

УДК 681.32

А.Р. ЕМАД

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ ДЕЙСТВИЙ  
ПО СОЗДАНИЮ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

Рассматриваются системные аспекты создания изделий авиационной техники (АТ). С использованием основных требований проектного менеджмента сформирована иерархическая система проектных действий. Выделены основные уровни и страты проектирования изделий АТ. Получены системные модели для задач проектного анализа.

**системное моделирование проектных действий, управление проектами создания новой техники, моделирование фаз жизненного цикла новой техники**

**Введение**

Анализируя основные требования при формировании проектов и программ развития авиационной техники (АТ), можно отметить, что проблемы применения методов управления проектами (УП) к этому классу проектов связаны, кроме масштабов и сложности изделий АТ, также с уникальностью проектов и трудно прогнозируемым развитием экономической, социальной и политической ситуации в государстве. Основные сложности возникают на начальной (концептуальной) фазе и фазе разработки проекта, когда должны быть приняты основные решения, требующие привлечения опытных специалистов и менеджеров [1]. На фазах реализации и завершения проектов могут быть частично использованы традиционные методы УП, например, сетевого планирования и управления, хотя и здесь ряд проблем и задач требуют поиска новых подходов к их решению.

**Постановка задачи.** Анализ структуры, целей и задач государственной программы развития АТ (ГПР АТ) позволяет отнести ее к классу сложных проектов (мегапроектов).

Рассматривая сложные проекты и программы развития новой техники как объект управления, можно выделить особенности, существенно влияю-

щие на методы управления созданием АТ [1]:

– программа представляет собой сложную систему с иерархической структурой: образец техники, комплекс, тип, подпрограмма видов АТ, программа родов АТ, государственная программа развития авиационной техники;

– каждый образец АТ имеет время жизни, распределенное по фазам жизненного цикла (ЖЦ): научно-исследовательская работа (НИР); опытно-конструкторская работа (ОКР); конструкторская подготовка производства (КПП), включающая анализ технологичности конструкции изделия; технологическая подготовка производства (ТПП); производство образца АТ (ПР); эксплуатация (Э); модернизация (М) и утилизация (У);

– каждый образец АТ требует выполнения сложного проекта и представляет собой на всех фазах ЖЦ иерархическую систему со следующими уровнями: метасистема, система, подсистема, группа, элемент;

– проектные действия на каждом уровне сложного образца АТ имеют свои стратифицированные представления и особенности выполнения, а именно, действия осуществляются в строгой логической последовательности «слева направо», сначала формируется отдельный образец по стратам: целевой, функ-

циональной, организационно-технической структуры, инфологической, алгоритма функционирования, а затем системы управления АТ так же по стратам: целевой, функциональной, структурной, математической, алгоритма управления, комплекса технических средств и программного обеспечения;

- программа АТ состоит из планов обеспечивающих ресурсов: нормативно-правовых, методических, научно-технических, научно-технологических, производственно-технических, кадровых, организационных и финансовых;

- программа АТ имеет различные временные горизонты: долгосрочный, среднесрочный и годовой.

Проведенный анализ сложных проектов развития АТ позволяет сделать вывод, что они комплектуются в сложную иерархическую многомерную государственную программу, которая требует новых подходов, основанных на современном проектном менеджменте. Необходимо решить две основные задачи: сформировать методы управления в сложных иерархических программах и построить системные модели проектируемых образцов АТ.

### Метод решения

Исследуя структуру и содержание типовых государственных программ, таких как Государственная программа развития авиационной техники, Государственная программа развития железнодорожного транспорта, Государственная программа развития автомобилестроения и др., можно отметить, что у них древовидная структура со сложными межуровневыми связями между структурными элементами (проектами). Системную модель государственной программы можно представить в виде многоуровневого древовидного графа.

Для формализованного представления и системного анализа ГПР АТ необходимо воспользоваться методами системного моделирования. Представим государственную программу АТ с помощью языка

регулярных схем системных моделей (РССМ) [2]:

$$R_{ГП} = [R_{ПРТ_1} \wedge R_{ПРТ_2} \wedge \dots \wedge R_{ПРТ_n}], \quad (1)$$

в свою очередь каждая подпрограмма:

$$R_{ПРТ_S} = [R_{ПВТ_1} \wedge R_{ПВТ_2} \wedge \dots \wedge R_{ПВТ_m}],$$

здесь каждый проект комплекса АТ:

$$R_{ВПТ_j} = [R_{T_1} \wedge R_{T_2} \wedge \dots \wedge R_{T_Q}],$$

где каждый проект образца АТ:

$$R_{T_e} = [R_{K_1} \wedge R_{K_2} \wedge \dots \wedge R_{K_S}],$$

где  $R_{K_p} = [R_{O_1} \wedge R_{O_2} \wedge \dots \wedge R_{O_n}]$ ,

$R_{O_i}$  -  $i$ -й элемент разрабатываемого образца АТ.

