

УДК 519.876.3

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНА РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ НОВОГО ВИДА
НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

Королев С.А.

Магистрант,

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,

Москва, Россия

Язев М.В.

Магистрант,

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,

Москва, Россия

Аннотация

Данная работа посвящена постановке задачи оптимизации плана работ по созданию нового вида наукоемкой промышленной продукции. Сформулированы оптимизационные задачи для двух возможных критериев: минимизации затрат на разработку при сохранении времени выполнения в заданных рамках, и минимизации времени разработки при сохранении заданного уровня затрат. Разработан алгоритм, позволяющий применять предложенную математическую формализацию задачи при оптимизации стохастических планов работ. Рассмотренные методы оптимизации могут найти применение при ресурсно-временном планировании стохастического немарковского процесса создания нового вида наукоемкой промышленной продукции.

Ключевые слова: сетевое планирование, ресурсно-временная оптимизация, детерминированный процесс, стохастический процесс, создание новой продукции.

***OPTIMIZATION OF THE PROJECT NETWORK FOR CREATING A
NEW TYPE OF HIGH-TECH INDUSTRIAL PRODUCTS***

Korolev S.A.

*Master's Degree Student,
Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russia*

Yazev M.V.

*Master's Degree Student,
Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russia*

Annotation

This article is devoted to the problem of optimization of the project network for creating a new type of high-tech industrial products. Optimization problems are formulated for two possible criteria: minimization of development costs while keeping execution time within the specified boundaries, and minimization of development time while maintaining a given level of costs. The algorithm, which allows to apply the offered mathematical formalization of a problem at optimization of stochastic plans of works is developed. The considered optimization methods can find application at resource-time planning of stochastic non-Markov process of creation of a new type of high-tech industrial production.

Keywords: network planning, resource-time optimization, deterministic process, stochastic process, creation of new industrial products.

Важным аспектом деятельности любого современного промышленного предприятия выступает создание новой наукоемкой продукции. Ключевым

фактором, позволяющим достигать эффективности процесса создания новой промышленной продукции, является его качественное ресурсно-временное планирование [1]. Одним из наиболее широко используемых и удачных методов признается сетевое планирование [2].

Данный метод позволяет получить ожидаемую оценку продолжительности комплекса работ, составляющих процесс создания нового вида наукоемкой промышленной продукции. После получения исходной оценки продолжительности возникает вопрос о более рациональном использовании ресурсов, то есть, об оптимизации. Оптимизация может быть проведена по одному из двух критериев: минимизация затрат на разработку при сохранении времени выполнения в заданных рамках или минимизация времени разработки при сохранении заданного уровня затрат [3].

При проведении оптимизации по критерию времени предполагается, что существует зависимость между затратами на каждую из работ, связанных с созданием нового вида продукции промышленного предприятия, и продолжительностью выполнения данной работы. Данная зависимость нелинейна, и обычно имеет вид, представленный на Рис. 1 [4]. При этом предполагается что зависимость может быть с высокой точностью линейно аппроксимирована в промежутке $[C_-; C_+]$ в границах $[t_-; t_+]$. На данном промежутке можно, варьируя затраты, изменять продолжительность работ [5]. При этом зависимость относительного изменения продолжительности работы от относительного изменения затрат на нее выражается коэффициентом $h_i < 0$. Таким образом в указанных пределах можно перераспределить ресурсы между работами выровняв продолжительности различных путей достижения конечного события [6]. Выбор момента достижения конечного события в качестве критерия оптимальности обоснован тем, что в ходе оптимизации критический путь может изменяться значительное число раз, и рассмотрение каждого из вариантов по

отдельности привело бы к нерациональному использованию вычислительных ресурсов [7].

