

УДК 681.326(075)

В.М. ИЛЮШКО, А.Д. БОЛГАРОВ, ШЕЙХ ТАРИК ХАЛАФ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫМИ ПРОГРАММАМИ

Рассматриваются вопросы разработки методов управления государственными программами (ГП) на основе решения системных уравнений баланса для плановых и фактических значений показателей результатов проектных действий разработчиков изделий авиационной техники с учетом: фаз жизненного цикла, стадий проектирования, этапов и задач проектирования. Разрабатываются методы для синтеза структурных, событийных системных моделей анализа проектов и программ развития сложной техники. Предлагаются методы управления: содержанием, стоимостью, временем, проектом развития сложной техники, основанные на плановой и фактических моделях управления и системном перепланировании.

Ключевые слова: управление проектами, управления программами, системные модели, системные уравнения.

Введение

Проведенное системное исследование показало, что государственная программа представляет собой сложную иерархическую систему с многоуровневым комплексом проектных действий по созданию видов, типов, образцов сложной техники с заданными тактико-техническими характеристиками, сроками создания и объемом финансирования [1].

Рассматривая ГП как сложный объект управления можно выделить ее особенности, существенно влияющие на методы управления [2 – 5].

Первая особенность. В создании средств сложной техники принимают участие коллективы высококвалифицированных специалистов: ученых, конструкторов, технологов, производителей, которые осуществляют разработку, проектирование и производство сложной техники в организациях и предприятиях участников проектов. Управление в таких системах относится к корпоративному сложному организационному управлению. Как известно организационное управление создания новой техники осуществляется по следующим фазам: планирование, контроль и учет фактического состояния, анализ и регулирование и связано с основными событиями. Под событиями будем понимать выполнение проектных действий, производственных и технологических операций. События по проектированию и производству сложной техники будут иметь сложную многоуровневую структуру.

Вторая особенность заключается в том, что ГП представляет иерархическую систему со следующи-

ми уровнями детализации: изделие, комплекс, тип, вид, род, подпрограмма государства, программа.

Третья особенность. Каждое изделие сложной техники имеет время жизни, распределенное по фазам жизненного цикла: научно-исследовательские работы (НИР), опытно-конструкторские работы (ОКР), проработка технологичности конструкции изделия (ТКИ), технологическая подготовка производства (ТПП), производство сложной техники (ПСТ), эксплуатация сложной техники (ЭТ), модернизация сложной техники (МАТ) и утилизация (УТ).

Четвертая особенность сложной техники. Каждое изделие сложной техники представляет собой сложную техническую систему, состоящую из специфических систем. Пример авиационной техники (планер, силовая установка, системы управления, связи, ...), подсистем (агрегаты), групп (узлы), элементов (детали).

Пятая особенность создания изделий сложной техники является уникальная схема проектирования, заключающаяся в том, что процесс проектирования имеет строгую логическую последовательность проектных действий (страт проектирования), а именно: целевая, функциональная, организационно-техническая, инфологическая, алгоритма функционирования. Это относится и к системе управления, где можно выделить следующие страты: целевая, функциональная, структурная, информационная, физическая, математическая, алгоритма управления, комплекса технических средств и программного обеспечения.

Шестая особенность. Программа развития сложной техники связана со сложным ресурсным

обеспечением проектирования и производства, к которому относится: нормативно-правовое, методическое, научно-техническое, научно-технологическое, производственно-техническое, организационное, материально-техническое и финансовое.

Седьмая особенность. Государственная программа имеет временные горизонты: долгосрочный (10 – 15 лет) план, среднесрочный план и годовой заказ.

Восьмая особенность. Так как ГП представляет собой сложную многоуровневую иерархическую распределенную во времени и пространстве структуру проектных действий, то очевидно управление таким сложным распределенным объектом требует новой, информационной технологии управления с решением таких основных задач: автоматизированная поддержка принятия решений, системное (статическое и динамическое) моделирование основных проектных событий, оптимизация стратегий управления в сложных системах.

Управление в сложной организационной системе государственной программы

Анализируя управление в технических системах, можно отметить, что зачастую основной закон управления представляет собой уравнение баланса масс, или энергий в пространстве и времени.

Схема на рис. 1 иллюстрирует управление в технических системах. Имеется объект (О) на который осуществляется воздействие γ_i внешней среды. С помощью обратной связи ω_j осуществляется воздействие на регуляторы (исполнительные механизмы) системы управления объектом.

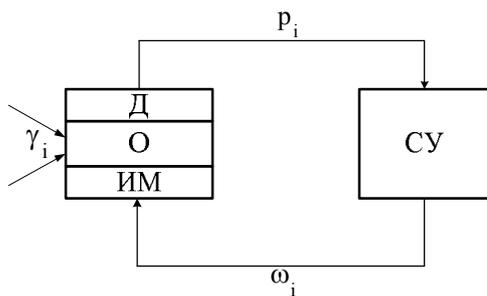


Рис. 1. Схема управления в технических системах

Состояние объекта в любой момент времени фиксируется датчиками (Д) в виде параметров p_i , которых поступают в систему управления. В системе управления (СУ) хранится эталонная модель состояния объекта ($M_{Э}$), которое необходимо поддерживать в замкнутом цикле управления с учетом заданного допуска $|\Delta\lambda_i|$. Управление заключается в

том, что на основе параметров p_i и состояния объекта О формируется модель текущего состояния объекта M_T , которая сравнивается в системе управления СУ с моделью эталонного состояния объекта $M_{Э}$. Далее определяется рассогласование между эталонным и текущим состоянием объекта ($\Delta\lambda$):

$$M_T - M_{Э} = \Delta\lambda. \quad (1)$$

Задача управления сводится к достижению $\Delta\lambda \rightarrow 0$, или с учетом заданного допуска λ_T :

$$\Delta\lambda \leq |\Delta\lambda_T|. \quad (2)$$

Процесс управления в технических системах имеет непрерывный (дискретный) характер и описывается аналитическими зависимостями в виде баланса масс и энергий в пространстве и времени.