Подставляя выражения  $R_{K_p}$  в  $R_{T_e}$  далее в  $R_{ВПТ_j}$  и далее в  $R_{ПРТ_S}$ , получим системную модель ГПР АТ в базисе образцов, комплексов, подпрограмм и программ АТ.

Рассмотрим каждый образец АТ по фазам ЖЦ (рис. 1):

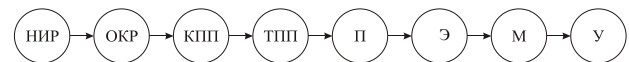


Рис. 1. Фазы ЖЦ образца АТ

На языке РССМ модель образца АТ с учетом фаз ЖЦ будут иметь вид

$$R_{O_{iЖЦ}} = R_{НИР} \cdot R_{ОКР} \cdot R_{КПП} \cdot R_{ТПП} \cdot R_{ПР} \cdot R_{Э} \cdot R_{М} \cdot R_{У} \dots (2)$$

На каждой фазе ЖЦ образец требует иерархическую систему проектных действий (рис. 2), где  $El_{sys}$  – уровень проектирования элементов;  $Gr_{sys}$  – проектирование образца АТ;  $Un_{sys}$  – уровень подсистем;  $Sys$  – уровень системы;  $Met_{sys}$  – уровень метасистемы;  $C, \Phi, O-T, И, Af$  – страты проектирования АТ на каждом уровне ГПР АТ (целевая, функциональная, организационно-техническая, инфологическая и алгоритма функционирования);  $C, \Phi, C, M, AU, KTC, ПО$  – страты проектирования системы управления АТ на каждом уровне проектирования: целевая, функциональная, структура системы управления, математическая,

