

УДК 658.011.47

Ю.С. ВЫХОДЕЦ, И.А. ГОНЧАР*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина***ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДИКИ
СИСТЕМНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЗАТРАТ
НА НИОКР ПО СОЗДАНИЮ СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА**

В статье описана экспериментальная проверка методики планирования затрат на НИОКР по разработке сложного технического объекта. Описанная методика предполагает применение методов системного анализа (декомпозиция, стратификация) создаваемого объекта, построение системной модели проектных действий и анализ структуры стоимости аналогичных работ.

планирование, системный анализ, декомпозиция, стратификация, проект, управление затратами

Разработка методов и моделей управления затратами на сложные проекты в области НИОКР является важной научно-прикладной задачей, поскольку более 90% НИОКР финансируются из государственного бюджета. Внедрение и адаптация методологии управления проектами в практику управления затратами на НИОКР должны быть направлены на формализацию процессов управления проектом, повышение точности плановых расчетов, совершенствование процессов планирования и контроля затрат, разработку методов регулирования затрат. Проблемы управления стоимостью проекта на стадии НИОКР и пути их решения выделены и работами [1-3]. В данной статье показано практическое применение инструментария управления затратами, а именно моделей, метода и программного обеспечения, разработанных автором. Инструментарий базируется на методах системного анализа, функционально-стоимостного анализа и технологии проектирования метасистем. Основные принципы: планирование и контроль стоимости сложного проекта должны проводиться путем построения и сравнения системных моделей стоимости: плановой (эталонной) и фактической. В модели должны учитываться все значимые признаки группировки затрат (модель является многомерной). Поэтому построение и ана-

лиз, сравнение моделей должны проводиться с использованием компьютера.

В сфере НИОКР часто реализуются уникальные, сложные проекты с высокой степенью новизны создаваемого объекта. Прототипы и аналоги существуют, но для отдельных компонентов. Это обуславливает сложность планирования стоимости ОКР, и, как следствие, высокий риск перерасхода выделенных средств. В то же время наличие системы управления затратами на подобные проекты является одним из факторов, обуславливающих выполнение и завершение проекта в рамках бюджета проекта. Создание объекта, на примере которого проводилась экспериментальная проверка предложенных моделей и методик, входило в комплекс работ по созданию сложной технической системы. Работы по созданию рассмотренного объекта выполнялись одной научной организацией.

Обобщая основные принципы управления проектами, изложенные в работах [4, 5], управление затратами (управление стоимостью проекта) можно рассматривать как комплекс мер по планированию, контролю и регулированию затрат с целью сведения к минимуму отклонения фактической стоимости от плановой. При планировании осуществляется структуризация проекта и расчет плановой стоимости, а

контроль включает в себя учет фактических затрат, мониторинг, выявление отклонений по затратам, прогнозирование последствий и обоснование необходимости принятия корректирующего воздействия. Таким образом, в данной работе рассматриваются процессы планирования и контроля, так как их результаты являются основой для принятия решений по регулированию затрат.

В порядке экспериментальной проверки и верификации моделей разработанного инструментария автором был произведен системно-стоимостный анализ (ССА) ОКР по созданию объекта. **Целью** ССА объекта являлось определение обоснованных затрат на создание объекта, динамики финансирования и необходимых ресурсов. **Задачей** являлась разработка эталонной системно-стоимостной модели (ЭССМ) объекта на стадии ОКР. Разработанная модель должна отвечать следующим требованиям:

- быть информативной (наглядной);
- реализоваться в компьютерном виде;
- давать представление о последовательности и содержании проектных работ;
- содержать информацию о необходимых ресурсах на выполнение каждого проектного действия;
- при определении затрат применение экспертных методов должно быть сведено к минимуму.

Для проведения ССА объекта было решено использовать методическое обеспечение системно-стоимостного анализа сложных систем с применением ресурсного метода [6-9]. Научная новизна метода и моделей системно-стоимостного анализа заключается в модификации функционально-стоимостного анализа и применении технологии создания метасистем [10] и аппарата регулярных схем системных моделей для решения задач управления затратами. Обоснованность и достоверность

используемых методов, моделей, методик подтверждается корректностью применения известных методов системного анализа, функционально-стоимостного анализа, технологии создания метасистем.