Управление в организационных системах имеет четковыраженный событийный характер и происходит по четырем вышеописанным фазам управления. Объект управления в организационных системах как правило имеет распределенную сложную структуру в которой происходят события. События могут быть простые и сложные (имеющие многоуровневую структуру). События заранее планируются в пространстве организационной структуры объекта управления во времени. Назовем это плановой или эталонной моделью ($M_{Э}$) требуемого состояния объекта. Затем, через определенные заданные, контрольные промежутки времени, необходимо проверить фактическое состояние объекта (отдельные элементы организационной структуры и события в них) и получить текущее (фактическое) состояние модели объекта (M_T). Далее производим сравнение значений эталонной и фактической моделей состояния объекта, определяем рассогласование значений для этих моделей $\Delta\lambda$ и вырабатываем стратегию управления объектом. Но фактическое состояние объекта может отличаться от планового, поэтому для перевода объекта в плановое состояние необходимо осуществить перепланирование с учетом образования возможного дефицита обеспечивающих ресурсов $\Delta\lambda$. Поэтому на следующем цикле управления необходимо изменить плановую (эталонную) модель состояния объекта ($M_{Э} + \Delta\lambda$) путем перепланирования. Таким образом закон управления в организационных системах, имеет свои особенности, связанные с постоянным перепланированием:

$$M_T - M_{Э} = \Delta\lambda, \Delta\lambda \rightarrow 0. \quad (3)$$

Это особенности современного организационного управления, связано с сложным процессом создания новой техники. Поэтому управление сложным организационным объектом происходит за счет изменения эталонной, а не фактической модели объ-

екта, с учетом реальных процессов, происходящих в нем. Второй особенностью, что отмечалось ранее, является событийный характер моделей, описывающий процессы, происходящие в объекте и возможные изменение структуры объекта в течении времени. Таким образом эталонные и фактические модели будут иметь явно выраженный структурный и событийный характер.

Управление в сложных организационных системах можно представить в виде уравнений баланса эталонной и фактической моделей объектов и процессов, с учетом происходящих событий во времени и пространстве в структурных элементах, составляющих объект.

Анализ процессов управления в многоуровневых распределенных организационных системах государственной программы

Рассмотрим случай когда объект представляет собой сложную многоуровневую распределенную иерархическую систему. Выделим следующие уровни ГП: элемент E_l , группа G_r , подсистема $UnSys_i$, система Sys , метасистема $MetSys_{0...n}$ [6].

Применяя метод декомпозиции выделим из сложной системы верхний уровень – метасистему $MetSys_0$ и декомпозируем его на составные элементы этого уровня – системы:

$$MetSys_0 = \Omega Sys_i . \quad (4)$$

Определяем связи между системами $Sys_1 \rightarrow Sys_2 \rightarrow \dots$

Затем произведем декомпозицию каждой системы на составляющие ее подсистемы $UnSys_i$ и определяем связи между подсистемами (рис. 2):

$$Sys_i = \Omega UnSys_i . \quad (5)$$

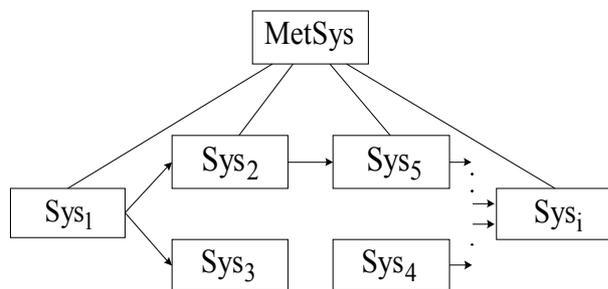


Рис. 2. Структура связей между системами

Аналогично производим декомпозицию подсистем на составляющие в виде групп $GrEl_i$

$$UnSys_i = \Omega Gr_i . \quad (6)$$

и декомпозируем группы на структурные элементы систем, которые являются элементами метасистем:

$$Gr_i = \Omega El_i . \quad (7)$$

Рассмотрим процесс управления в сложных иерархических системах. На самом нижнем, элементарном уровне организационной системы управление будет осуществляться в соответствии с (1). Каждому структурному элементу в виде группы El_i планируется его эталонное состояние $El_i p_{i\Delta}$, затем через заданный промежуток времени проверяется его фактическое состояние $El_i p_{iT}$, происходит сравнение этих двух моделей (эталонной и фактической) $El_i \Delta p_i$ и в случае $|El_i \Delta p_i| > 0$ происходит перепланирование

$$El_i p_{iT} - El_i p_{i\Delta} = El_i \Delta p_i . \quad (8)$$

На групповом уровне формируется уравнение баланса для эталонной групповой модели, отражающей состояния параметров и фактической групповой моделью. Определяется невязка $Gr_i \Delta p_i$ на групповом уровне:

$$Gr_i p_{iT} - Gr_i p_{i\Delta} = Gr_i \Delta p_i . \quad (9)$$

Стратегия управления на групповом уровне будет заключаться в уменьшении, путем перепланирования, невязки параметров

$$Gr_i \Delta p_i \rightarrow 0 , \quad (10)$$

$$Gr_i p_{i\Delta} + Gr_i \Delta p_i . \quad (11)$$

Необходимо отметить, что на групповом уровне необходимо учитывать состояния невязки между элементами El_i внутри группы.

На уровне подсистем составляется уравнение баланса для текущей и эталонной моделей в виде параметров состояния подсистем в базе групп

$$UnSys_i p_{iT} - UnSys_i p_{i\Delta} = UnSys_i \Delta p_i , \quad (12)$$

$$UnSys_i \Delta p_i \rightarrow 0 . \quad (13)$$

с учетом перепланирования $UnSys_i p_{i\Delta} + UnSys_i \Delta p_i$.

На системном уровне составляется уравнение баланса для текущей и эталонной моделей в базе подсистем

$$Sys_i p_{iT} - Sys_i p_{i\Delta} = Sys_i \Delta p_i , \quad (14)$$

$$Sys_i \Delta p_i \rightarrow 0 . \quad (15)$$

с учетом перепланирования $Sys_i p_{i\Delta} + Sys_i \Delta p_i$.

На метасистемном уровне и для высших рангов управления уравнение баланса для текущей и эталонной моделей в базе подсистем будет иметь вид:

$$MetSys_0 p_{iT} - MetSys_0 p_{i\Delta} = MetSys_0 \Delta p_i , \quad (16)$$

$$MetSys_i \Delta p_i \rightarrow 0 . \quad (17)$$

с учетом перепланирования $MetSys_i p_{i\Delta} + MetSys_i \Delta p_i$.

