3. Укрупнение или агрегирование сетевой модели полного жизненного цикла изделия [6] выполняется с сохранением всех вершин исходного графа и минимизацией количества работ, при этом она преобразуется к цепочечному виду.

Свойство 4. В сетевой модели полного жизненного цикла изделия оказывается возможным произвести интерпретируемое и эквивалентное не только по времени, но и по стоимости укрупнение комплекса работ.

Следует также отметить, что дуги, соединяющие смежные события (0-1-2-3) сетевой модели, интерпретируются как основные этапы ЖЦ, а остальные как обеспечивающие, вспомогательные этапы.

Таким образом, сетевая модель жизненного цикла (ЖЦ) с упорядоченными событиями [6, 8, 9] может быть представлена в виде композиции последовательных и параллельных сетевых фрагментов, рис. 2, а и б соответственно.

Задачи минимизации стоимости ЖЦ и ее параметрический анализ для последовательного и параллельного расположения двух этапов

Рассмотрим отдельно задачи минимизации стоимости ЖЦ для вариантов последовательного и параллельного расположения этапов, а затем выполним композицию полученных результатов.

Решим задачу минимизации стоимости сначала для варианта последовательного расположения этапов (см. рис. 2, а).

Зависимость стоимости выполнения операции (0,1) от ее продолжительности задается соотношением $C_1(t_1) = a_1 - b_1 t_1$, а для работы (1,2) – $C_2(t_2) = a_2 - b_2 t_2$, таким образом, для всего комплекса последовательного расположения работ получим $C(t_1, t_2) = C_1(t_1) + C_2(t_2)$. Причем коэффициенты a_i и b_i имеют следующую содержательную экономическую интерпретацию: a_i – уровень первоначальных издержек при минимальной продолжительности выполне-

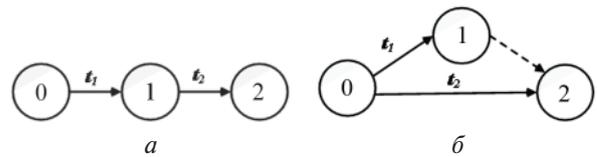


Рис. 2. Сетевая модель жизненного цикла (ЖЦ) с упорядоченными событиями: а – последовательный фрагмент; б – параллельный фрагмент
[Network model the life cycle (LC) with ordered events: а – Sequential fragment; б – Parallel fragment]

ния операции, b_i – стоимость сокращения длительности (ускорения) работы на единицу времени.

Требуется решить задачу линейного программирования:

Исходная задача

$$\begin{cases} C(t_1, t_2) \rightarrow \min \\ t_1 + t_2 \leq T_{кр} \\ t_1 \leq \frac{a_1}{b_1} \\ t_2 \leq \frac{a_2}{b_2} \\ t_1, t_2 \geq 0 \\ a_1, a_2, b_1, b_2 \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

Эквивалентная задача

$$\begin{cases} b_1 t_1 + b_2 t_2 - (a_1 + a_2) \rightarrow \max \\ t_1 + t_2 \leq T_{кр} \\ t_1 \leq \frac{a_1}{b_1} \\ t_2 \leq \frac{a_2}{b_2} \\ t_1, t_2 \geq 0 \\ a_1, a_2, b_1, b_2 \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

Здесь $T_{кр}$ – критический срок выполнения комплекса работ, $T_{кр} \in [0, \infty)$.

Решим графически [10] задачу (2). Область ограничений имеет следующий вид (рис. 3).