Из исходных данных имелась в наличии следующая информация:

1. Техническое задание на ОКР по созданию объекта.
2. Укрупненный перечень работ, характеризующий содержание работ и разрабатываемые компоненты (детализированный до уровня систем) и стоимости разработки компонентов.
3. Обоснование цены на научно-техническую продукцию, утвержденное для АО НИИРИ.
4. Перечни работ с указанием трудоемкости и стоимости этапов, подэтапов и работ.

Имелась возможность привлечения экспертов в области знаний, к которой относится объект.

Порядок проведения системно-стоимостного анализа объекта включал несколько этапов:

1. *Построение системной модели проектных действий.*

С привлечением экспертов в предметной области, к которой относится создаваемая система, произведена декомпозиция объекта и определены компоненты проекта (см. рис. 1). Выделенный объем финансирования на каждый компонент распределяется экспертами между уровнями разработки компонента. Распределение финансирования осуществляем для варианта ведения проектных работ по нисходящему принципу (см. рис. 2). Заметим, что в объем финансирования разработки i -го компонента j -го уровня не включается финансирование разработки компонентов более низкого уровня. Пример распределения финансирования представлен на рис.3.

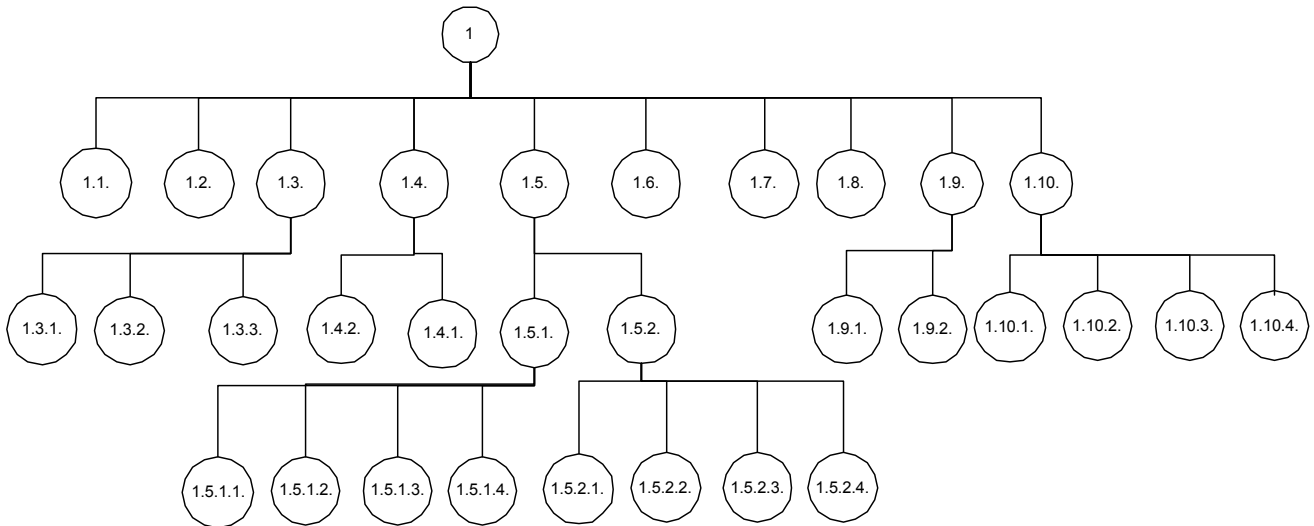


Рис. 1. Декомпозиция проекта

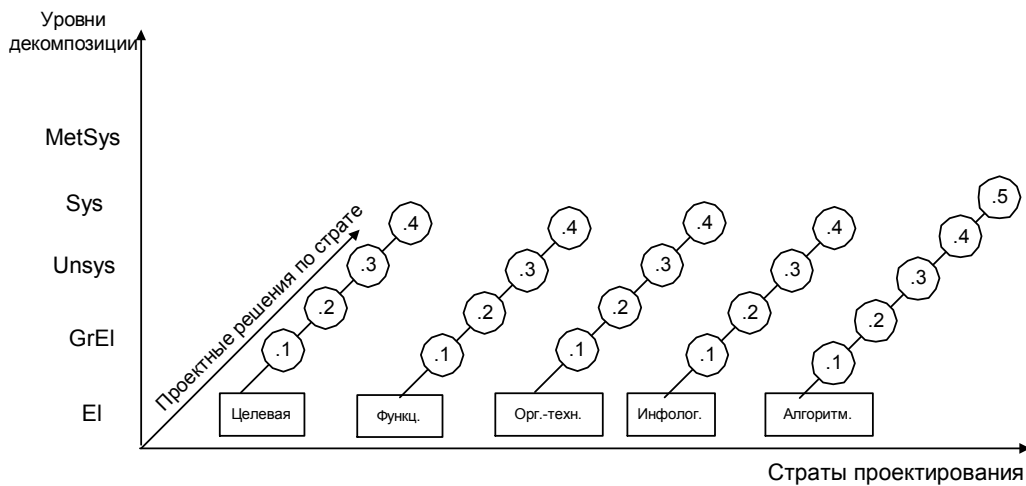


Рис.2. Морфологический куб проектных действий

2. Формируется системная модель проектных действий, т.е. вся совокупность работ декомпозируется, стратифицирована и разбита по группам применяемых методов в соответствии с методикой ССА затрат на НИОКР, каждое действие занимает свое строго определенное место в морфологическом кубе проектных действий. (см. рис.2).

2.1. С помощью экспертов были выделены признаки декомпозиции станции для представления объекта в виде конечного множества компонентов, узлов, агрегатов, элементов. Декомпозицию было решено производить до уровня узлов.

2.2. Определены действия по разработке гене-

ральной цели создаваемого объекта, которая затем декомпозирована на подцели (цели 2-го уровня).

2.3. Определены действия по разработке задач 1-го уровня для обеспечения генеральной цели, которая затем декомпозирована на подзадачи (задачи второго уровня), решение которых обеспечивает достижение целей 2-го уровня.