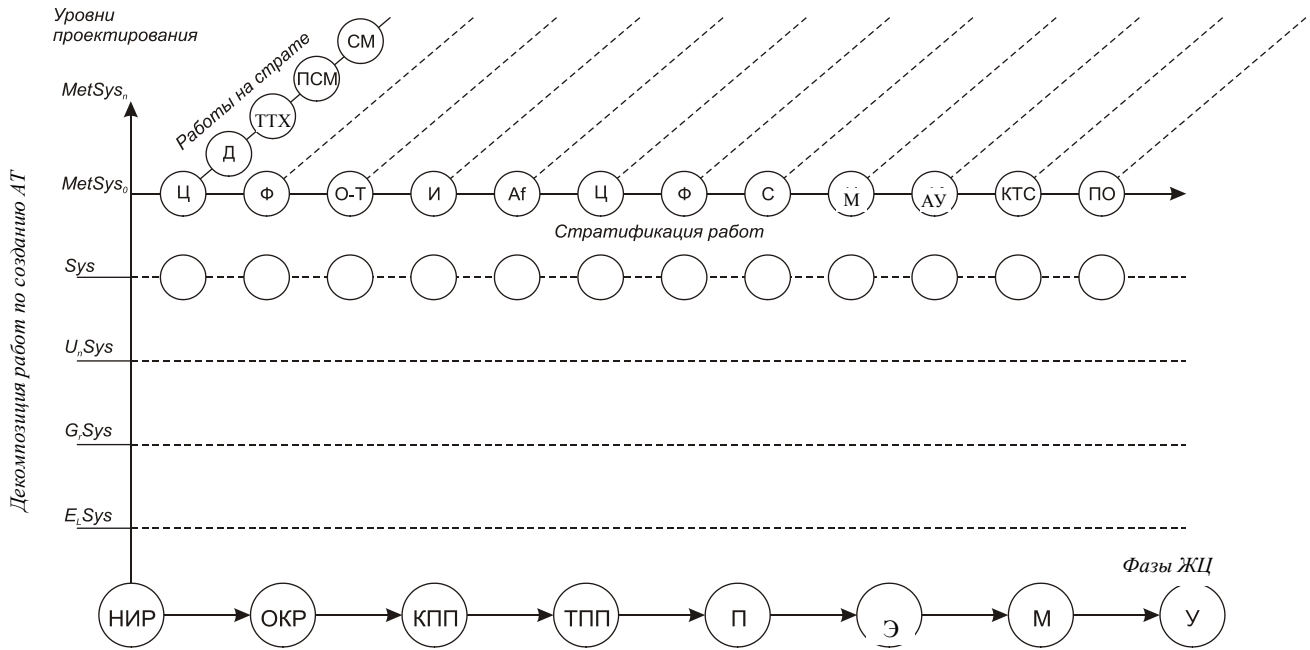


Рис. 2. Системное представление проектных действий при создании АТ

алгоритм управления комплекса технических средств, программное обеспечение системы управления; *Д* – декомпозиция объекта верхнего уровня на нижнем уровне проектирования; *ТТХ* – разработка тактико-технических характеристик декомпозированных элементов АТ; *ПСМ* – построение системной модели; *СМ* – системное моделирование и контроль на соответствие, тактико-технических характеристик декомпозированных элементов АТ, тактико-техническим требованиям образца АТ.

В языке РССМ системная модель образца АТ с учетом этапов проектирования выглядит следующим образом:

$$R_{O_i \Phi} = [R_{SYS_i}, e, \emptyset, \dot{y}, \bar{y}], \quad (3)$$

где  $R_{SYS_i}$  – декомпозированный элемент целевой страты *i*-го уровня проектирования;

$\dot{y}, \bar{y}$  – базовые операции РССМ (дизъюнкция и конъюнкция операторов).

Системная модель *i*-го уровня проектирования (например, на уровне метасистемы):

$$R_{MetSys_i} = R_{ЦmetSys_i} \cdot R_{ФmetSys_i} \cdot R_{О-ТmetSys_i} \cdot R_{ИmetSys_i} \times R_{АфmetSys_i} \cdot R_{ЦmetSys_i} \cdot R_{ФmetSys_i} \cdot R_{СmetSys_i} \cdot R_{МmetSys_i} \times R_{АВmetSys_i} \cdot R_{КТСmetSys_i} \cdot R_{ПОmetSys_i} \cdot (4)$$

Системная модель фазы проектирования:

$$R_{O_\Phi} = R_{metsys} \cdot R_{sys} \cdot R_{Unsys} \cdot R_{GrSys} \cdot R_{ElSys} \cdot (5)$$

Используя алгебраические правила подстановки в РССМ и подставляя выражение (5) в (2), получим системную модель образца АТ с учетом всех фаз ЖЦ АТ:

$$R_{O_\Phi} = R_{met\ sys}(НИР) \times R_{sys}(НИР) \times R_{Un\ sys}(НИР) \times R_{Gr\ sys}(НИР) \times R_{El\ sys}(НИР) \times R_{met\ sys}(ОКР) \times R_{sys}(ОКР) \times R_{Un\ sys}(ОКР) \times R_{Gr\ sys}(ОКР) \times R_{El\ sys}(ОКР) \times R_{met\ sys}(КПП) \times R_{sys}(КПП) \times R_{Un\ sys}(КПП) \times R_{Gr\ sys}(КПП) \times R_{El\ sys}(КПП) \times R_{met\ sys}(ТПП) \times R_{sys}(ТПП) \times R_{Un\ sys}(ТПП) \times R_{Gr\ sys}(ТПП) \times R_{El\ sys}(ТПП) \times R_{met\ sys}(П-во) \times R_{sys}(П-во) \times R_{Un\ sys}(П-во) \times R_{Gr\ sys}(П-во) \times R_{El\ sys}(П-во) \times R_{met\ sys}(Э) \times R_{sys}(Э) \times R_{Un\ sys}(Э) \times R_{Gr\ sys}(Э) \times R_{El\ sys}(Э) \times R_{met\ sys}(М) \times R_{sys}(М) \times R_{Un\ sys}(М) \times R_{Gr\ sys}(М) \times R_{El\ sys}(М) \times R_{met\ sys}(У) \times R_{sys}(У) \times R_{Un\ sys}(У) \times R_{Gr\ sys}(У) \times R_{El\ sys}(У) \cdot (6)$$

