

УДК 658.01

А.С. Котов

Харьковский научно-исследовательский институт технологии машиностроения, Харьков

## МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В ГРАФИКЕ РАБОТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА

Рассмотрены вопросы оценки влияния рассогласований финансовых профилей на выполнение проекта с учётом инфляционного воздействия и последствий временной остановки работ. Предложенный метод может применяться в процессе планирования проекта для анализа его ресурсного и финансового обеспечения, согласования планов проекта с планами предприятия на всех уровнях управления и обеспечения равномерного использования ресурсов по множеству проекта.

**Ключевые слова:** научно-технический проект, прогнозирование, комплексный план.

### Введение

В настоящее время перед руководителями предприятий и организаций-исполнителей научно-технических проектов (НТП) проектов стоит ряд задач, связанных с выбором рациональных, как для себя, так и для заказчика, способов и методов финансирования. Построение множества согласованных планов на разных уровнях управления и горизонтах планирования с учётом интересов и потребностей участников всех выполняющихся на предприятии проектов является задачей комплексного планирования [1]. Однако и после построения комплексного плана НТП необходимо осуществлять прогнозирование изменений в графике работ, обусловленных влиянием рассогласований финансовых профилей

**Анализ литературы.** Метод построения комплексного плана НТП предложен в работах [2,3]. Накопленный опыт в области прогнозирования изменений в графике работ НТП [4 – 5], поскольку предлагаемые модели и методы предназначены для достаточно стабильных условий экономики государства. Поэтому **целью данной статьи** является разработка метода прогнозирования изменений в графике работ, обусловленных влиянием рассогласований финансовых профилей.

### 1. Методика построения корректного комплексного плана проекта

Построение комплексного плана, как правило, осуществляется путём разработки укрупнённых планов и их дальнейшей детализации. В процессе планирования необходимо проверять корректность полученных планов и их соответствие планам верхнего уровня. Возникающие рассогласования необходимо устранить, иначе план окажется нереализуем. Желательно устранять рассогласования путём корректировки планов нижнего уровня, оставляя планы верхнего уровня неизменными. Если этого не удастся добиться, необходимо изменять план верхнего уровня, что может повлечь за собой необходи-

мость корректировки множества детализированных планов. Схема методики построения корректного комплексного плана проекта представлен на рис. 1.

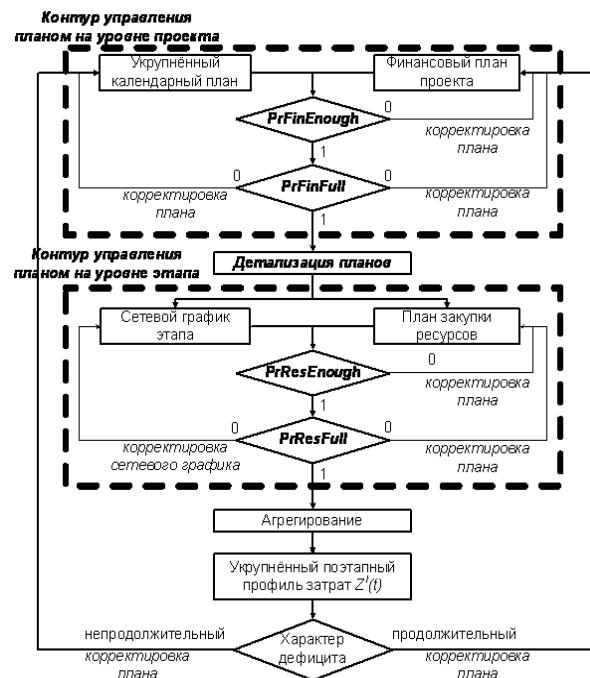


Рис. 1. Трёхуровневая схема методики построения корректного комплексного плана проекта

Методика охватывает два уровня детализации планов: план проекта и планы отдельных этапов. На уровне построения плана проекта осуществляется контроль полноты его финансового обеспечения и, при необходимости, корректировка укрупнённого календарного или финансового плана. На уровне планов этапов осуществляется контроль полноты ресурсного обеспечения и, при необходимости, корректировка сетевого графика или плана закупки ресурсов. Затем выполняется проверка полноты финансового обеспечения детализированного плана. При необходимости осуществляется переход на верхний уровень управления и корректировка финансового плана проекта.