2.4. Определены действия по созданию комплекса технических средств (КТС) 1-го уровня, на котором будут разрешаться поставленные задачи 1-го уровня. КТС декомпозирован на подсистемы, решающие задачи 2-го уровня.

2.5. Определены действия, необходимые для

расчета входных и выходных параметров материальных и информационных потоков на 1-м уровне, то есть для создания инфологической структуры объекта. Затем инфологическая структура 1-го уровня декомпозируется на инфологические структуры подсистем КТС 2-го уровня.

2.6. Заключительным этапом проектных работ по разработку 1-го уровня станции будет разработка алгоритма функционирования станции, т.е. определение последовательности решения поставленных задач на КТС с заданными параметрами инфологической структуры. Алгоритм функционирования 1-го уровня затем декомпозируется на алгоритмы подсистем 2-го уровня.

2.7. Далее действия 1.3.-1.7. повторяются для определения структуры проектных действий по разработке компонентов 2-го, 3-го и 4-го уровня декомпозиции станции.

В результате получаем системную модель проектных действий по созданию объекта, которая определяет последовательность и содержание проектных действий, и характеризует создаваемый объект.

2. *Определение коэффициентов стоимости страт и проектных действий.* Далее определяем нормативные коэффициенты затрат, согласно которым затраты распределяются по стратам (коэффициенты страт) и коэффициенты затрат, согласно которым затраты на страту распределяются по группам методов проектирования, т.е. по конкретным проектным действиям.

В большинстве научных организаций перечень работ по проекту обычно состоит из определенных этапов и видов работ. Это характерно и для рассматриваемого проекта. Необходимо было провести анализ и определить соотношение стоимостей типовых работ из перечня и элементов системной модели проектных действий (страт и групп применяемых методов).

Исходными данными для анализа были перечни

работ по созданию двух частичных аналогов и данные о фактической стоимости работ по этим темам ОКР. Все элементарные виды работ можно сгруппировать по пяти используемым группам методов проектирования. Так, например, первая группа методов "Анализ и декомпозиция" используется в рассматриваемой организации при разработке предложений, анализе и обосновании вариантов. Выполнение расчетов конструкций подразумевает использование методов синтеза проектных решений и т.д.