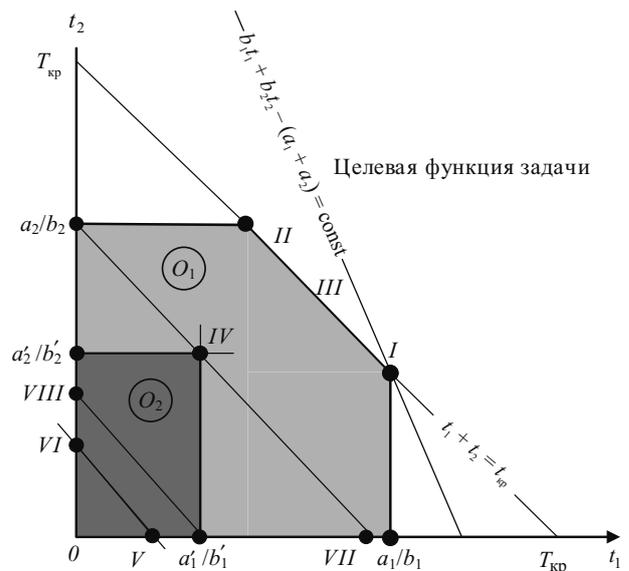


Рис. 3. Визуализация области допустимых решений задачи линейного программирования
[Visualization of the region of feasible solutions of a linear programming problem]

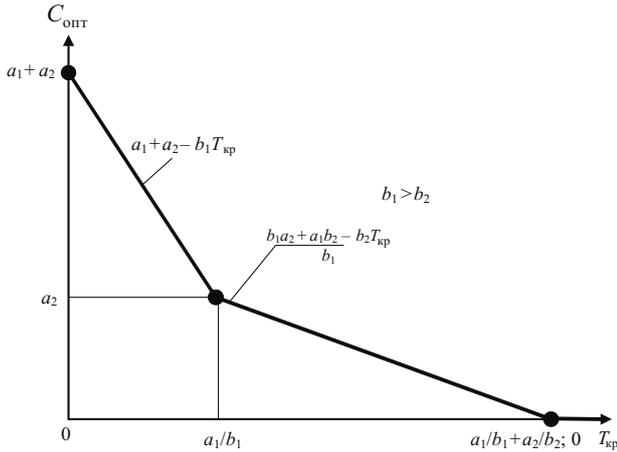


Рис. 4. Зависимость между оптимальными издержками и временем выполнения комплекса двух последовательных работ
[The relationship between the optimal cost and lead time of two consecutive complex works]

Для области ограничений O_1 получим следующие три варианта решения задачи последовательно-го расположения этапов:

- 1) $b_1 > b_2$: Функция $C(t_1, t_2)$ достигает оптимума в точке I, $T_{\text{опт, I}} = (a_1/b_1, T_{\text{кр}} - a_1/b_1)$ и принимает значение $C_{\text{опт, I}} = a_2 - b_2(T_{\text{кр}} - a_1/b_1) = (b_1 a_2 + b_2 a_1)/b_1 - b_2 T_{\text{кр}}$.
- 2) $b_1 < b_2$: Точка оптимума II, $T_{\text{опт, II}} = (T_{\text{кр}} - a_2/b_2, a_2/b_2)$, $C_{\text{опт, II}} = (b_1 a_2 + b_2 a_1)/b_2 - b_1 T_{\text{кр}}$.
- 3) $b_1 = b_2$: Имеет место бесконечное множество решений III, $T_{\text{опт, III}} = (t_1, t_2)$. При этом $t_1 \in [T_{\text{кр}} - a_2/b_2, a_1/b_1]$, $t_2 \in [T_{\text{кр}} - a_1/b_1, a_2/b_2]$, $t_1 + t_2 = T_{\text{кр}}$, $C_{\text{опт, III}} = a_1 + a_2 - b_1 T_{\text{кр}}$.

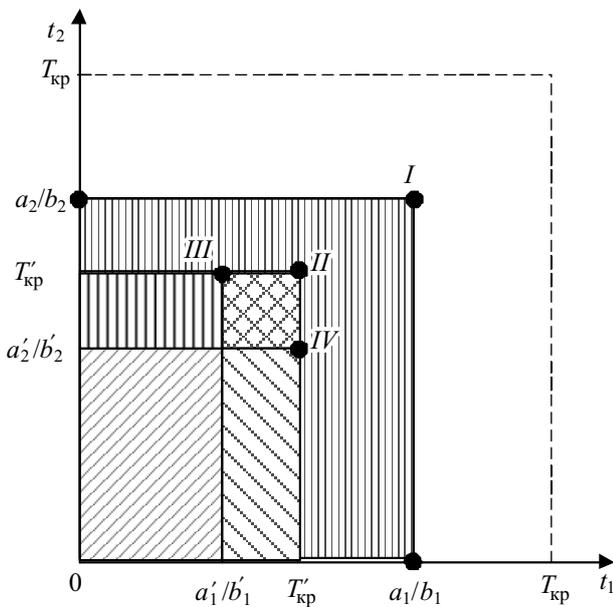


Рис. 5. Область ограничений задачи с параллельно выполняемыми этапами ЖЦ
[The constraints of the task with concurrent lifecycle stages]