Системную модель образца авиационной техники в базисе страт проектирования для фазы научно-исследовательской работы получим, подставляя выражение (4) в выражение (6):

$$\begin{aligned}
 R_{O_{HHP}} = & R_{Ц\ met\ sys(HHP)} \times R_{\Phi\ met\ sys(HHP)} \times R_{O-T\ met\ sys(HHP)} \times R_{И\ met\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{Af\ met\ sys(HHP)} \times R_{Ц\ CV\ met\ sys(HHP)} \times R_{\Phi\ CV\ met\ sys(HHP)} \times R_{C\ CV\ met\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{H\ CV\ met\ sys(HHP)} \times R_{AV\ CV\ met\ sys(HHP)} \times R_{KTC\ CV\ met\ sys(HHP)} \times R_{ПОCV\ met\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{Ц\ CV\ sys(HHP)} \times R_{\Phi\ CV\ sys(HHP)} \times R_{O-T\ sys(HHP)} \times R_{И\ sys(HHP)} \times R_{Af\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{У\ CV\ sys(HHP)} \times R_{\Phi\ CV\ sys(HHP)} \times R_{C\ CV\ sys(HHP)} \times R_{M\ CV\ sys(HHP)} \times R_{AV\ CV\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{KTC\ CV\ sys(HHP)} \times R_{ПОCV\ sys(HHP)} \times R_{Ц\ U_n\ CV\ sys(HHP)} \times R_{\Phi\ U_n\ CV\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{O-T\ U_n\ CV\ sys(HHP)} \times R_{И\ U_n\ CV\ sys(HHP)} \times R_{Af\ U_n\ sys(HHP)} \times R_{Ц\ CV\ U_n\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{\Phi\ CV\ U_n\ sys(HHP)} \times R_{C\ CV\ U_n\ sys(HHP)} \times R_{M\ CV\ U_n\ sys(HHP)} \times R_{AV\ CV\ U_n\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{KTC\ CV\ U_n\ sys(HHP)} \times R_{ПОU_n\ sys(HHP)} \times R_{Ц\ G_r\ sys(HHP)} \times R_{\Phi\ G_r\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{G_r\ sys(HHP)} \times R_{И\ G_r\ sys(HHP)} \times R_{Af\ G_r\ sys(HHP)} \times R_{Ц\ CV\ G_r\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{O-T\ CV\ G_r\ sys(HHP)} \times R_{G\ CV\ G_r\ sys(HHP)} \times R_{M\ CV\ G_r\ sys(HHP)} \times R_{AV\ CV\ G_r\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{KTC\ CV\ G_r\ sys(HHP)} \times R_{ПОCV\ G_r\ sys(HHP)} \times R_{Ц\ EL\ sys(HHP)} \times R_{\Phi\ EL\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{O-T\ EL\ sys(HHP)} \times R_{И\ EL\ sys(HHP)} \times R_{Af\ EL\ sys(HHP)} \times R_{Ц\ CV\ EL\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{\Phi\ CV\ EL\ sys(HHP)} \times R_{C\ CV\ EL\ sys(HHP)} \times R_{M\ CV\ EL\ sys(HHP)} \times R_{AV\ CV\ EL\ sys(HHP)} \times \\
 & \times R_{KTC\ CV\ EL\ sys(HHP)} \times R_{ПОCV\ EL\ sys(HHP)}.
 \end{aligned} \tag{7}$$

Аналогично получим системные модели образца АТ для остальных фаз ЖЦ: ОКР, КПП, ТПП, Производство, Эксплуатация и Утилизация.

Системная модель государственной программы развития АТ получится с помощью подстановки системной модели каждого образца (7) в выражение (1).

### Выводы

Таким образом, проведя соответствующие построения системных моделей изделий АТ по проектным действиям, стратам проектирования, уровням проектирования, фазам ЖЦ образца АТ и собрав их в программу, получаем формальное представление государственной программы развития АТ. Это позволит в дальнейшем, применить методы компьютерной обработки и моделирования с целью дальнейшего анализа основных характеристик госу-

дарственной программы развития авиационной техники.

### Литература

1. Емад А.Р. Системный подход для обоснования и выбора направлений развития авиационной техники // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2005. – № 2 (10). – С. 140 – 146.
2. Илюшко В.М., Илюшко Я.В., Луханин М.И. Методы построения системных структурных и событийных моделей метасистем // *Авиационно-космическая техника и технология*. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2000. – Вып. 20. – С. 132 – 140.

*Поступила в редакцію 29.07.2005*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков.