

Методы управления подсистемами программы развития авиационной техники

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»

Постановка задачи. Анализ исследований и публикаций. Понятия «проект» или «программа» объединяют различные виды деятельности, основными управляемыми параметрами которых являются [1] стоимость, издержки, расходы на проект и временные параметры.

Рассматривая программу развития авиационной техники (ПРАТ) как объект управления, отметим, что она представляет собой сложную организационно-техническую систему проектных и производственных действий для создания средств авиационной техники (АТ).

Проектное действие $ПД_i$, направленное на создание средств АТ, определяется временем его выполнения t_i ($i = 1, \dots, n$), причем очевидно, что в зависимости от работ по проведению $ПД_i$ t_i для каждого i будут различны. $ПД_i$ могут выполняться одним либо разными исполнителями, на одном либо разных рабочих местах. $ПД_i$ могут быть независимыми либо зависимыми друг от друга, когда результаты одного $ПД_i$ являются исходными данными для следующего $ПД_i$. Однако существует понятие технологического алгоритма, который определяет последовательность $ПД_i$ для достижения требуемых тактико-технических характеристик проектных решений [2].

Стоимость ПРАТ как сложной системы является интегрированным, системным показателем, отражающим структуру и процессы создания АТ. Так как изделие АТ состоит из десятков и сотен тысяч элементов, а проектных действий, связанных с изготовлением, на порядок больше, причем каждое из них должно быть обеспечено ресурсами, которые имеют свою стоимость, то очевидно, что задача управления стоимостью ПРАТ имеет сложную иерархическую структуру, состоящую из сотен тысяч элементарных стоимостей. Управлять такой стоимостной системой во времени возможно только с помощью современных информационных технологий. Точность и эффективность управления будут зависеть от качества управления элементарными составляющими всей системы, т.е. от качества управления $ПД_i$.

Таким образом, так как ПРАТ представляет собой сложную многоуровневую иерархически распределенную в пространстве проектных действий, во времени и стоимости структуру, то очевидно, что целью статьи является разработка системных моделей управления временем и стоимостью ПРАТ.

Основной материал. Технологические алгоритмы могут быть простыми – это линейная последовательность $ПД_i$, либо сложными – последовательно-параллельное выполнение $ПД_i$. Последовательность выполнения $ПД_i$ в технологическом алгоритме может быть безусловной либо иметь разветвления в зависимости от какого-либо условия (внешнего или внутреннего). Это разветвление может быть вперед на два других пути в алгоритме (дизъюнкция),

либо с возвратом к выполнению предыдущей части $ПД_i$ (итерация или цикл). В общем случае при реализации ПРАТ процессы проектирования и технологические процессы производства носят сложный характер – последовательно-параллельный с условными переходами.

Для формализации описания событий на временной оси обычно используют диаграмму Ганта. В связи с этим линейный технологический процесс представлен на рис. 1.



Рис. 1. Линейный технологический процесс: $ПД_1 = t_2 - t_1, \dots,$
 $ПД_i = t_i - t_{i-1}, \dots, ПД_n = t_n - t_{n-1}$

Трудоемкость при реализации линейного технологического процесса проектирования и производства средств АТ

$$A_{гд} = \sum_{i=1}^n t_i - t_{i-1}.$$

Параллельный технологический процесс показан на рис. 2. Трудоемкость его реализации находят следующим образом:

$$A_{гд} = \max_i ПД_i.$$

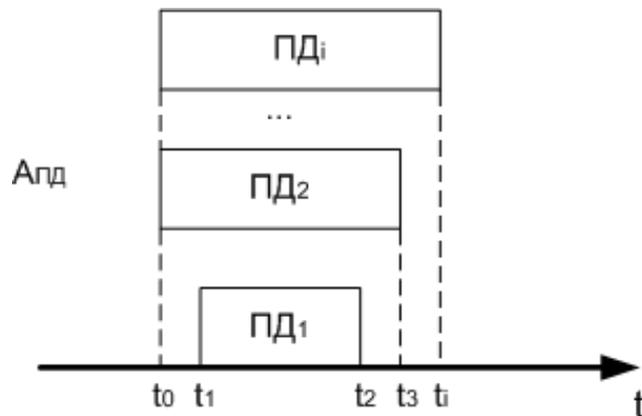


Рис. 2. Параллельный технологический процесс: $ПД_1 = t_2 - t_1, \dots, ПД_i = t_i - t_0$