Таким образом, аналитическая формула для параметрической зависимости величины издержек на выполнение комплекса работ от его продолжительности имеет следующий вид:

$$C_{\text{опт}}(T_{\text{кр}}) = \min\{b_1, b_2\} [a_1/b_1 + a_2/b_2 T_{\text{кр}}]. \quad (3)$$

График зависимости величины издержек на выполнение комплекса работ от его продолжительности представлен на **рис. 4**.

Рассмотрим теперь решение задачи (2) в случае параллельно реализуемых стадий жизненного цикла. Требуется решить задачу линейного программирования следующего вида:

Исходная задача	Эквивалентная задача
$\begin{cases} C(t_1, t_2) \rightarrow \min \\ t_1 \leq T_{\text{кр}} \\ t_2 \leq T_{\text{кр}} \\ t_1 \leq \frac{a_1}{b_1} \\ t_2 \leq \frac{a_2}{b_2} \\ t_1, t_2 \geq 0 \\ a_1, a_2, b_1, b_2 \geq 0 \end{cases} \quad (4)$	$\begin{cases} b_1 t_1 + b_2 t_2 - (a_1 + a_2) \rightarrow \max \\ t_1 \leq T_{\text{кр}} \\ t_2 \leq T_{\text{кр}} \\ t_1 \leq \frac{a_1}{b_1} \\ t_2 \leq \frac{a_2}{b_2} \\ t_1, t_2 \geq 0 \\ a_1, a_2, b_1, b_2 \geq 0 \end{cases} \quad (5)$

Здесь $T_{\text{кр}}$ – критический срок выполнения комплекса работ, $T_{\text{кр}} \in [0, \infty)$.

Рассмотрим область ограничений задачи (**рис. 5**). Рассмотрим решение задачи на основе визуального анализа [10] **рис. 5**.

- 1) Для $T_{\text{кр}} \leq \min\{a_i/b_i\}$, $T_{\text{опт II}} = (T_{\text{кр}}, T_{\text{кр}})$, $C_{\text{опт II}} = a_1 + a_2 - (b_1 + b_2) T_{\text{кр}}$.
- 2) Для $T_{\text{опт III}} = (\frac{a_1'}{b_1}, T_{\text{кр}})$, $C_{\text{опт III}} = a_2 - b_2 T_{\text{кр}}$.
- 3) Для $T_{\text{опт VI}} = (T_{\text{кр}}, \frac{a_2'}{b_2})$, $C_{\text{опт VI}} = a_1 - b_1 T_{\text{кр}}$.
- 4) В точке I имеется решение $T_{\text{опт}} = (\frac{a_1}{b_1}, \frac{a_2}{b_2})$.

Оптимальное значение стоимости $C_{\text{опт I}} = 0$, для любого $T_{\text{кр}} \geq \max\{a_i/b_i\}$, $i = 1, 2$.

Параметрическая графическая зависимость между затратами и длительностью комплекса из двух параллельных работ представлена на **рис. 6**.

Решение задачи параметрического программирования для цепочечной модели ЖЦ графоаналитическим методом

Рассмотрим цепочечный граф, состоящий из трех операций, выполняемых последовательно (**рис. 7**), дадим также геометрическую интерпретацию области допустимых решений задачи линейного программирования (**рис. 8**).

На **рис. 8** показана область допустимых решений, которая представляет собой выпуклый многогранник, образовавшийся из пересечения параллелепипеда и плоскости, причем сечением является шестиугольник $ABCDGF$.