В качестве нормативных коэффициентов затрат на проектные действия было решено использовать коэффициенты, полученные для аналога, который сложнее в разработке, а мы рассматриваем проекты по созданию сложных систем. Соответственно, коэффициенты проектных действий, использующих выделенные группы методов следующие:

- 1) системный анализ и декомпозиция $D_1=0,09$;
- 2) синтез проектного решения $D_2=0,06$;
- 3) расчет ТТХ $D_3=0,34$;
- 4) системное моделирование $D_4=0,38$;
- 5) анализ проектного решения $D_5=0,13$.

Отметим, что полученные коэффициенты характерны для конкретной организации, со сложившейся структурой, определенными характеристиками персонала, материальной базой, применяемыми методами и средствами проектирования. Исследование зависимости данных коэффициентов от различных организационных факторов является одним из методов формирования нормативной базы для планирования затрат на сложные проекты.

Далее определяется доля затрат на каждый вид работ в общей стоимости ОКР. Затем определяется доля затрат на каждую группу методов путем суммирования долей затрат на виды работ, где используется данная группа. Результаты расчетов - коэффициенты, указывающие долю затрат на каждую группу методов проектирования для аналогов (см. табл. 5.2.). Данная группа коэффициентов также рассчитывается для конкретной организации. По

результатам экспериментальной проверки максимальное абсолютное расхождение между коэффициентами одной и той же группы методов для разных объектов составляет 0,02 (для группы "Анализ проектных решений"), что составляет 13,33% от доли данной группы для первого аналога или 15,38% - для второго аналога. То есть, ошибка (погрешность) в расчетах составляет до 16%. Но погрешность определения стоимости при использовании экспертного метода может составлять 40%, аналитическо-исследовательского метода - 30%. Без применения предлагаемой методики необходимо было бы применить один из этих методов, т.к. исходных данных недостаточно для использования более точного аналитическо-расчетного метода. Следовательно, применение данной методики позволяет повысить точность расчета затрат на элементарные проектные действия в условиях неполноты исходных данных.

Определив коэффициенты групп методов проектирования, необходимо определить коэффициенты страт.

Для рассматриваемой организации, со сложившимся внутренним порядком проведения ОКР, определенной квалификацией работников, затраты на страту формируются следующим образом (см. табл. 5.3.):

1. Затраты на целевую страту состоят из затрат на разработку технических предложений (0,06 от стоимости ОКР). Коэффициент $S_1=0,06$.

2. Затраты на функциональную страту состоят из затрат на разработку технических заданий (0,2 от стоимости ОКР). Коэффициент $S_2=0,2$.

3. Затраты на организационно-техническую страту состоят из 70% затрат на разработку эскизного и технического проекта, а также затрат на испытание и доработку опытного образца (0,47 от стоимости ОКР). Коэффициент $S_3=0,47$.

4. Затраты на инфологическую страту состоят из 30% затрат на разработку эскизного и технического проекта (0,17 от стоимости ОКР). Коэффици-

ент $S_4=0,17$.

5. Затраты на алгоритмическую страту состоят из затрат на разработку рабочей конструкторской документации (0,1 от стоимости ОКР). Коэффициент $S_5=0,1$.

3. *Расчет эталонных затрат на страты и проектные действия.* Далее выделенный объем финансирования разработки уровня i -го компонента Of_i был распределен между стратами и проектными действиями с помощью коэффициентов:

1. Вначале рассчитаны эталонные затраты $Эз_{ik}$ на k -ю страту i -го компонента: $Эз_{ik} = Of_i * S_k$, где Of_i - объем финансирования разработки уровня i -го компонента, S_k - коэффициент k -й страты.

2. Рассчитаны эталонные затраты $Эз_{d_{kj}}$ на j -е проектное действие k -й страты i -го компонента: $Эз_{d_{kj}} = Эз_{ik} * D_j$, где $Эз_{ik}$ - эталонные затраты на k -ю страту i -го компонента, D_j - коэффициент j -го проектного действия.

Расчеты производились с помощью табличного процессора Microsoft Excel. Впоследствии для расчетов использовалось специально разработанное программное обеспечение.