Сложный процесс изображен на рис. 3. Из диаграммы Ганта видно, что проектные действия $ПД_1, ПД_8$ и $ПД_{14}, ПД_6, ПД_{10}$ и $ПД_{16}$ совпадают по времени. Очевидно, что если они выполняются одним исполнителем или на одном и том же оборудовании, то их нужно разнести во времени и пространстве оборудования либо перепланировать другим исполнителям и ввести еще одну единицу оборудования. Возникает задача оптимизации распределения проектных

действий в пространстве исполнителей, оборудования и во времени. Эта задача решается методами целочисленного программирования, теории расписаний, циклических процессов и массового обслуживания. Но эти методы дают грубые расчеты [3].

Для решения рассмотренной задачи разработан метод имитационного моделирования в целях минимизации распределения проектных действий, проектирования и технологических операций производства на основе минимизации групповых действий при построении эталонной временной модели событий в ПРАТ. Суть метода состоит в следующем.

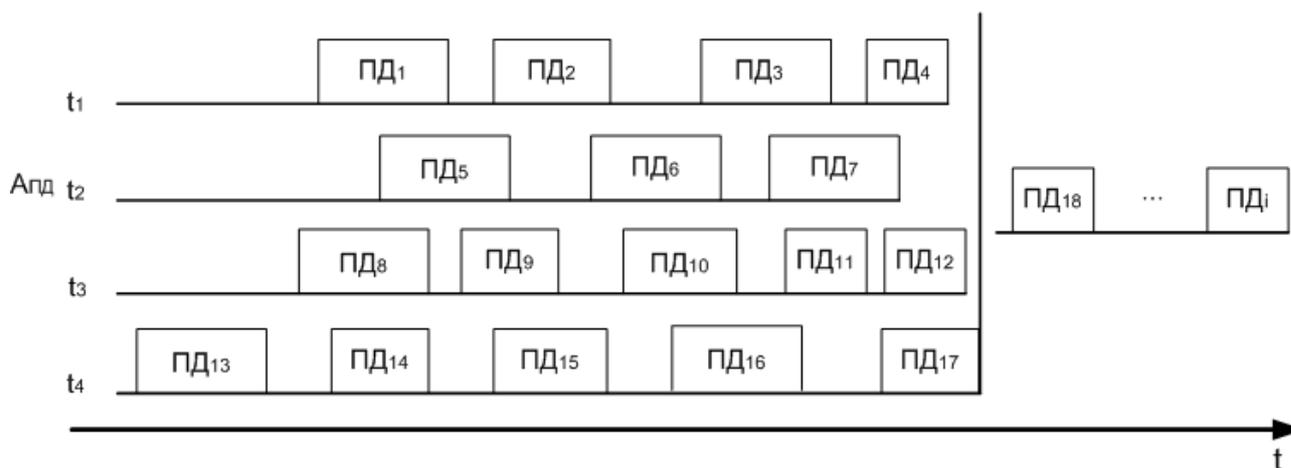


Рис. 3. Диаграмма Ганта сложного технологического процесса

Шаг 1. Строим диаграмму Ганта сложного технологического алгоритма проектирования (либо производства), состоящего из частных составляющих его алгоритмов t_j . Анализируем $ПД_i$ каждого частного алгоритма и выбираем алгоритм $t_{j_{max}}$, в котором содержится наибольшее количество неповторяющихся $ПД_i$. Выделяем его в первый ранг. Аналогично анализируем оставшиеся частные t_j по принципу разнообразия и количеству проектных действий и выбираем t_j второго ранга. Выстраиваем все частные алгоритмы по рангам.

Шаг 2. Выбираем первых два частных алгоритма t_1 и t_2 из количества технологических алгоритмов с высшим рангом и проводим их анализ на совпадение по одинаковым $ПД_i$ на одном оборудовании и одним исполнителем. Если совпадений нет, то на временной оси T в соответствии с трудоемкостями $ПД_i$ рассчитываем директивное (эталонное время) для каждого $ПД_i$, входящего в t_j , что и является расписанием для $ПД_i$, входящего в t_j .

Шаг 3. В случае появления совпадений $ПД_i$ выполняем их сдвиг во времени влево или вправо на разницу времени, соответствующую величине $\Delta t = t_{ПД_i^K} - t_{ПД_i^H}$.