В соответствии с (2) – (5) можно представить высший уровень управления системы через базис нижнего уровня. Следовательно уравнения (6) – (9) можно составить в базе низших уровней вплоть до элементарного.

Таким образом, процесс управления, в общем виде, в сложных организационных системах, связанных с созданием новой техники будет иметь вид:

$$\Omega \text{MetSys}_i M_T - \Omega \text{MetSys}_i M_{\text{Э}} = \Omega \text{MetSys}_i \Delta p_i,$$

где $\Omega \text{MetSys}_i M_T$ – системная модель фактического состояния метасистемы;

$\Omega \text{MetSys}_i M_{\text{Э}}$ – системная модель эталонного состояния метасистемы;

$\Omega \text{MetSys}_i \Delta p_i$ – модель невязок параметров метасистемы.

Модель предложенной стратегии управления в сложных организационных системах.

Из предложенной стратегии управления в сложных организационных системах следует, что для того чтобы осуществить управление необходимо построить системную структурную, событийную модель текущего состояния объекта управления, далее системную структурную, событийную модель эталонного состояния объекта, и иметь средства для сравнения состояний системных моделей. Так как структурные и событийные системные модели имеют многоуровневый, сложный, распределенный, многопараметрический вид, то возникает задача поиска эффективных средств формализованного описания и преобразования таких системных моделей.

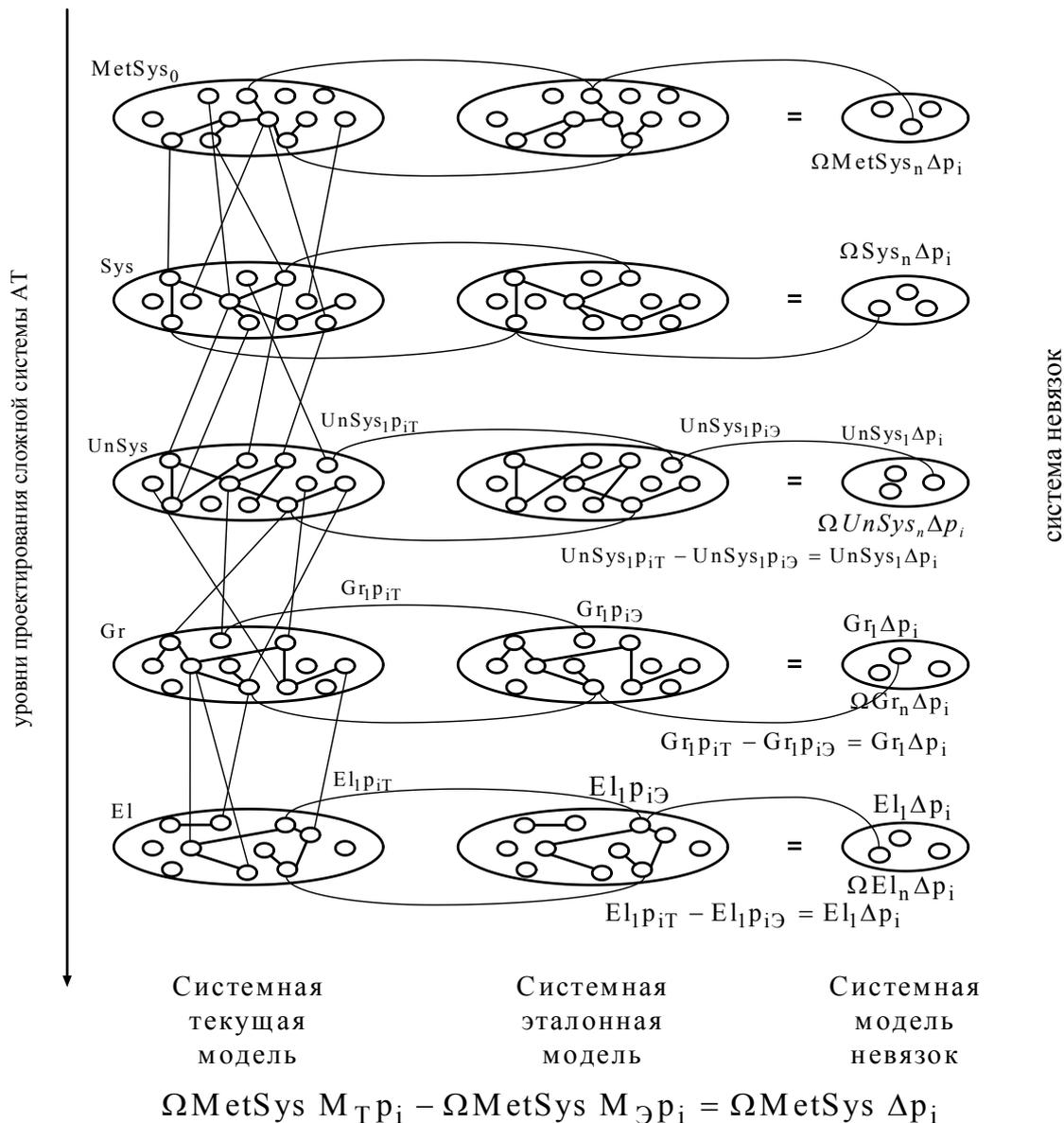


Рис. 3. Модель иерархического управления в сложных организационных системах

Методы управления проектами и программами развития сложной техники

В проектном менеджменте определено, что управление проектами производится по таким основным направлениям: управление содержанием проекта, управление ресурсами, управление стоимостью, управление рисками, управление временем, управление качеством, управление информационными потоками.

Так как ГП представляет собой сложную организационно-техническую систему, содержащую комплекс проектных и производственных действий для создания сложных изделий. Элементом проектирования (производства) является проектное действие ($ПД_i$) или технологическая операция ($ТО_i$). Поэтому элементарным циклом управления в ПРАТ будет являться управление отдельным проектным действием $ПД_i$. Учитывая, что $ПД_i$ будет входить в соответствующие страты проектирования, группу, подсистему, систему, метасистему проектных действий, фазы жизненного цикла изделий авиационной техники, комплексы, типы, виды, рода, подпрограммы и программу развития авиационной техники следует, что ГП представляет собой многоуровневую сложную организационную систему управления проектами и программами развития АТ.