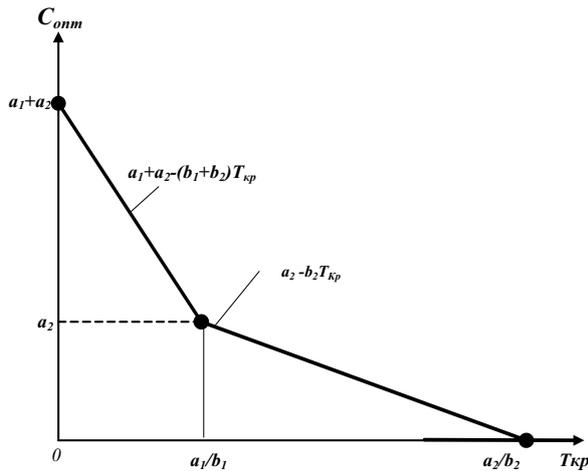


Рис. 6. Параметрическая зависимость в случае параллельно выполняемых стадий ЖЦ [Parametric dependence in the case of concurrent life-cycle stages]

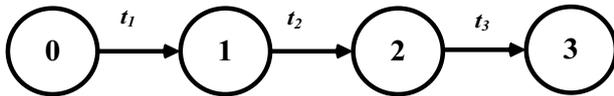


Рис. 7. Цепочечный граф жизненного цикла изделия из трех стадий [Chain graph of the product life cycle of three stages]

Частные решения в точках – вершинах многогранника могут быть записаны следующим образом, соответственно для вершин:

А и G: $C_{\text{опт}A} = a_1 + a_2 + a_3 b_2 / b_3 - b_2 T_{\text{кр}}$, $C_{\text{опт}G} = a_1 + a_2 + a_3 b_1 / b_3 - b_1 T_{\text{кр}}$,
 В и С: $C_{\text{опт}B} = a_1 + a_3 + a_2 b_3 / b_2 - b_3 T_{\text{кр}}$, $C_{\text{опт}C} = a_1 + a_3 + a_2 b_1 / b_2 - b_1 T_{\text{кр}}$,
 D и F: $C_{\text{опт}D} = a_2 + a_3 + a_1 b_2 / b_1 - b_2 T_{\text{кр}}$, $C_{\text{опт}F} = a_2 + a_3 + a_1 b_3 / b_1 - b_3 T_{\text{кр}}$.

Таким образом, обобщая полученные результаты, можно предложить следующий способ вычисления издержек на выполнение комплекса работ для цепочечного графа, представляющего полный жизненный цикл изделия. Обозначим при помощи $j = \arg \max \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$, тогда

$$C_{\text{опт}}(T_{\text{кр}}) = \sum_{i \in \{1, n\} \setminus \{j\}} a_i + \min_{i \in \{1, n\} \setminus \{j\}} \left\{ \frac{a_i}{b_i} - T_{\text{кр}} \right\}. \quad (6)$$

Данная зависимость является обобщением для произвольного числа последовательных стадий.

Параметрический анализ модели ЖЦ с параллельными операциями

Рассмотрим теперь трехстадийную модель жизненного цикла с параллельной операцией (0, 2) (рис. 9, а) и преобразуем ее к виду, изображенному на рис. 9, б).

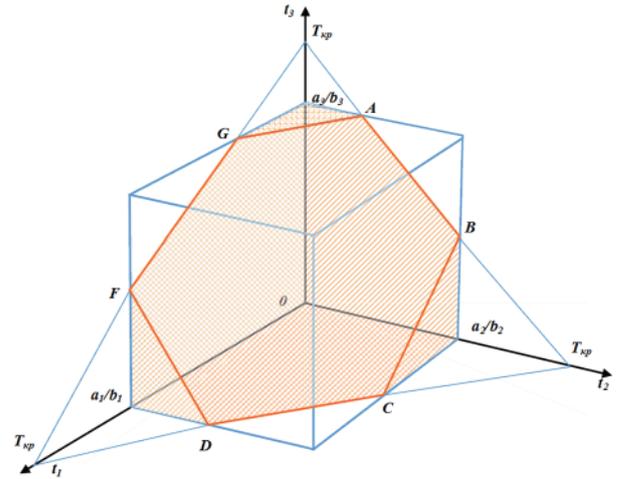


Рис. 8. Область допустимых значений задачи в трехмерном случае (выделена штриховкой) [The range of allowable values of the tasks in the three-dimensional case (highlighted by shading)]