Шаг 4. Проверяем все $ПД_i$ на наличие совпадений по диаграмме Ганта и проводим сдвиг, как указано в шаге 2. Получаем оптимизацию расписания времени $ПД_i$ по двум частным алгоритмам t_1 и t_2 .

Шаг 5. Аналогично поступим с третьим алгоритмом: фиксируем начало $ПД_i$ для t_3 на временной оси. Это будет расписание для $ПД_i$ третьего частного алгоритма.

Шаг 6. Выполняем последовательно шаг 5 для всех остальных частных алгоритмов и получаем расписание для всех частных алгоритмов t_j , входящих в сложный параллельно-последовательный алгоритм проектирования или изготовления группы $ПД_i$.

Применяя рассмотренный выше метод, строим временную модель для групп Gr , подсистем $UnSys$, систем Sys и метасистем $MetSys$ любого ранга. Таким образом, строим эталонную (плановую) временную модель проектных действий.

Из теории управления известно, что управление эффективно и устойчиво, если время воздействия на объект управления t_B на порядок меньше времени реакции t_p системы на воздействие, т.е. [4]

$$t_B \ll t_p.$$

Значит, дискрета времени для проверки события в организационном управлении ПРАТ будет на порядок меньше самой меньшей по времени трудоемкости $ПД_i$:

$$t_K < t_{ПД_i}^{\min}.$$

Поэтому для управления временем ПРАТ необходимо построить плановую (эталонную) временную модель системы проектных действий на временной оси проекта, зафиксировать начало и конец события $ПД_i$ ($ПД_i^H$ и $ПД_i^K$). Затем через время $t_K < t_{ПД_i}^{\min}$ провести контроль факта состоявшегося события $ПД_i$ с параметрами тактико-технических характеристик, соответствующих тактико-техническим требованиям технического задания. Если в заданное время t_K $ПД_i$ событие состоялось и $\Delta\lambda EI_j \leq |\Delta\lambda TTT EI_j|$, то управление временем ПРАТ проведено качественно, если $t_{\phi ПД_i^K} > t_{\varepsilon ПД_i^K}$, то необходимо перепланирование $ПД_i$. На элементарном уровне управление управлением временем $ПД_i$ имеет вид

$$t_{КТ ПД_i EI_j} - t_{КЭ ПД_i EI_j} = 0. \quad (1)$$

Рассмотрим метод управления стоимостью ПРАТ на уровне проектного действия. Известно, что $ПД_i$ является функцией многих факторов, от которых зависит выполнение целей проектного действия, а именно [5]:

$$ПД_i = f(K_i, O_j, M_k, t_n, C_m),$$

где K_j - квалификация работников, O_j - наличие и качество технологического оборудования, M_k - наличие и качество используемых материалов, t_n - сроки выполнения работ, C_m - финансовое обеспечение стоимости работ, материалов и оборудования.

Следовательно, стоимость проектного действия можно рассчитать методом прямого счета за время t_n

$$C_n ПД_i = C_{K_i} + C_{M_k} + C_{O_j} + \dots \quad (2)$$

В соответствии с технологией системного проектирования [2] $ПД_i$ распределяется по стратам проектирования и уровням проектирования, Определим стоимость проектирования на элементарном уровне El_j

$$\begin{aligned} C_n El_j = \sum C_n ПД_i = & C_n ПД_i Ц_i + C_n ПД_i Ф_i + C_n ПД_i St_k + C_n ПД_i l_k + \\ & + C_n ПД_i A_f + C_n ПД_i Цсу_i + C_n ПД_i Фсу_i + C_n ПД_i Stcy_k + C_n ПД_i lcy_k + \\ & + C_n ПД_i A_fcy + C_n ПД_i Ф_M + C_n ПД_i МН + C_n ПД_i ПОcy + C_n ПД_i КТСcy, \end{aligned} \quad (3)$$

где $C_n ПД_i Ц_i, \dots, C_n ПД_i КТСcy$ - стоимость проектных действий на стратах проектирования.