Управление содержанием проекта

Рассмотрим управление содержанием проектного действия на элементарном уровне. Целью проектного действия $ПД_i$ является достижение тактико-технических характеристик ($ТТХ$) элементов, проектируемых изделий, входящих в тактико-технические требования ($ТТТ$) технического задания на разработку изделия на всех стадиях жизненного цикла изделий (ЖЦИ). Результатом проектных действий является проектное решение $ПР_i$ с соответствующими $ТТХ_i$. Анализируя работы квалифицированных специалистов по созданию техники (ученых, конструкторов, технологов, производственников), можно сделать вывод, что проектные действия зависят от ряда факторов, назовем их параметрами p_i , обеспечивающих и обуславливающих эффективность достижения $ТТХ_i$. К этим факторам относится квалификация работников K_i , наличие и качество технологического оборудования $ТО_j$, наличие и качество используемых материалов M_k , сроки выполнения работ t_n , финансовое обеспечение стоимости работ, материалов и оборудова-

ния C_m и т.д. Следовательно любое проектное действие в общем случае является функцией от этих факторов:

$$ПД_i = f(K_i, TO_j, M_k, t_n, C_m \dots), \quad (18)$$

от которых зависит выполнение целей $ПД_i$. Поэтому управление $ПД_i$ будет заключаться в составлении уравнений баланса эталонных моделей и фактических моделей состояний $ПД_i$ и проверки значений моделей в заранее оговоренные, контрольные моменты времени по текущим параметрам состояния. Управление содержанием проекта будет заключаться в достижении $ТТТ_i$ на отдельный элемент изделия El_i с учетом требований технического задания в результате выполнения проектного действия $ПД_i$. Вид управления содержанием проектного действия $ПД_i$ следующий:

$$ТТХ_i \text{ ПД } El_i - ТТТ_i \text{ } El_i = \Delta\lambda \text{ } El_i, \quad (19)$$

$$\Delta\lambda \text{ } El_i \leq |\Delta\lambda \text{ ТТТ}_i \text{ } El_i|. \quad (20)$$

Соответственно, на групповом уровне:

$$\Omega ТТХ_i \text{ ПД } Gr_i - \Omega ТТТ_i \text{ } Gr_i = \Omega \Delta\lambda \text{ } Gr_i, \quad (21)$$

$$\Omega \Delta\lambda \text{ } Gr_i \leq |\Delta\lambda \text{ ТТТ}_i \text{ } Gr_i|, \quad (22)$$

на уровне подсистем:

$$\Omega ТТХ_i \text{ ПД } UnSys_i - \Omega ТТТ_i \text{ } UnSys_i = \Omega \Delta\lambda \text{ } UnSys_i, \quad (23)$$

$$\Omega \Delta\lambda \text{ } UnSys_i \leq |\Delta\lambda \text{ ТТТ}_i \text{ } UnSys_i|, \quad (24)$$

на системном уровне:

$$\Omega ТТХ_i \text{ ПД } Sys_i -$$

$$\Omega ТТТ_i \text{ } Sys_i = \Omega \Delta\lambda \text{ } Sys_i, \quad (25)$$

$$\Omega \Delta\lambda \text{ } Sys_i \leq |\Delta\lambda \text{ ТТТ}_i \text{ } Sys_i|, \quad (26)$$

на метасистемном уровне:

$$\Omega ТТХ_i \text{ ПД } MetSys - \Omega ТТТ_i \text{ } MetSys = \Omega \Delta\lambda \text{ } MetSys,$$

$$\Omega \Delta\lambda \text{ } MetSys \leq |\Delta\lambda \text{ ТТТ}_i \text{ } MetSys|. \quad (28)$$

Построив системные модели проектных действий $ПД_i$ по стратам проектирования, уровням, фазам жизненного цикла, и периодически решая уравнения баланса для фактической и плановой системных моделей, можно определить место рассогласования (невязок) $ТТХ_i$ в проектных решениях в комплексе проектных действий в контрольные моменты времени и принять решение по перепланированию $ПД_i$ для достижения требуемых в техническом задании $ТТТ$ параметров проектируемого изделия.

Управление временем проекта

Проектное действие $ПД_i$ по созданию средств сложной техники определяется временем его вы-

полнения, т.е. трудоемкостью t_i [220]. Очевидно, что в зависимости от содержания работ по проведению $ПД_i$ эти времена будут различаться. Проектные действия $ПД_i$ могут выполняться одним, либо коллективом исполнителей, на одном либо нескольких рабочих местах с учетом специализированного оборудования $Об_i$. Проектные действия могут быть независимыми друг от друга, либо зависимыми, когда результат одного $ПД_i$ является исходным для другого $ПД_j$. Существует понятие процесса проектирования, который определяет последовательность $ПД_i$, проектных действий или технологических операций $ТО_i$, для достижения $ТТХ_i$ проектных решений. Назовем эту последовательность технологическим алгоритмом T_i .

Для формализации описания событий на временной оси обычно используют диаграмму Ганта. В связи с этим линейный технологический алгоритм, либо процесс проектирования можем представить как показано на рис. 4 где трудоемкость $ПД_1 = t_2 - t_1, \dots, ПД_i = t_i - t_{i-1}$, а суммарная трудоемкость:

$$A_{ПД} = \sum_{i=1}^n (t_n - t_{n-1}). \quad (29)$$

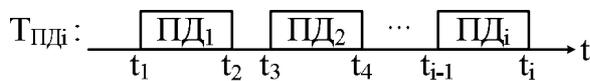


Рис. 4. Последовательное представление проектных действий

Параллельный процесс можно представить, как показано на рис. 5, где трудоемкость $ПД_1 = t_2 - t_1, \dots, ПД_i = t_i - t_0$, а суммарная трудоемкость:

$$A_{ПД} = \max ПД_i. \quad (30)$$

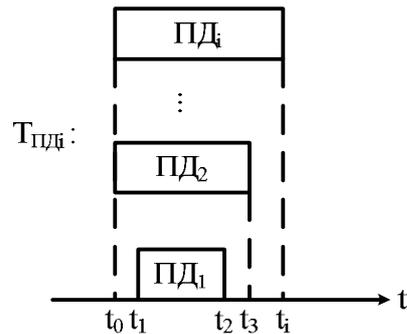


Рис. 5. Параллельное представление проектных действий

Сложный (последовательно-параллельный) процесс можем представить, как показано на рис. 6.