Таким образом, методика состоит из трёх контуров управления: 1) проверка корректности укрупнённого календарного плана и финансового плана проекта; 2) проверка корректности сетевого графика этапа проекта и закупки ресурсов; 3) проверка корректности комплексного плана. Первый контур охватывает уровень управления проектом в целом, второй – уровень управления этапом проекта, а третий – оба уровня.

## 2. Прогнозирование изменений в графике работ

Задача построения корректного комплексного плана проекта, представляющего собой комплекс планов, согласованных по календарным срокам, финансовым показателям и затратам ресурсов рассмотрена в [2, 3]. Однако в ряде случаев в силу объективных причин не удаётся полностью согласовать планы по всем показателям. Следует также учитывать, что выполнение проекта подвержено множеству рисков, что делает отклонения от плана практически неизбежными. В результате возникают рассогласования между запланированными профилями поступления денежных средств и их реальным потреблением. Можно выделить два вида рассогласований.

Дефицит финансирования имеет место, если в отдельные периоды времени затраты превышают поступление финансовых средств. Рассогласование этого вида характеризуется профилем дефицита  $DF(t)$ . Наличие временно свободных средств имеет место, если поступления опережают затраты. Рассогласование этого вида характеризуется профилем временно свободных средств

$$FF(t) = \min \{0, SF(t)\}. \quad (1)$$

Профиль (1) равен нулю на тех интервалах времени, где поступления соответствуют затратам или отстают от них и отличен от нуля на тех интервалах времени, где поступления опережают затраты.

Рассогласование профилей могут привести к возникновению незапланированных затрат, что скажется на графике работ. Факторами, наиболее существенно влияющими на выполнение проекта в периоды наличия рассогласований, являются инфляционное воздействие и простои.

Моделирование инфляционного воздействия. Рассмотрим ситуацию наличия временно свободных средств. Определим точки локальных экстремумов профиля  $FF(t)$ :  $FF^{\max}$  – локальный максимум;  $FF^{\min}$  – локальный минимум. Поскольку профиль  $FF(t)$  скачкообразно возрастает в момент поступления финансирования, а затем уменьшается до достижения нулевого уровня либо до наступления следующего момента финансирования, его локальные экстремумы можно определить следующим образом:

$$FF^{\max} : FF(FF^{\max}) > FF(FF^{\max} - \delta); \quad (2)$$

$$FF^{\min} : FF(FF^{\min}) < FF(FF^{\min} - \delta), \quad (3)$$

где  $\delta$  – бесконечно малая величина.

Очевидно, что временно свободные средства могут возникать только в моменты поступления финансирования. Поэтому, каждый момент поступления денежных средств, превышающих потребности исполнителя, можно характеризовать парой точек в пространстве координат «время – денежные средства», соответствующих локальным экстремумам:  $(FF^{\max}, FF(FF^{\max}))$  и  $(FF^{\min}, FF(FF^{\min}))$ .

Временно свободные средства подвержены инфляционному воздействию в интервале времени  $[FF^{\min}, FF^{\max}]$ . Потери денежных средств, обусловленные инфляцией, можно оценить на основе функции непрерывного дисконтирования

$$\Delta S_j^{Inf} = \int_{FF^{\max}}^{FF^{\min}} FF(t) e^{\ln(1+\alpha_{Inf})(t-FF^{\max})} dt, \quad (4)$$

где  $\alpha_{Inf}$  – индекс инфляции.

Моделирование последствий временной остановки работ. Временная остановка работ над проектом в случае дефицита финансирования может иметь место, если с проектом связан значительный риск. Неопределённость результатов проекта может быть препятствием для привлечения дополнительных инвестиций. Кроме того, специфические особенности проекта (например, необходимость обеспечения государственной либо коммерческой тайны или невозможность рыночной реализации результатов) могут сделать невозможным привлечение альтернативных источников финансирования.