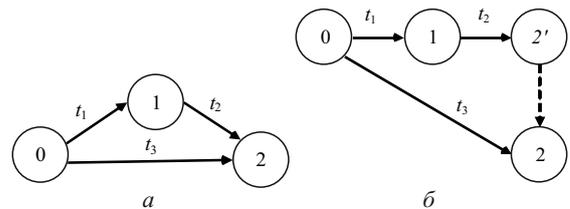


Рис. 9. Трехстадийная модель ЖЦ с параллельной стадией (0,2) (а) и преобразованная сетевая модель ЖЦ (б) [Three-stage lifecycle model with a parallel stage(0,2) (a) and Converted network model lifecycle (b)]

В данном случае задача линейного программирования будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} C(t_1, t_2, t_3) \rightarrow \min \\ t_1 + t_2 \leq T_{\text{кр}} \\ t_3 \leq T_{\text{кр}} \\ 0 \leq t_i \leq \frac{a_i}{b_i} \\ i = \overline{1, 3} \end{cases} \quad (7)$$

Рассмотрим теперь визуальную геометрическую интерпретацию решения задачи линейного программирования (рис. 10). Штриховкой помечена область допустимых решений.

Отметим, что рис. 9, б позволяет сделать следующий вывод относительно структуры оптимального решения задачи (7).

Оптимальное решение может быть получено путем композиции частных решений для задач с последовательными и параллельными стадиями ЖЦ: $T_{\text{опт}} = (T_{\text{опт}}(t_1, t_2), T_{\text{опт}}(t_3))$.

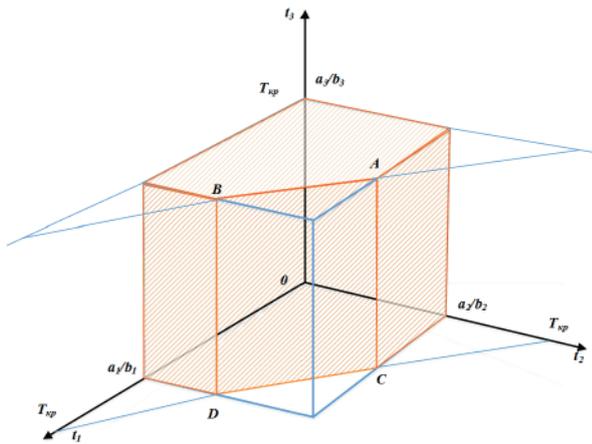


Рис. 10. Область допустимых решений для задачи (7), трехмерный случай
 [The region of feasible solutions for problem (7), the three-dimensional case]

С учетом геометрической интерпретации решения задачи (рис. 10) целесообразно рассмотреть два случая: 1) $T_{кр} > a_3/b_3$, 2) $T_{кр} \leq a_3/b_3$.

В случае 1) параллельная стадия ЖЦ не оказывает влияния на сокращение стоимости выполнения комплекса работ, $T_{опт}(t_3) = a_3/b_3$, а $T_{опт}(t_1, t_2)$ – оптимальное решение задачи с двумя последовательными стадиями.

В случае 2) получим следующий набор решений в вершинах многогранника области допустимых решений – *ABDC*. В точках:

$$1) \text{ A и B: } C_{опт A} = a_1 + a_3 + a_2 b_1/b_2 - (b_1 + b_3)T_{кр}, C_{опт B} = a_2 + a_3 + a_1 b_2/b_1 - (b_2 + b_3)T_{кр},$$

$$2) \text{ C и D: } C_{опт C} = a_1 + a_3 + a_2 b_1/b_2 - b_1 T_{кр}, C_{опт D} = a_2 + a_3 + a_1 b_2/b_1 - b_2 T_{кр}.$$

Причем в точках *C* и *D* решение от коэффициента b_3 не зависит.

В том случае, когда оптимальное решение задачи примет следующий вид:

$$C_{опт}(T_{кр}) = \sum_{i=1}^n a_i - \left(\sum_{i=1}^n b_i \right) T_{кр}. \quad (7)$$

Обобщая полученные решения для структуры жизненного цикла с транзитивными дугами – вспомогательными этапами, получим следующее соотношение для определения стоимости комплекса работ в зависимости от длительности критического пути:

$$C_{опт}(T_{кр}) = \sum_{i \in \{(1,n)\} \setminus J} a_i + \min_{i \in \{(1,n)\} \setminus J} \left\{ b_i \right\} \left[\frac{a_j}{b_j} \right] - \left(\sum_{i \in \{(1,n)\} \setminus J} b_i \right) T_{кр}. \quad (8)$$

Заключение

В данной статье были рассмотрены математические модели определения минимального бюджета

проекта [11] на основе параметрического линейного программирования применительно к анализу этапов жизненного цикла изделия. С использованием графоаналитического метода [10] были решены частные задачи минимизации стоимости проекта, где в качестве этапов рассматривались стадии жизненного цикла изделия. На основе полученных результатов были сделаны обобщения на случай произвольного последовательного числа стадий жизненного цикла изделия для сетевой модели цепочечного типа и графа с упорядоченными событиями.

В статье рассмотрены также задачи минимизации стоимости для сетевых моделей с наличием параллельных стадий ЖЦ изделия, моделирующих обеспечивающие процессы. Решение задачи параметрического линейного программирования может быть найдено путем композиции решений, полученных ранее для частных сетевых моделей, содержащих как последовательные, так и параллельные стадии.

В результате выполненного параметрического анализа возможно сформулировать следующие выводы:

При появлении в сетевой модели параллельных операций (транзитивных дуг, соединяющих несмежные события) затраты на выполнение комплекса работ сокращаются прямо пропорционально сумме коэффициентов падения стоимостей параллельных стадий ЖЦ.

В том случае, если длительность критического пути проекта (задаваемого при помощи графа специального вида с упорядоченными событиями) больше, чем соответствующим всем параллельным стадиям ЖЦ (транзитивным дугам) отношения a_i/b_i , оказывается что оптимальная зависимость издержек от времени для графа с упорядоченными событиями будет соответствовать оптимальной зависимости для графа цепочечного вида.

Важным аспектом решения задачи параметрического программирования для сетевой модели цепочечного вида ЖЦ является определение операции с максимальным значением коэффициента падения стоимости (b). Исходя из полученного выражения (6) следует отметить, что наиболее существенное сокращение величины издержек при выполнении комплекса работ вносит операция с наибольшим коэффициентом b . Причем аналогичный вывод можно сформулировать на основе выражения (8), справедливого для сетевой модели ЖЦ с упорядоченными событиями.

Перспективным направлением анализа наукоемких инновационных проектов является также финансовое имитационное моделирование с применением концепций ЖЦ и последующим анализом прибылей и издержек по различным перспективным вариантам создания изделий, что соответствует технологии параметрического вариантного анализа разработки инновационной продукции с наименьшими затратами на всех стадиях жизненного цикла [12–14]. Для определения зависимостей между затратами на выполнение комплекса работ и его продолжительностью оказывается целесообразным и обоснованным, опираясь на концепцию жизненного цикла продукции [14], приме-

нение методов и инструментальных средств исследования операций [16].

На базе полученных решений задач анализа проекта по критериям время–стоимость рассматривают также задачи параметрической оптимизации стадий жизненного цикла по критериям время–ресурсы. При этом обеспеченность комплекса работ ресурсами будет носить характер физической реализуемости [5], по аналогии с физической реализуемостью технической системы.

Следует также отметить, что автором разработано оригинальное программное обеспечение [15;17], предназначенное для решения задач анализа процессов жизненного цикла изделия с использованием представленного в данной работе подхода.

Библиографический список

1. *Golenko-Ginzburg D., Laslo Z., Ben-Yair A., Baron A.* Optimizing budget allocation among project activities. *Journal of Business Economics and Management*. 2006. Volume 7. Issue 1. Pp. 17–20.
2. Математические основы управления проектами: учеб. пос. / С.А. Баркалов, В.И. Воропаев, Г.И. Секлетова и др. / под. ред. В.Н. Буркова. М.: Высш. шк., 2005. 423 с.
3. *Колычев В.Д.* Планирование и анализ инновационных проектов с использованием сетевых моделей с альтернативной структурой. *Естественные и технические науки*. 2012. Том.1. С. 278–284.
4. *Stewart R.A.* A framework for the life cycle management of information technology projects: *Project IT*. *International Journal of Project Management*. 2008. 26 (2): Pp. 203–212.
5. *Румянцев В.П., Низаметдинов Ш.У.* Автоматизация календарного планирования комплексов работ. М.: МИФИ, 1989. 125 с.
6. *Burkov V.N., Burkova I.V.* Network programming technique in project management problems. *Automation and Remote Control*. 2012. V. 73. № 7. Pp. 1242–1255.
7. *Колычев В.Д., Румянцев В.П.* Об особенностях математических моделей полного жизненного цикла инновационных изделий // *Интеграл*. 2012. № 1. С. 50–51.
8. *Колычев В.Д., Румянцев В.П.* Задача укрупнения сетевой модели жизненного цикла проекта. Сборник