На диаграмме Ганта видно, что проектные действия $ПД_1$ и $ПД_8, ПД_3, ПД_6, ПД_{10}$ 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, либо ввести еще одну единицу оборудования. Отсюда возникает задача оптимизации распределения проектных действий в пространстве исполнителей, оборудования и во времени. Эта задача решается методами целочисленного программирования, теории расписаний, теории циклических процессов, методами массового обслуживания. Эти методы не учитывают реальные ограничения, и поэтому не используются при создании сложной техники. Предлагается использовать метод имитационного моделирования для рационального распределения проектных действий $ПД_i$ при создании изделий, основанный на методе минимизации групповых действий при построении эталонной временной модели событий в организационной системе управления проектами. Суть метода заключается в следующем:

1. С помощью имитационного моделирования строится диаграмма Ганта сложного технологического

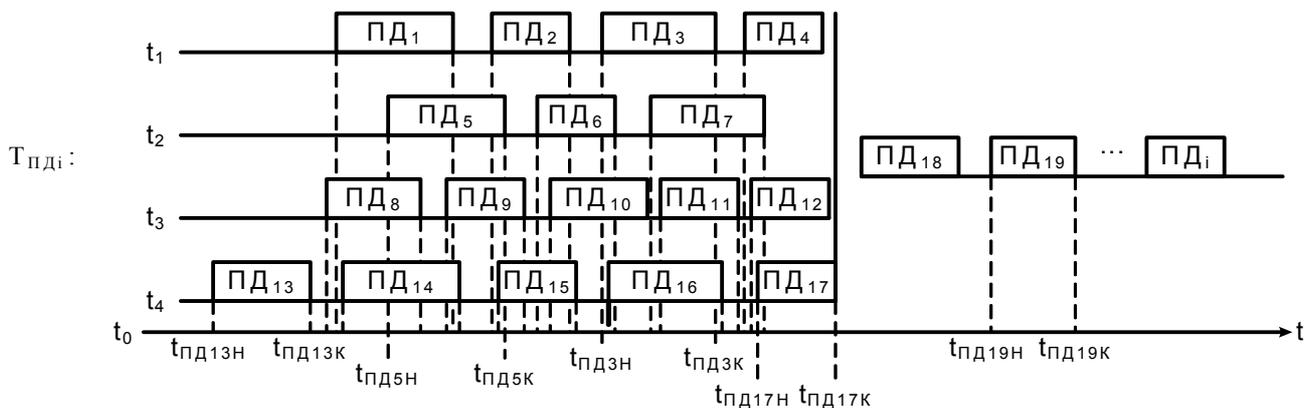


Рис. 6. Сложное представление проектных действий

ского алгоритма проектирования (производства) состоящего из частных алгоритмов t_i . Анализируем $ПД_i$ каждого частного алгоритма t_i . Выбираем частный алгоритм $t_{i\max}$, в котором содержится наибольшее количество неповторяющихся $ПД_i$. Выделяем его в первый ранг. Аналогично анализируем оставшиеся частные алгоритмы t_i по принципу разнообразия и количеству $ПД_i$ и выбираем t_i второго ранга. Выстраиваем все частные t_i по рангам.

2. Выбираем первых два t_1 и t_2 из множества технологических алгоритмов с высшим рангом и производим их анализ на предмет совпадения одинаковых $ПД_i$ на одном оборудовании и с одним исполнителем. Если совпадений нет, то на временной оси T в соответствии с трудоемкостями $ПД_i$ рассчитываем директивное (эталонное время) для каждого $ПД_i$ входящей в t_i , что и будет расписанием для $ПД_i$ входящей в каждый t_i .

3. В случае появления совпадений $ПД_i$, производим их сдвиг во времени влево или вправо на разницу времени соответствующей $\Delta t = t_{ПД_{iК}} - t_{ПД_{iН}}$.

4. Проверим все $ПД_i$ на наличие совпадений по диаграмме Ганта и производим сдвиг как указано в п.3. Получим рациональное расписание для $ПД_i$ по двум частным алгоритмам t_1 и t_2 .

5. Проведем аналогичные действия с третьим алгоритмом t_3 в соответствующем ранге для частных алгоритмов и зафиксируем начало для t_3 на временной оси. Получим расписание для $ПД_i$ третьего алгоритма.

6. Повторяя последовательно п.5 для всех остальных частных алгоритмов получим расписание для всех частных алгоритмов t_i , входящих в сложный параллельно-последовательный алгоритм проектирования или изготовления группы $ПД_i$.

7. Используя предложенный метод можно построить расписание для групп Gr , подсистем $UnSys$, систем Sys и метасистем $MetSys$ любого ранга.

Таким же образом производим построение эталонной (плановой) модели проектных действий. Из теории управления известно, что управление будет эффективным и устойчивым, если время воздействия на объект управления $t_{воз}$ будет не менее, чем на порядок меньше времени реакции $t_{реак}$ системы

на это воздействие $t_{воз} \ll t_{реак}$. Таким образом, дискрета времени для проверки события в организационном управлении проектом или программой должны быть на порядок меньше самой минимальной по времени трудоемкости $ПД_i$: $t_K \ll t_{ПД_i\min}$.

Отсюда следует, что для управления временем проекта необходимо рационально построить плановую (эталонную) временную модель системы проектных действий на временной оси выполняемого проекта и зафиксировав при этом начало и конец событий, связанных с проектными действиями $ПД_{iН}$ и $ПД_{iК}$. Затем через время $t_K \ll t_{ПД_i\min}$ произвести контроль факта состоявшегося события $ПД_i$ с его фактическими параметрами ТТХ, которые должны соответствовать ТТТ технического задания. Если в заданное время t_K , $ПД_i$ событие состоялось и $\Delta \lambda E_i \leq |\Delta \lambda ТТТ E_i|$, то будем считать, что управление временем $ПД_i$ произведено качественно. Если $t_{ф\ ПД_{iК}} > t_{э\ ПД_{iК}}$, то необходимо произвести перепланирование $ПД_i$. На элементарном уровне, уравнение управлением временем $ПД_i$ будет иметь вид:

$$t_{КТ\ ПД_i\ E_i} - t_{КЭ\ ПД_i\ E_i}, \quad (31)$$

Управление стоимостью проекта

Стоимость сложной системы является интегрированным, системным показателем отражающим структуру и процессы создания сложной техники в пространстве декомпозированных элементов и времени с учетом фаз жизненного цикла изделий сложной техники. Так как изделие сложной техники состоит из десятков и сотен тысяч элементов, а количество проектных действий и технологических операций по изготовлению изделий на порядок больше, причем, каждое из них должно быть обеспечено соответствующими ресурсами, которые имеют свою стоимость, то очевидно, что задача управления стоимостью проекта сложной техники имеет сложную иерархическую структуру, состоящую из сотен тысяч элементарных стоимостей. Управлять такой системой во времени возможно только с помощью современных информационных технологий. Точность и эффективность управления будет зависеть от качества управления отдельными элементарными составляющими всей системы. Таким элементом как уже было отмечено ранее будет проектное действие либо элементарная технологическая или производственная операция. Разработав способы управления элементарным проектным действием и построив

системные модели проектных действий для создания изделий в соответствии с программой развития сложной техники получим методы управления стоимостью проекта сложной техники для всей программы.

Рассмотрим метод управления стоимостью на уровне отдельного проектного действия.

Известно, что:

$$ПД_i = f(K_i, TO_j, M_k, t_n, C_m \dots), \quad (32)$$

где K_i – кадровое обеспечение (специалист соответствующей квалификации) которое за время t_n (трудоемкость $ПД_i$) должен выполнить работу. Стоимость этой работы C_{K_i} . Для работы C_{K_i} которой могут использоваться M_k – материалы, сырье, заготовки стоимостью C_{M_i} и использоваться технологическое оборудование со стоимостью выполняемой работы TO_j .

Следовательно, стоимость проектного действия можно рассчитать как:

$$C_n ПД_i = \sum C_{K_i} + C_{M_k} + C_{TO_j} + \dots, \quad (33)$$

с учетом времени t_n .

В соответствии с предложенной технологией системного проектирования $ПД_i$ распределяется по стратам проектирования и уровням проектирования. Определим стоимость проектирования на элементарном уровне El_i

$$\begin{aligned} C_n El_i = \sum C_n ПД_i = C_n ПД_i \Pi_i + C_n ПД_i \Phi_i + \\ + C_n ПД_i St_k + C_n ПД_i I_k + C_n ПД_i A_f + C_n ПД_i \Pi_{CY_i} + \\ + C_n ПД_i \Phi_{CY_i} + C_n ПД_i St_{CY_k} + C_n ПД_i I_{CY_k} + \\ C_n ПД_i A_{CY_f} + C_n ПД_i \Phi_M + C_n ПД_i + \\ + C_n ПД_i PO_{CY} + C_n KTC_{CY}, \quad (34) \end{aligned}$$

где $C_n ПД_i \Pi_i, \dots, C_n KTC_{CY}$ – стоимость проектных действий на отдельных стратах проектирования.

С учетом уровней проектирования, стоимость на уровне групп Gr_i будет иметь вид:

$$C_n Gr_i = \sum C_n El_i, \quad (35)$$

на уровне подсистем:

$$C_n UnSys_i = \sum C_n Gr_i, \quad (36)$$

на уровне систем:

$$C_n Sys_i = \sum C_n UnSys_i, \quad (37)$$

на уровне метасистем:

$$C_n MetSys_i = \sum C_n Sys_i. \quad (38)$$

Используя известный нормативный подход можно построить эталонную плановую системную модель для анализа стоимости проектных действий

на элементарном, групповом, подсистемном, системном и метасистемном уровнях с учетом страт проектирования. Учитывая, что проектные действия распределены не только по стратам и уровням проектирования, но и во времени, для эффективного управления стоимостью проектных действий, необходимо построить фактическую стоимостную системную модель проектных действий и вычислять ее значения через Δt , соответствующую дискрете управления проектом. Поэтому уравнение управлением стоимостью проекта на элементарном уровне будет иметь вид:

$$C_n El_{iT} - C_n El_{i\Delta} = \Delta C_n El_i, \quad (39)$$

с учетом $\Delta C_n El \rightarrow 0$.

Раскрывая $C_n El_{iT}$ через (34) и (33) можно определить из-за какой составляющей стоимости $ПД_i$ произошла невязка $\Delta C_n ПД_i$ и принять решение к перепланированию (изменению стоимости) проектного действия.

На групповом уровне:

$$C_n Gr_{iT} - C_n Gr_{i\Delta} = \Delta C_n Gr_i, \quad (40)$$

на уровне подсистемы:

$$C_n UnSys_{iT} - C_n UnSys_{i\Delta} = \Delta C_n UnSys_i,$$

на системном уровне:

$$C_n Sys_{iT} - C_n Sys_{i\Delta} = \Delta C_n Sys_i, \quad (42)$$

на метасистемном уровне:

$$C_n MetSys_{iT} - C_n MetSys_{i\Delta} = \Delta MetSys_i. \quad (43)$$

Так как текущие платежи по проектным действиям за рабочую силу, материалы, сырье, технологическое оборудование и другое ресурсное обеспечение асинхронны по времени и не всегда совпадают с отчетными периодами проекта, то для эффективного управления стоимостью проекта необходимо определить в каком месте для системной модели проектных действий и для какого ресурса, и в какое время произошла невязка платежей.

Сравнивая значения для стоимостных системных моделей по уровням проектирования по суммарному значению полученных невязок в плановые промежутки времени и используя эти значения в качестве индикаторов можно производить оперативный анализ фактической стоимости проекта, и в случае выхода невязок за предельные значения определить место рассогласований в стоимостных системных моделях проектных действий вплоть до конкретных платежей.

Учитывая, что программа развития сложной техники декомпозируется на подпрограммы, типы, виды, комплексы и образцы, а каждый образец на фазы жизненного цикла НИР, ОКР, ТКИ, ТПП, Пр, Э, М, У, а каждая фаза ЖЦИ имеет стадии, этапы и задачи проектирования, то очевидно, что необходи-

мо построить системные стоимостные модели по всем уровням проектирования, что позволит управлять стоимостью всей программы развития сложной техники.

Управление ресурсами проекта

С учетом предыдущих представлений проектное действие является функцией от обеспечивающих его ресурсов: кадров, материалов, оборудования, времени, денег. Под управлением ресурсами в данной статье понимается управление материально-техническим и кадровым обеспечением проектов. Предлагается следующий методический подход к управлению ресурсами проектов [7]. Сначала рассмотрим управления ресурсами элементарного проектного действия. Затем, используя системные модели проекта, представим метод управления комплексом ресурсов всего проекта и в конечном итоге ресурсами программы развития авиационной техники.

В соответствии с (18) каждое проектное действие $ПД_i$ является функцией K_i -кадрового обеспечения, технологического оборудования $ТО_j$ и необходимых материалов M_K . Очевидно, что на фазе ЖЦ НИР весомый составляющей ресурсного обеспечения проектных действий будет K_i и в меньшей мере $ТО_j$ и M_K , а на фазах ОКР, КПП и ТПП более весомым будет, при изготовлении опытного образца, технологическое оборудование $ТО_j$ и материалы M_K . Управление ресурсами K_i заключается в обеспечении проектных действий специалистами, соответствующей квалификации и определением трудоемкости t_i каждого проектного действия, которое можно рассчитать, например, нормативными методами. Следовательно, для каждого $ПД_i$ можно создать плановую (эталонную) модель обеспечения кадровыми ресурсами в соответствии с их трудоемкостями на планируемые промежутки времени. Таким же образом рассчитываются плановые потребности в технологическом оборудовании $ТО_j$ с их трудоемкостями выполнения технологических операций в планируемые промежутки времени и потребности в материалах M_K для проведения проектных действий. Взяв за основу логико-временную модель проектных действий на элементарном, далее на групповом, подсистемном, системном уровнях проектных действий можно построить системные эталонные модели ресурсного обеспечения проектных действий кадровым обеспечением, технологическим оборудованием и материальными ресурсами.

Модель кадрового обеспечения K_p конкретного $ПД_i$

$$K_{p,ПД_i} = \sum_{j=1}^n K_{p_j}, \quad (44)$$

где K_{p_j} - количество специалистов, соответствующей j -й квалификации, которые выполняют часть или все $ПД_i$;

n - количество квалификаций специалистов для выполнения $ПД_i$.

В соответствии с технологическим процессом проектирования элементарные проектные действия будут иметь логико-временные связи друг с другом, образуя линейные, разветвленные, условно разветвленные вперед и назад участки алгоритма проектирования, что определит проектные действия на элементарном уровне, которые можно описать в РСММ

$$K_{p,ПД_i,El} = f \left(K_{p_j}, \tau_{p_i}, y, y, x, x, e, l \right). \quad (45)$$

В соответствии с терминологией системного проектирования проектные действия распределяются по стратам и уровням проектирования. Поэтому системная модель ресурсного обеспечения на El уровне проектирования с учетом стратификации проектных действий будет иметь вид:

$$\begin{aligned} K_{p,El_i} = & K_{p,ПД_i,Ц_{El}} + K_{p,ПД_i,Ф_{El}} + K_{p,ПД_i,Стр_{El}} + \\ & + K_{p,ПД_i,Inf_{El}} + K_{p,ПД_i,Al_{El}} + K_{p,ПД_i,Ц_{СУ_{El}}} + \\ & + K_{p,ПД_i,Ф_{СУ_{El}}} + K_{p,ПД_i,Стр_{СУ_{El}}} + K_{p,ПД_i,Inf_{СУ_{El}}} + \\ & + K_{p,ПД_i,Al_{СУ_{El}}} + K_{p,ПД_i,КТС_{СУ_{El}}} + K_{p,ПД_i,ПО_{СУ_{El}}}, \quad (46) \end{aligned}$$

где $K_{p,ПД_i,Ц_{El}} \dots K_{p,ПД_i,ПО_{СУ_{El}}}$ – ресурсное обеспечение кадрами проектных действий на стратах элементарного уровня проектирования.

С учетом уровней проектирования системные модели кадрового обеспечения проектных действий на групповом уровне

$$K_{p,Gr_i} = \cap K_{p,El_i}, \quad (47)$$

где K_{p,El_i} – системная модель ресурсного обеспечения на элементарном уровне проектирования.

На подсистемном уровне:

$$K_{p,UnSys_i} = \cap K_{p,Gr_i}, \quad (48)$$

на системном уровне:

$$K_{p,Sys_i} = \cap K_{p,UnSys_i}, \quad (49)$$

на уровне метасистем:

$$K_{p,|MetSys_i} = \cap K_{p,Sys_i}. \quad (50)$$

Управление кадрами на элементарном уровне будет иметь следующий вид:

$$K_{p,El_i,T} - K_{p,El_i,\Delta} = \Delta K_{p,El_i} \quad (51)$$

$$\Delta K_{p,El_i} \rightarrow 0,$$

где $K_p El_{iT}$ – системная модель фактического кадрового обеспечения в данный момент времени;

$K_p El_{i\Delta}$ – системная модель планового кадрового обеспечения в данный момент времени.

Соответственно на групповом уровне

$$K_p Gr_{iT} - K_p Gr_{i\Delta} = \Delta K_p Gr_i, \quad (52)$$

на подсистемном уровне

$$K_p UnSys_{iT} - K_p UnSys_{i\Delta} = \Delta K_p UnSys_i, \quad (53)$$

на системном уровне

$$K_p Sys_{iT} - K_p Sys_{i\Delta} = \Delta K_p Sys_i, \quad (54)$$

на метасистемном уровне

$$K_p MetSys_{iT} - K_p MetSys_{i\Delta} = \Delta K_p MetSys_i. \quad (55)$$

Таким образом, решая балансные системные уравнения кадрового обеспечения проектных действий по уровням проектирования, можно определить из всей системы проектных действий, с учетом времени, те из них, которые не обеспечивают по уровням, стратам и фазам операции проектирования.