Постановка задачи оптимизации выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} t'_i = t_i \cdot \left(1 + h_i \cdot \frac{c'_i - c_i}{c_i}\right) \\ c'_i \in [c_-; c_+] \\ t'_i \in [t_-; t_+] \\ \sum_{i=1}^n c'_i = \sum_{i=1}^n c_i \\ T_k \rightarrow \min \end{cases} \quad (1)$$

Где n – количество работ;

k – количество вершин;

T_k – время достижения k -той вершины;

c_i – затраты i -тую работу до оптимизации;

c'_i – затраты на i -тую работу после оптимизации;

t_i – продолжительность i -той работы до оптимизации;

t'_i – продолжительность i -той работы после оптимизации;

h_i – эластичность сроков выполнения i -ой работы по затратам.

Независимыми переменными, на пространстве которых ищется решение, выступают затраты на выполнение входящих в план работ.

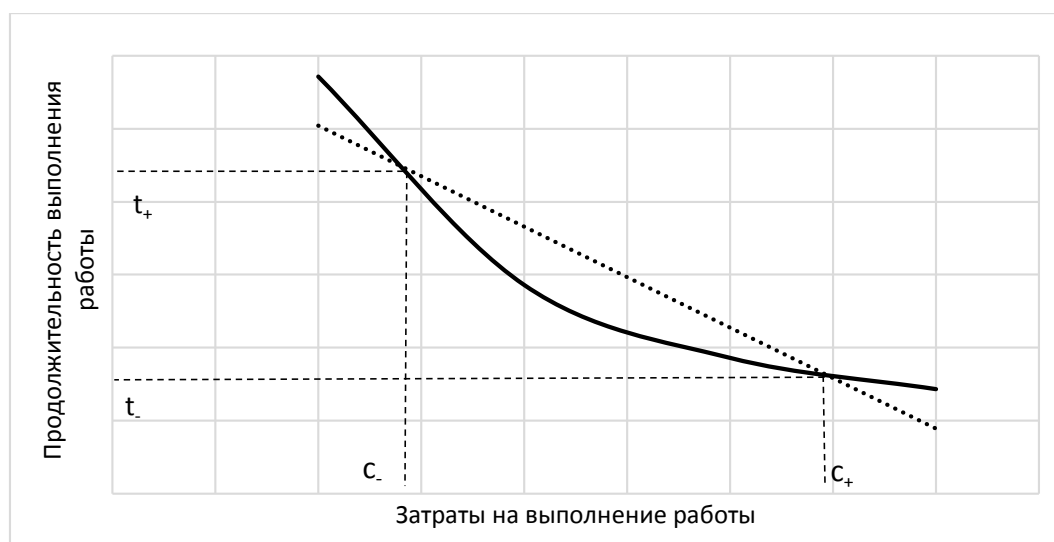


Рис. 1 Зависимость продолжительности работы от затрат на ее выполнение

В случае проведения оптимизации по критерию стоимости, базовые допущения модели остаются неизменными, изменяются лишь ограничения, налагаемые на переменные и целевую функцию:

$$\begin{cases} t'_i = t_i \cdot \left(1 + h_i \cdot \frac{c'_i - c_i}{c_i}\right) \\ c'_i \in [c_-; c_+] \\ t'_i \in [t_-; t_+] \\ \sum_{i=1}^n c'_i \rightarrow \min \\ T_k = \text{const} \end{cases} \quad (2)$$

Для укрупненных планов работ, обе представленные задачи могут быть решены в среде Microsoft Excel с использованием сервиса Поиск решения.

Предлагаемый метод оптимизации предполагает, что план работ носит детерминированный характер. Однако он, с небольшими корректировками, может также применяться и к стохастическим планам работ, предполагающим вариативность путей создания новой продукции и продолжительностей отдельных этапов процесса разработки. В частности, к описанной GERT-сетью, модифицированной для немарковских процессов [8].

Для этого необходимо перейти от GERT-сети к эквивалентному детерминированному сетевому графику без циклов и с фиксированными продолжительностями работ.