С учетом уровней проектирования стоимость на уровне групп Gr_j имеет вид

$$C_n Gr_j = \sum C_n El_j,$$

на уровне подсистем –

$$C_n UnSys_j = \sum C_n Gr_j,$$

на уровне систем –

$$C_n Sys_j = \sum C_n UnSys_j,$$

на уровне метасистем –

$$C_n MetSys_j = \sum C_n Sys_j.$$

Используя нормативный метод, построим эталонную плановую системную модель для оценки стоимости проектных действий ПРАТ на элементарном, групповом, подсистемном, системном и метасистемном уровнях с учетом страт проектирования. Так как проектные действия распределены не только по стратам и уровням проектирования, но и во времени, то для эффективного управления стоимостью проектных действий необходимо построить фактическую стоимостную системную модель проектного действия через Δt , соответствующую дискрете времени (1).

Управление стоимостью ПРАТ на элементарном уровне будет иметь вид

$$C_n El_{iT} - C_n El_{iЭ} = \Delta C_n El_{\Delta i} \text{ при } \Delta C_n El_{\Delta i} \rightarrow 0.$$

Раскрывая $C_n El_{iT}$ с помощью выражений (2) и (3), можно точно узнать, за какую составляющую стоимости $ПД_i$ произошла невязка $\Delta C_n ПД_i$, и принять решение к перепланированию стоимости проектного действия.

На групповом уровне запишем

$$C_n Gr_{iT} - C_n Gr_{iЭ} = \Delta C_n Gr_{\Delta i} \text{ при } \Delta C_n Gr_{\Delta i} \rightarrow 0,$$

на подсистемном –

$C_n UnSys_{iT} - C_n UnSys_{iЭ} = \Delta C_n UnSys_{\Delta i}$ при $\Delta C_n UnSys_{\Delta i} \rightarrow 0$,
на системном –

$C_n Sys_{iT} - C_n Sys_{iЭ} = \Delta C_n Sys_{\Delta i}$ при $\Delta C_n Sys_{\Delta i} \rightarrow 0$,
на метасистемном –

$C_n MetSys_{iT} - C_n MetSys_{iЭ} = \Delta C_n MetSys_{\Delta i}$ при $\Delta C_n MetSys_{\Delta i} \rightarrow 0$.

Так как текущие платежи на проектные действия за рабочую силу, материалы, сырье, технологическое оборудование и другие ресурсы происходят асинхронно во времени и не совпадают с отчетным периодом, то для эффективного управления стоимостью проекта необходимо точно знать, в каком месте системной модели проектных действий, за какой период и в какое время произошла невязка платежей.

Сравнивая стоимостные системные модели по уровням проектирования по сумме невязок в плановые промежутки времени, можно проводить быстрый анализ фактической стоимости, а в случае выхода невязок за предельные значения найти точное место рассогласований в системных моделях проектных действий вплоть до конкретных платежей.

Выводы

Таким образом, из основного закона управления в сложных организационных системах следует, что для управления ПРАТ необходимо построить системные структурную и событийную модели текущего состояния ПРАТ и системные структурную и событийную модели эталонного состояния ПРАТ и иметь средства сравнения структурных и событийных моделей.

Автором предложен метод построения временной и стоимостной моделей для каждого уровня ПРАТ и заданы критерии оценки управления.

Так как ПРАТ декомпозируется на подпрограммы, типы, виды, комплексы, образцы, каждый образец – на фазы жизненного цикла продукта, а каждая фаза жизненного цикла имеет стадии, этапы и задачи проектирования, то очевидно, что необходимо построить временные и стоимостные модели упомянутых выше уровней и таким образом управлять временем и стоимостью всей ПРАТ.

Список литературы

1. Управление проектами / Под ред. Мазур И.И., Шапиро В.Д. – М.: Высш. шк., 2001. – 874 с.
2. Научно-методологическое обеспечение управления сложными проектами / Дружинин Е.А., Жихарев В.Я., Илюшко В.М., Луханин М.И., Митрахович М.М. – К.: Техніка, 2002. - 369 с.
3. Грей К.Ф., Ларсон Э.У. Управление проектами: практическое руководство. – М.: Дело и сервис, 2003. – 579 с.
4. Теория управления / Под ред. Л.А. Гапоненко, А.П. Панкрухина. – М.: Изд-во РАГС, 2003. – 558 с.
5. Емад А.Р., Латкин М.А. Проблемные вопросы управления проектами // Труды Междунар. науч.- практ. конф. «Современные технологии в менеджменте». – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – С. 46 - 47.