Приняв предположение о том, что график зависимости стоимости работы от её продолжительности  $z(t)$  имеет вид параболы, можно аппроксимировать эту зависимость обычной квадратичной функцией

$$z(t) = a + bt + ct^2. \quad (5)$$

Параметры зависимости (5) можно определить, решая систему алгебраических уравнений

$$\begin{cases} z_H = a + bt_H + ct_H^2; \\ z_\Phi = a + bt_\Phi + ct_\Phi^2; \\ 0 = b + 2ct_H. \end{cases} \quad (6)$$

Первые два уравнения представляют собой значения зависимости  $z(t)$  в нормальной и форсированной точках, а третье следует из наличия экстремума в точке  $(t_H, z_H)$ . Решая систему (6), получим:

$$a = \frac{z_H t_\Phi^2 + z_\Phi t_H^2 - 2z_H t_\Phi t_H}{(t_H - t_\Phi)^2}; \quad (7)$$

$$b = \frac{2t_H(z_H - z_\Phi)}{(t_H - t_\Phi)^2}; \quad (8)$$

$$c = \frac{z_\Phi - z_H}{(t_H - t_\Phi)^2}. \quad (9)$$

Подставляя полученные значения коэффициентов (7) – (9) в формулу (6), определим зависимость стоимости работы от её длительности. Однако более логичным и обоснованным представляется раздельное моделирование зависимости  $z(t)$  в случае форсирования и замедления работ

$$z(t) = \begin{cases} z_I(t), & \text{при } t_\Phi \leq t \leq t_H; \\ z_{II}(t), & \text{при } t > t_H. \end{cases} \quad (10)$$

Здесь зависимость  $z_I(t)$  отображает изменение стоимости при сокращении продолжительности работы, а  $z_{II}(t)$  – при её увеличении. Причём, как правило, функция  $z_I(t)$  – невозрастающая, а  $z_{II}(t)$  – неубывающая.

Рассмотрим моделирование изменения стоимости работы при сокращении её длительности. Вид зависимости  $z_I(t)$  определяется способом ускорения работ. Если ускорение работ достигается путём использования более производительного оборудования, то  $z_I(t)$  является дискретной функцией

$$z_I(t) = z_k, \quad t \in (t_{k-1}, t_k]. \quad (11)$$

Различные значения стоимости и продолжительности соответствуют вариантам использования оборудования с разной производительностью.

В практических расчётах часто предполагается, что  $z_I(t)$  является линейной функцией

$$z_I(t) = a + bt. \quad (12)$$

Из условия

$$\begin{cases} z_H = a + bt_H; \\ z_\Phi = a + bt_\Phi \end{cases} \quad (13)$$

находим параметры зависимости (12)

$$a = \frac{z_\Phi t_H - z_H t_\Phi}{t_H - t_\Phi}; \quad (14)$$

$$b = \frac{z_H - z_\Phi}{t_H - t_\Phi}. \quad (15)$$

Однако, чаще всего предполагается, что форсирование работы достигается путём деления её на независимые микрооперации, которые могут выполняться параллельно разными исполнителями. Тогда длительность работы обратно пропорциональна числу исполнителей и может быть вычислена по известной из экономики формуле

$$t = \frac{T}{n \cdot F}, \quad (16)$$

где  $T$  – трудоёмкость работы;  $n$  – количество исполнителей;  $F$  – фонд времени одного исполнителя.

Если дополнительные средства будут расходоваться только на увеличение числа исполнителей, то продолжительность работы неограниченно уменьшается с ростом затрат на неё. Очевидно, что предположение о неограниченной делимости на микрооперации не соответствует действительности. Кроме того, увеличение числа исполнителей приводит к

усложнению процесса управления их работой. Практически любая реальная работа может выполняться лишь ограниченным числом исполнителей. Минимально возможной продолжительности, как отмечено выше, соответствует форсированная точка  $(t_\Phi, z_\Phi)$ .

Таким образом, обратно пропорциональная зависимость имеет место лишь на ограниченном интервале времени  $[t_\Phi, t_H]$ .