Используя предложенный метод управления кадровым обеспечением проектных действий, можно, аналогично, построить системные балансные уравнения материального обеспечения проектных действий. Под M_K будем считать материалы, заготовки, сырье, детали, инструмент, оснастку и другое материальное обеспечение каждого ПД_i, тогда:

$$M_K ПД_i = \sum_{j=1}^n M_{Kj}, \quad (56)$$

где M_{Kj} – j-й материал, необходимый для выполнения проектного действия ПД_i.

Системная модель ресурсного обеспечения для элементарного уровня с учетом страт проектирования будет иметь вид:

$$\begin{aligned} M_K El_i = & M_K ПД_i Ц_{EI} + M_K ПД_i Ф_{EI} + M_K ПД_i Str_{EI} + \\ & + M_K ПД_i Inf_{EI} + M_K ПД_i Al_{EI} + M_K ПД_i Ц_{СУEI} + \\ & + M_K ПД_i Ф_{СУEI} + M_K ПД_i Str_{СУEI} + M_K ПД_i Inf_{СУEI} + \\ & + K_p ПД_{iEI} Al_{СУ} + K_p ПД_{iEI} KTC_{СУ} + K_p ПД_{iEI} ПО_{СУ} \end{aligned} \quad (57)$$

где $M_K ПД_i Ц_{EI} \dots M_K ПД_i ПО_{СУEI}$ – ресурсное обеспечение материалами проектных действий на стра-тах элементарного уровня проектирования.

Системные модели ресурсного обеспечения по уровням проектирования:

на групповом уровне:

$$M_K Gr_i = \cap M_K El_i, \quad (58)$$

на подсистемном уровне:

$$M_K UnSys_i = \cap M_K Gr_i, \quad (59)$$

на системном уровне:

$$M_K Sys_i = \cap M_K UnSys_i, \quad (60)$$

на уровне метасистем:

$$M_K MetSys_i = \cap M_K Sys_i. \quad (61)$$

Соответствующие балансовые уравнения управления ресурсами проекта на отдельных уровнях проектирования будут иметь вид:

$$M_K El_{iT} - M_K El_{i\Delta} = \Delta M_K El_i, \quad (62)$$

$$M_K Gr_{iT} - M_K Gr_{i\Delta} = \Delta M_K Gr_i, \quad (63)$$

$$M_K UnSys_{iT} - M_K UnSys_{i\Delta} = \Delta M_K UnSys_i, \quad (64)$$

$$M_K Sys_{iT} - M_K Sys_{i\Delta} = \Delta M_K Sys_i, \quad (65)$$

$$\begin{aligned} M_K MetSys_{iT} - M_K MetSys_{i\Delta} = \\ = \Delta M_K MetSys_i. \end{aligned} \quad (66)$$

Таким образом, построив системные модели ресурсного обеспечения материалами проектных действий по стратам и уровням проектирования и балансовые модели управления ресурсами, можно решить задачу эффективного управления ресурсами.

Заключение

Таким образом в статье рассмотрены особенности управления государственными программами, методы управления в сложных организационных системах на основе решения системных уравнений для эталонных и фактических значений системных модулей, методы управления содержимым, временем; стоимостью и ресурсами государственной программы развития сложной техники.

Литература

1. Поспелов Г.С. Программно-целевое планирование и управление. / Г.С.Поспелов, В.А Ириков – М.: Сов. радио, 1976. – 241 с.
2. Проблемы планирования и управления: опыт системных исследований / Под ред. Е.П. Голубкова. – М.: Экономика, 1987. – 208 с.
3. Игнатъев В.П. Стратегическое управление как основа перераспределения ролей, полномочий и ответственности в планировании / В.П.Игнатъев // Вопросы создания АСПР. – Москва: ГВЦ Госплана СССР, 1990. – Вып. 95. – С. 58-65.
4. Бобрышев Д.Н. Управление научно-техническими программами / Д.Н. Бобрышев, В.А. Диссон, А.М.Литягина. – М.: Экономика, 1996. – 336 с.
5. Программно-целевой подход в управлении / Н. Стефанов, К. Симсонова, К. Костов, С. Качаунов – М.: Прогресс, 1975. – 198 с.
6. Идрисов А.Б. Стратегическое планирование и анализ эффективности инвестиций. / А.Б. Идрисов, С.В. Картышев, А.В. Постников – М.: Инф.-издат. дом «Филинь», 1996. – 272 с.

Поступила в редакцію 12.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой экономико-математического моделирования В.М. Вартанян, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина, Харьков, Украина.

МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ ДЕРЖАВНИМИ ПРОГРАМАМИ

В.М. Ілюшко, О.Д. Болгаров, Шейх Тарік Халаф

Розглядаються питання розробки методів керування державними програмами (ДП) на основі рішення системних рівнянь балансу для планових і фактичних значень показників результатів проектних дій розроблювачів виробів авіаційної техніки, беручи до уваги: фази життєвого циклу, стадії проектування, етапи і завдання проектування. Розробляються методи для синтезу структурних, системних моделей аналізу проектів і програм розвитку складної техніки. Пропонуються методи керування: змістом, вартістю, часом, проектами розвитку складної техніки, заснованими на плановій і фактичній моделях керування й системному переплануванні.

Ключові слова: керування проектами, керування програмами, системні моделі, системні рівняння.

MANAGEMENT METHODS AND MODELS OF GOVERNMENT PROGRAMS

V.M. Ilushko, A.D. Bolgarov, Sheikh Tarik Halaf

Questions for working out of management methods by government programs (GP) on the basis of the system equations decisions of balance for planned and actual values of indicators of results of project actions of products developers of aviation technics with the account are considered: phases of life cycle, design stages, and project tasks. Methods are developed for synthesis structural, system models of the analysis of projects and programs of difficult technics development. Management methods are offered: the maintenance, in cost, time, projects of development of the difficult technics, based on planned both actual models of management and system replanning.

Key words: management of projects, managements of programs, system models, the system equations.

Ілюшко Віктор Михайлович – д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Производство радиоэлектронных систем летательных аппаратов», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Болгаров Александр Дмитриевич – аспирант каф. «Производство радиоэлектронных систем летательных аппаратов», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Шейх Тарик Халаф – аспирант каф. «Производство радиоэлектронных систем летательных аппаратов», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.