

## Разработка модели оперативного управления проектами как иерархической системой в условиях неопределенности

© 2012 Т.В. Овсянникова  
ФГУП ГНПРКЦ “ЦСКБ-Прогресс”  
E-mail: Tyavinat@mail.ru

Стимулирование в управлении проектами является системообразующим фактором, позволяющим всем участникам проекта осуществлять согласованную деятельность по достижению конечного результата. Целью стимулирования при этом выступает поддержание квалификации исполнителей. Методы управления зависят не только от стимулирования исполнителей, но и от имеющейся информации о неопределенных условиях реализации проекта.

*Ключевые слова:* управление, стимулирование, неопределенность, штрафы.

Характерной особенностью проектной деятельности промышленного комплекса по производству ракетно-космической техники ФГУП ГНПРКЦ “ЦСКБ-Прогресс” является взаимозависимость действий и результатов деятельности различных исполнителей. В частности, эта зависимость может проявляться в том, что затраты исполнителей зависят не только от их собственных действий, но и от действий других агентов. В статье представлена задача стимулирования исполнителей в активной системе в условиях полной информированности о существенных внешних и внутренних параметрах. Затем представлены модели, учитывающие возможность наличия неопределенности.

В настоящей работе стимулирование рассматривается именно с управленческой точки зрения и понимается в общем случае как комплексное целенаправленное внешнее воздействие на компоненты деятельности управляемой системы и процессы их формирования. Стимулирование в управлении проектами является системообразующим фактором, позволяющим всем участникам проекта осуществлять согласованную деятельность по достижению конечного результата. При синтезе процедур стимулирования в управлении проектами осуществляется оптимизация процессной части, что позволяет избежать детального анализа динамических процессов и моделей. Целью стимулирования при этом является поддержание квалификации исполнителей. Рассмотрение стимулирования как средства управления функциональной деятельностью осуществляется, в основном, в рамках управления. Рассмотрение стимулирования как средства управления технологической деятельностью целесообразно осуществлять, в основном, в рамках управления проектами и управления производственными системами. При управлении “технологической” деятельностью необходимо выстра-

ивать системы мотивации и стимулирования таким образом, чтобы обеспечить эффективное взаимодействие подразделений. Все участники проекта взаимосвязаны не только технологически, но и вносят определенный вклад в конечный результат деятельности.

В данной модели рассматривается задача оперативного управления продолжительностью проекта, в которой критерием эффективности являются финансовые показатели центра, зависящие в свою очередь от продолжительности проекта.

В качестве основного выберем такой показатель, как время завершения проекта. Если в процессе реализации проекта оказывается, что прогнозируемое время его завершения отличается от планового, то возникает необходимость в оперативном управлении - дополнительных мерах по сокращению продолжительности выполнения незавершенной части проекта. Реализация этих мер требует соответствующих затрат, т.е. возникает задача определения оптимальных коррекционных воздействий, причем критерием эффективности, как правило, выступают финансовые показатели, зависящие как от продолжительности проекта (санкции и штрафы за задержку сроков завершения и т.д.), так и от затрат на выполнение проекта<sup>1</sup>.

При решении задачи управления центр должен учитывать эффективность активного элемента, т.е. вознаграждение исполнителя в зависимости от сокращения им сроков должно быть согласовано с его предпочтениями. Рассмотрим постановку задачи стимулирования исполнителей, в которой критерием эффективности являются финансовые показатели центра, зависящие в свою очередь от продолжительности проекта.

Будем считать, что в ходе реализации проекта стали известны плановое  $T_0$  и прогнозируемое  $T$  время завершения проекта (ограничимся наиболее распространенным на практике случа-

ем  $T \geq T_0$ ). Предположим, что в случае задержки выполнения проекта центр выплачивает, например, вышестоящей организации, штрафы  $\chi(t)$ ,  $t \geq T_0$ . Исполнитель имеет возможность сократить срок реализации проекта (относительно прогнозируемого) или, что то же самое, сократить продолжительность одной или нескольких критических операций; это требует от него определенных затрат  $c(y)$ , где  $y \in A$  - время, на которое сокращается продолжительность проекта. Переменная  $y$  может интерпретироваться как действие активного элемента - выбираемая им стратегия.

Для того чтобы побудить исполнителя к выбору некоей стратегии, центр должен использовать соответствующую систему стимулирования, т.е. назначить зависимость  $\sigma(y)$  вознаграждения исполнителя от выбираемых им действий. Эта зависимость  $\sigma(\cdot) \in M$  называется функцией стимулирования ( $M$  - множество допустимых функций стимулирования)<sup>2</sup>.

Интересы участников проекта выражены их целевыми функциями. Будем считать, что рациональность поведения участников проекта заключается в стремлении к экстремизации целевых функций<sup>3</sup>. Предположим, что центр заинтересован в том, чтобы минимизировать свои выплаты (суммарные выплаты по штрафам и стимулированию исполнителя), т.е. целевая функция центра  $\Phi(\sigma(\cdot), y)$  имеет вид:

$$\Phi(\sigma(\cdot), y) = \sigma(y) + \chi(T - T_0 - y). \quad (1)$$

Целевая функция исполнителя  $f(\sigma(\cdot), y)$  представляет собой разность между стимулированием и затратами:

$$f(\sigma(\cdot), y) = \sigma(y) - c(y). \quad (2)$$

Введем следующие предположения:  $A = [0; T - T_0]$ ;  $M$  - множество кусочно-непрерывных положительно-значных функций;  $c(y)$  - положительно-значная, монотонно возрастающая, строго выпуклая, непрерывно дифференцируемая функция, такая, что  $c(0) = 0$ .

В настоящем разделе изложен материал, в котором будем предполагать, что выполнена гипотеза благожелательности (ГБ) - из множества реализуемых действий  $P(\sigma) = \arg \max_{y \in A} f(y, \sigma)$

исполнитель выбирает действия, наиболее благоприятные для центра.

Последовательность функционирования следующая: центр сообщает исполнителю функцию стимулирования, после чего исполнитель при известной функции стимулирования выбирает свое действие. Следовательно, задача центра заключается в выборе такой допустимой системы стимулирования, которая минимизировала бы значение его целевой функции при условии, что активный элемент выбирает допустимое действие, максимизирующее его собственную целевую функцию:

$$\begin{cases} \Phi(\sigma(y^*), y^*) \rightarrow \min, \\ \sigma \in M \\ y^* \in \arg \max_{y \in [0; T - T_0]} f(y). \end{cases} \quad (3)$$

Задача (3) является игрой типа  $\Gamma_2$  (в терминологии теории иерархических игр) и может рассматриваться как детерминированная задача стимулирования второго рода. Ее решение дается следующим выражением: оптимальное решение  $\sigma^*(y)$  задачи (3) имеет вид:

$$\sigma^*(y) = \begin{cases} c(y^*), & y = y^* \\ 0, & y \neq y^* \end{cases}, \quad (4)$$

где оптимальное действие исполнителя  $y^*$  определяется следующим выражением:

$$y^* = \arg \min_{y \in [0; T - T_0]} [c(y) + \chi(T - T_0 - y)]. \quad (5)$$

Штрафы центра линейны:  $\chi(t) = \chi_0 t$ , действие (5) единственно (так как штрафы линейны, а функция затрат исполнителя строго выпукла). Следовательно, на отрезке  $[0; T - T_0]$  функция  $\{c(y) - \chi_0 y\}$  достигает единственного минимума. Более того, оптимальное решение оказывается устойчивым по параметрам модели в следующем смысле.

Обозначим  $\xi = c^{-1}(\chi_0)$ , где  $c^{-1}(\cdot)$  - функция, обратная производной функции затрат исполнителя. Тогда оптимальное решение задачи (3) можно записать в виде

$$y^*(\xi) = \begin{cases} T - T_0, & T \leq T_0 + \xi, \\ \xi, & T \geq T_0 + \xi. \end{cases} \quad (6)$$

В случае линейных штрафов центру не обязательно знать "точную" оценку реального времени  $T$  завершения проекта (неизвестного и приближенно оцениваемого в ходе его реализации), если оптимистичная оценка задержки  $T - T_0$  времени завершения проекта превышает величину

$\xi$ , которая зависит от внешних штрафов и функции затрат исполнителя, то оптимальное с точки зрения внешних выплат центра сокращение продолжительности проекта “не зависит” от оценки будущей его продолжительности. В нашем примере  $T \geq T_0 + \xi$ , значит, решение задачи (3) будет таким  $y^*(\xi) = \xi$ .

Уникальность проекта накладывает требования учета при разработке системы управления персоналом факторов неопределенности (неполной информированности). Поэтому, имея результаты исследования задач стимулирования, ограничимся в основном качественным обсуждением специфики неопределенности в проектно-ориентированной деятельности и методов ее учета в теоретико-игровых моделях механизмов стимулирования.

В рамках модели, рассмотренной выше, предположим, что реальное сокращение  $z \in A_0 = A = [0; +\infty)$  продолжительности проекта зависит от вектора действий исполнителя и от неопределенного параметра - состояния природы. Будем считать, что, выбирая свои стратегии, участники проекта имеют информацию лишь об интервале возможных значений:  $z \in Z(y)$ . Кроме того, выбираемые активным элементом действия, не наблюдаются центром, которому становится известен лишь результат деятельности. Поэтому стимулирование исполнителя центром уже не может основываться на действиях исполнителя, а должно зависеть от неопределенной величины - результата деятельности.

Целевая функция активного элемента равна:  $f(\sigma, y, z) = \sigma(z) - c(y)$ . Устраняя интервальную неопределенность, т.е. применяя метод максимального гарантированного результата (МГР), получим, что гарантированное значение целевой функции активного элемента равно:

$$f_{\Gamma}(\sigma, y) = \min_{z \in Z(y)} \sigma(z) - c(y). \quad (7)$$

Следовательно, в рассматриваемой модели множество реализуемых действий исполнителя есть  $P(\sigma) = \arg \max_{y \in A} f_{\Gamma}(\sigma, y)$ .

Если целевая функция центра зависит от фактического сокращения продолжительности проекта  $z \in A_0$ , то ее гарантированное значение равно:

$$\begin{aligned} \Phi_{\Gamma}(\sigma, y) &= \max_{z \in Z(y)} \Phi(z, \sigma) = \\ &= \max_{z \in Z(y)} \left\{ \sum_{i=1} \sigma(z) + \chi(T - T_0 - z) \right\}. \end{aligned} \quad (8)$$

Итак, задача управления имеет вид

$$\Phi_{\Gamma}(\sigma, y^*) \rightarrow \min, y^* \in E_N(\sigma(\cdot)), \quad (9)$$

где  $E_N(\sigma(\cdot))$  - множество равновесий Нэша игры агентов при заданной системе стимулирования.

Решение задачи (8) в силу принципов компенсации затрат и декомпозиции игры агентов имеет следующий вид.

Система стимулирования

$$\sigma(y^*, z) = \begin{cases} c(y^*), & z \in Z(y^*) \\ 0, & z \notin Z(y^*) \end{cases} \quad (10)$$

реализует вектор  $y^*$  действий исполнителя, оптимальное значение которого определяется следующим выражением:

$$y^* = \arg \min_{y \in A} \max_{z \in Z(y)} \left\{ \sum_{i=1} \sigma(y^*, z) + \chi(T - T_0 - z) \right\}. \quad (11)$$

Гарантированное значение целевой функции исполнителя равно нулю. Реализуемость действия  $y^* \in A$  системой стимулирования (10) следует из определения гарантированной реализуемости.

Предположим, что функция штрафов центра монотонна, тогда целевая функция центра имеет вид

$$\Phi(y) = \max_{z \in Z(y)} \{ \chi(T - T_0 - z) + \sigma(y, z) \}.$$

Так как функция штрафов монотонна, а система стимулирования (10) кусочно-постоянна, то  $\Phi(y) = \chi(T - T_0 - Q(y)) + c(y)$ . Задача

$\Phi(y) \rightarrow \min_{y \geq 0}$  является скалярной оптимизационной задачей.

Рассмотрим числовой пример.

Целевая функция центра (1):

$$\Phi(\sigma(\cdot), y) = 1493520 + 298704 = 1792224 \text{ (руб.)}$$

Целевая функция исполнителя (2):

$$f(\sigma(\cdot), y) = 1493520 - 53340 = 1440180 \text{ (руб.)}$$

Решая задачу (3), оптимальное действие исполнителя (5) определяется так:

$$y^* = \arg \max [53340 + 298704] = 352044 \text{ (руб.)}$$

Имея результаты исследования задач стимулирования, ограничимся в основном качественным обсуждением специфики неопределенности в проектно-ориентированной деятельности и методов ее учета в теоретико-игровых моделях механизмов стимулирования.

Если целевая функция центра зависит от фактического сокращения продолжительности проекта, то ее гарантированное значение равно (8):

$$\Phi_T(\sigma, y) = 224028 + 810768 = 1034796 \text{ (руб.)}$$

Система стимулирования реализует вектор  $y^*$  действий исполнителя, оптимальное значение которого определяется следующим образом:

$$y^* = 53340 + 298704 = 352044 \text{ (руб.)}$$

Поскольку неопределенность может быть задана различными ее видами, а проявления риска чрезвычайно разнообразны, на практике приходится использовать множество критериев. Значит, процедуры стимулирования (а также все остальные ключевые механизмы управления проектом) должны разрабатываться не независимо или параллельно с другими механизмами управ-

ления проектом, а в комплексе с ними, так как неадекватный учет роли человеческих ресурсов вообще и их стимулирования в частности может привести к неэффективности системы управления в целом. Методы определения показателей ожидаемого эффекта зависят от имеющейся информации о неопределенных условиях реализации проекта.

<sup>1</sup> Ковалев В.В. Финансовый анализ: методы и процедуры. М., 2005.

<sup>2</sup> Новиков Д.А. Стимулирование в организационных системах. М., 2003.

<sup>3</sup> Коновальчук Е.В., Новиков Д.А. Модели и методы оперативного управления проектами. М., 2004.

*Поступила в редакцию 03.02.2012 г.*