Определим функцию  $z_I(t)$  в виде

$$z_I(t) = a + b \frac{1}{t}, \quad \text{при } t_\Phi \leq t \leq t_H. \quad (17)$$

Параметры зависимости (17) определяются из системы уравнений

$$\begin{cases} z_H = a + b \frac{1}{t_H}; \\ z_\Phi = a + b \frac{1}{t_\Phi}. \end{cases} \quad (18)$$

Решая эту систему, находим

$$a = \frac{z_H t_H - z_\Phi t_\Phi}{t_H - t_\Phi}; \quad (19)$$

$$b = \frac{z_\Phi - z_H}{t_H - t_\Phi} t_H t_\Phi. \quad (20)$$

Теперь рассмотрим изменение стоимости работы при увеличении её длительности  $z_{II}(t)$ . Обычно предполагается, что при  $t > t_H$  стоимость работы линейно зависит от времени

$$z_{II}(t) = a + bt. \quad (21)$$

Из экономических соображений желательно обеспечить отсутствие скачка функции  $z(t)$  в нормальной точке, то есть выполнение равенства

$$z_I(t_H) = z_{II}(t_H) = z_H. \quad (22)$$

С учётом этого, можно выразить  $z_{II}(t)$  в виде

$$z_I(t) = z_H + b\Delta t, \quad \text{при } t \geq t_H, \quad (23)$$

где  $\Delta t = t - t_H$  – увеличение продолжительности работы по отношению к нормальной.

Первое слагаемое в правой части формулы (23) отображает минимально необходимые затраты на выполнение работы, а второе – дополнительные затраты, возникающие при её замедлении. Коэффициент  $b$  отражает затраты, обусловленные простоями, приведенные к единице времени.

Таким образом, для оценки потерь, обусловленных удорожанием работ при временной остановке проекта, следует просуммировать изменения стоимости всех работ, попавших в период остановки:

$$\Delta Z^{\text{Stop}} = \sum_{i \in U^{\text{Stop}}} (z_i(t_i) - z_{H,i}), \quad (24)$$

где  $U^{\text{Stop}}$  – множество работ, попавших в период временной остановки проекта.

Построенные модели составляют суть предлагаемого метода и могут использоваться на стадии выполнения проекта для оценки последствий возникающих рисков и непредвиденных изменений в ходе работ.

### Выводы

Предложены метод и математические модели оценки влияния рассогласований финансовых профилей на выполнение проекта с учётом инфляционного воздействия и последствий временной остановки работ.

Предложенные метод и модели могут применяться в процессе планирования проекта для анализа его ресурсного и финансового обеспечения, согласования планов проекта с планами предприятия на всех уровнях управления и обеспечения равномерного использования ресурсов по множеству проекта.

Целью дальнейших исследований является моделирование процесса выбора источников инвестирования научно-технического проекта.

### МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН У ГРАФІКУ РОБІТ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУ

А.С. Котов

*Розглянуті питання оцінки впливу розузгоджень фінансових профілів на виконання проекту з урахуванням інфляційної дії і наслідків тимчасової зупинки робіт. Запропонований метод може застосовуватися в процесі планування проекту для аналізу його ресурсного і фінансового забезпечення, узгодження планів проекту з планами підприємства на всіх рівнях управління і забезпечення рівномірного використання ресурсів по множині проекту.*

**Ключові слова:** науково-технічний проект, прогнозування, комплексний план.

### METHOD OF PROGNOSIS CHANGES IN THE GRAPHIC WORKS OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROJECT

A.S. Kotov

*The questions of estimation of influencing of rassoglasovaniy of financial types are considered on implementation of project taking into account inflationary influence and consequences of temporal stop of works. The offered method can be used in the process of planning of project for the analysis of his resource and financial providing, concordances of plans of project with the plans of enterprise at all levels of management and providing of the even use of resources on the great number of project.*

**Keywords:** scientific and technical project, prognosis, complex plan.

### Список литературы

1. Росс С. Основы корпоративных финансов: ключ к успеху коммерческого организационно-финансового планирования и управления / С. Росс. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2000. – 718 с.
2. Котов А.С. Моделирование комплексного плана научно-технического проекта / А.С. Котов, В.В. Косенко, А.А. Подорожняк // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2008. – Вип. 4(8). – С. 105-108.
3. Котов А.С. Метод анализа комплексного плана научно-технического проекта / А.С. Котов, В.В. Косенко, Ю.Ю. Завиступ // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2008. – Вип. 7(74). – С. 173-176.
4. Финансовое планирование и контроль / Под ред. М.А. Поукока и А.Х. Тейлора. – М.: ИНФРА-М, 1996. – 479 с.
5. Кизим Н.А. Оценка и финансовый анализ деятельности предприятий / Н.А. Кизим, Ли Лю. – Х.: АО «Бизнес Информ», 2000. – 92 с.

Поступила в редколлегию 1.12.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Чумаченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.