научных статей по итогам международной заочной научно-практической конференции «Инновационные преобразования, приоритетные направления и тенденции развития в экономике, проектном менеджменте». НОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт проектного менеджмента» СПб. 29–30 апреля 2014 г. С. 80–81.

9. *Voropajev V.I., Ljubkin S.M., Titarenko B.P., Golenko-Ginzburg D.I.* Structural classification of network models. *International Journal of Project Management*. 2000. Volume 18. Issue 5.1. Pp. 361–368

10. *Колычев В.Д., Румянцев В.П.* Система визуальных моделей управления проектами. *Научная визуализация. Электронный журнал*. 2014. Том 6. № 3. Квартал 3. С. 14–54.

11. *Golenko-Ginzburg D., Aharon G., Shimon S.* Two-level cost-optimization production control model under random disturbances. *Mathematics and Computers in Simulation*. 2000. Volume 52, Issue 5–6. 15 July. Pp. 381–398.

12. *Зайцев И.В., Коровяков О.М., Харитонов В.В., Колычев В.Д., Удянский Ю.Н.* Системная оценка развития энергетики сахалинской области на основе АЭС // *Журнал президиума РАН, Энергия: экономика, техника, экология*. 2013. №11. С. 18–26.

13. *Колычев В.Д.* Программная реализация визуальных моделей управления проектами // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 3. С. 56. URL: <http://www.science-education.ru/117-13219>. (дата обращения: 20.12.2014).

14. *Simon A.* *Burtonshaw-Gunn Essential tool for Operations management*. A John Wiley&Sons, Ltd., Publication, UK. 2010. 146 p.

15. *Колычев В.Д.* «Программная система анализа жизненного цикла инновационной продукции». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014613572, 28.03.2014.

16. *Lester A.* *Project Management, Planning and Control (Fifth Edition)*. Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards. 2007, Pp. 37–39.

17. *Колычев В.Д.* «Программная система решения задач сетевой оптимизации (NetOptim)». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011613776, 16.05.2011 г.

Ekonomika v promyshlennosti=Economy in the industry
2015, no. 1, Vol. 25 – January – March, pp. 70 – 76
ISSN 2072-1633

Parametrical analysis of product's life-cycle as judged by time-cost criteria

V.D. Kolychev – National Research Nuclear University MEPhI, Russian Federation, 115409, Moscow, Kashirskoye Highway, 31. kolychev@mephi.ru.

Abstract. The paper presents results of minimal budget projects construction taking into consideration

restrictions on the critical path way time. The peculiarities of mathematical models of life-cycle are formulated. The network life-cycle model is presented in the form of the special chain-like type graph or network model with ordered events. Taking into consideration specific features of life-cycle, models of parametrical analysis tasks are chosen primarily for network models with two sequential and parallel operations. As the method of parametrical linear tasks solving the visual analysis

method is selected, based on geometrical construction of feasible solutions. The article considers also operational complexes which include three life-cycle stages of sequential or parallel activities. On the examples of life-cycle network models particular results of parametrical analysis tasks are obtained using time-cost criteria and then the specific solution results are generalized. As a goal function of linear program task the cumulative value of direct costs on the project work execution was assumed. The results obtained in this paper can be applied in the practice of project management tasks solving, production management, operations research and analysis of life-cycle product's stages at industrial enterprises.

Keywords: life-cycle, parametrical analysis, time-cost criteria, chain-like graph, linear program models, project network model, graph-analytical method, project.