При этом работы, связанные с негативным исходом процесса создания нового вида промышленной продукции, например, согласование разработки с остальными аспектами деятельности промышленного предприятия, исключаются из плана. Для определения ожидаемых продолжительностей эквивалентных работ и затрат на них могут использоваться следующие формулы:

$$\begin{cases} t_i = M[t_{si}] \cdot M[I_i] \\ c_i = M[c_{si}] \cdot M[I_i] \end{cases} \quad (3)$$

где t_{si} – случайная величина, характеризующая продолжительность i -ой работы до оптимизации;

c_{si} – случайная величина, характеризующая затраты на выполнение i -ой работы до оптимизации;

I_i – количество итераций, проходимых i -ой работой в ходе процесса создания нового вида продукции;

$M[X]$ – математическое ожидание случайной величины X . Вместо него может использоваться его несмещенная оценка – выборочное среднее арифметическое, для выборки, получаемой в ходе имитационного моделирования неоптимизированного процесса создания нового вида наукоемкой промышленной продукции [9].

После проведения оптимизации может быть осуществлен возврат плана работ к стохастическому виду. При этом функции выбора исходящих работ для стохастических вершин остаются неизменными, а параметры распределений продолжительности отдельных работ плана и затрат на их выполнение переопределяются следующим образом.

$$\begin{cases} M[t'_{si}] = M[t_{si}] \cdot \frac{t'_i}{t_i} \\ \sigma[t'_{si}] = \sigma[t_{si}] \cdot \frac{t'_i}{t_i} \\ M[c'_{si}] = M[c_{si}] \cdot \frac{c'_i}{c_i} \\ \sigma[c'_{si}] = \sigma[c_{si}] \cdot \frac{c'_i}{c_i} \end{cases} \quad (4)$$

где t'_{si} – случайная величина, характеризующая продолжительность i -ой работы после оптимизации;

c'_{si} – случайная величина, характеризующая затраты на выполнение i -ой работы после оптимизации;

$\sigma[X]$ – среднеквадратичное отклонение случайной величины X .

Работы, исключенные на этапе предыдущего преобразования, возвращаются в стохастический план в исходном виде.

После возврата к GERT-сети с новыми параметрами, характеризующими отдельные входящие работы, требуется проведение повторного моделирования, Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

с целью получения вероятностных прогнозов оптимизированного распределения временных и материальных затрат на разработку. В данном случае результатом оптимизации будет являться смещение всего распределения продолжительности работ в сторону уменьшения для оптимизации по критерию времени, и смещение распределения затрат на создание нового вида промышленной продукции в сторону уменьшения для оптимизации по критерию стоимости.

Предложенные методы оптимизации могут применяться при ресурсно-временном планировании немарковского процесса создания нового вида наукоемкой промышленной продукции. В приведенной постановке оптимизационная задача позволяет проводить как первичные оценочные расчеты в среде MS Excel для планов работ с укрупненной детализацией, так и строить более детальные прогнозы с использованием сценарных языков программирования.

Библиографический список:

1. Постников А.М. Методика оценки ресурсной составляющей планируемых работ // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2014. – № 2 (5). — С. 144-148.
2. Будникова И.К., Приймак Е.В. Моделирование управляемых процессов с применением методов сетевого планирования // Вестник технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 1. — С. 115-118.
3. Кондратьев В.П. Методы оптимизации сетевых планов работ. Москва: «Экономика», 1970, 199 с.
4. Нейман А.М. Пионеры маржинального анализа: Г. Госсен и И. Тюнен. // Экономический анализ: теория и практика. – 2004. – № 4. – С. 2-7.
5. Разумов И.М., Белова Л.Д., Ипатов М.И., Проскуряков А.В. Сетевые графики в планировании. Москва: «Высшая школа», 1981, 168 с.

6. Катаргин Н.В. Оптимизация сетевого графика выполнения комплекса работ // Управленческие науки. – 2012. – № 1 (2). – С. 87-93.

7. Бурков В.Н., Ляпунцова Е.В., Шихалиев Р.С. Задача оптимизации вычислений в сетевых структурах // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2016. – № 2. – С. 5-14.

8. Королев С.А., Язев М.В. Разработка алгоритма прогнозирования параметров реализации плана работ по созданию наукоемкой промышленной продукции // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 7 (108). – С. 982-990.

9. Олейникова С.А., Кирилов А.А. Численная оценка параметров бета-распределения // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – № 7. – С. 209-212.

Оригинальность 96%