References

- Golenko-Ginzburg D., Laslo Z., Ben-Yair A., Baron A. Optimizing budget allocation among project activities. *Journal of Business Economics and Management*. 2006. Volume 7. Issue 1. Pp 17–20.
- Matematicheskie osnovy upravleniya proektami: Ucheb. pos.* [Mathematical foundations of project management]. / S.A. Barkalov, V.I. Voropaev, G.I. Sekletova i dr. / Pod. red. V.N. Burkova. Moscow: *Vysshaya shkola*, 2005. 423 p. (In Russ).
- Kolychev V.D. *Planirovanie i analiz innovatsionnykh proektov s ispol'zovaniem setevykh modelei s al'ternativnoi strukturoi*. [Planning and analysis of innovative projects using network models with alternative structures.] *Estestvennye i tekhnicheskie nauki.*, 2012. Tom. 1. Pp. 278–284. (In Russ).
- Rodney, A. Stewart. A framework for the life cycle management of information technology projects: Project IT. *International Journal of Project Management*. 2008. 26 (2): Pp. 203–212.
- Rumyantsev V.P., Nizametdinov Sh.U. *Avtomatizatsiya kalendarnogo planirovaniya kompleksov rabot*. [Automation scheduling of work packages] Moscow: MIFI, 1989. 125 p. (In Russ).
- Burkov V.N., Burkova I.V. Network programming technique in project management problems. *Automation and Remote Control*. 2012. V. 73. no. 7. Pp. 1242–1255.
- Kolychev V.D., Rumyantsev V.P. About the peculiarities of the mathematical models of the full life cycle of innovative products.. *Integral*. 2012. no. 1. Pp. 50–51. (In Russ).
- Kolychev V.D., Rumyantsev V.P. The task of enlarging the network model of the project life cycle. *Sbornik nauchnykh statei po itogam mezhdunarodnoi zaochnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Innovatsionnye preobrazovaniya, prioritetnye napravleniya i tendentsii razvitiya v ekonomike, proektnom menedzhmente»*. NOU DPO «Sankt-Peterburgskii institut proektnogo menedzhmenta» SPb. 29–30 april 2014. Pp. 80–81. (In Russ).
- Voropajev V.I., Ljubkin S.M., Titarenko B.P., Golenko-Ginzburg D.I. Structural classification of network models. *International Journal of Project Management*. 2000. Volume 18. Issue 5.1. Pp. 361–368.
- Kolychev V.D., Rumyantsev V.P. The system of visual models of project management. *Nauchnaya vizualizatsiya. Elektronnyi zhurnal*. 2014. Tom 6. no. 3. Kvartal 3. Pp. 14–54. (In Russ).
- Golenko-Ginzburg D., Aharon G., Shimon S. Two-level cost-optimization production control model under random disturbances. *Mathematics and Computers in Simulation*. 2000. Volume 52, Issue 5–6. 15 July. Pp. 381–398.
- Zaitsev I.V., Korovyakov O.M., Kharitonov V.V., Kolychev V.D., Udyanskii Yu.N. A systematic assessment of energy development of the Sakhalin region-based NPP. *Zhurnal prezidiuma RAN, Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya*. 2013. no. 11. Pp. 18–26. (In Russ).
- Kolychev V.D. Software implementation of visual models of project management. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014. no. 3., Pp. 56. Available at: <http://www.science-education.ru/117-13219>. (accessed: 20.12.2014). (In Russ).
- Simon A. Burtonshaw-Gunn. *Essential tool for Operations management*. A John Wiley&Sons, Ltd., Publication, UK. 2010. 146 p.
- Kolychev V.D. *Programmynaya sistema analiza zhiznennogo tsikla innovatsionnoi produktsii*. [Software system analysis of the life cycle of innovative products]. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM* no. 2014613572, 28.03.2014. (In Russ).
- Lester, Albert. *Project Management, Planning and Control (Fifth Edition)*. Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards. 2007, Pp. 37–39.
- Kolychev V.D. *Programmynaya sistema resheniya zadach setevoi optimizatsii (NetOptim)*. [Software system for solving network optimization (NetOptim)] *Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM* no.2011613776, 16.05.2011. (In Russ).

Information about authors: Senior lecturer.