Практическое применение результатов экспериментальной проверки

ЭССМ объекта, полученная в результате расчетов, была использована научной организацией при управлении затратами на ОКР. Последовательность действий по управлению затратами с применением ЭССМ станции следующая:

1. На основе данных о типовой структуре себестоимости научной продукции, для каждого проектного действия объем финансирования распределен по статьям калькуляции, определены плановая прибыль и НДС.

На основании анализа калькуляций цены проектных действий делается заключение об обоснованности выделенного объема финансирования на каждый компонент и на проект в целом. При необ-

ходимости общий объем финансирования может быть пересмотрен или перераспределен.

3. В результате всех действий получена совокупность моделей в электронном виде (формат Microsoft Excel): табличная форма ЭССМ и калькуляции - расшифровки стоимости проектных действий. Назовем указанную совокупность электронной эталонной моделью стоимости (ЭЭМС).

4. Затем начато формирование ФССМ: создана копия файла, содержащего ЭЭМС. Из ячеек, содержащих численные значения затрат, данные удалены. Таким образом, подготовлен шаблон фактической системно-стоимостной модели системы (ФССМ) и шаблоны калькуляций-расшифровок.

5. По мере осуществления каждого проектного действия все данные о произведенных фактических затратах фиксируются и заносятся в соответствующую статью калькуляции проектного действия. Заполнение ФССМ производится под контролем руководителя ОКР по созданию станции Фактическая текущая цена проектного действия рассчитывается автоматически. В ФССМ ячейки данных о стоимости каждого проектного действия связаны с соответствующей ячейкой калькуляции и любые изменения в фактической калькуляции отображаются в соответствующей ячейке табличной формы ФССМ.

Руководитель проекта получает возможность оперативного управления затратами за счет снижения периода управления и автоматизации расчетов, возможность формирования модели проектных действий уже на этапе концептуального планирования, возможность анализа обоснованности выделенного объема финансирования разработки станции и отдельных компонентов. Верификация моделей была произведена путем выборочного расчета сметных калькуляций (раскрытия заказ-нарядов) на отдельные проектные действия методом прямого счета. Максимальное отклонение между проверочными калькуляциями и сметными калькуляциями а в суммах по статьям калькуляции составило 12 % и при-

звано допустимым на этапе ТЭО ОКР. Начальные этапы ОКР по созданию станции показали, что разработанная ЭССМ объекта является адекватной фактическому формированию стоимости создания станции и может использоваться для дальнейшего управления затратами на данный проект. Максимальное отклонение по статьям калькуляции между фактической и эталонной моделью составило 10 %.

Выводы

Проведена экспериментальная проверка разработанного методического обеспечения ССА. Требовалось разработать детальную системно-стоимостную модель ОКР по созданию станции с целью распределения общего объема финансирования по уровням, стратам и проектным действиям, и последующего контроля фактических затрат.

1. В соответствии с методикой построения системной модели проектных действий объект декомпозирован на компоненты с выделением трех уровней проектирования. Для каждого компонента определен набор проектных действий и выделенный объем финансирования.

2. На основании анализа распределения затрат по стратам и проектным действиям при проектировании других объектов, для организации-исполнителя определены весовые коэффициенты затрат на страты и проектные действия.

3. С помощью рассчитанных коэффициентов объем финансирования компонентов распределен между стратами и проектными действиями. Затем, затраты на каждое проектное действие распределены по статьям калькуляции в соответствии с нормативными коэффициентами затрат. Полученная эталонная системно-стоимостная модель проанализирована и сделаны выводы о правильности ее построения.

4. На основании ЭССМ с использованием разработанного программного обеспечения создан шаблон ФССМ. Начальные этапы ОКР показали

адекватность построенных моделей и высокую эффективность управления затратами по предложенной схеме.

Таким образом, предлагаемые в данной работе и использованные при построении ЭССМ станции методики ССА НИОКР и алгоритмическое обеспечение КТ ССА, при экспериментальной проверке показали свою функциональную полноту и применимость, т.к. позволяют решить поставленные задачи управления затратами на реализацию сложного проекта. Практическое применение результатов подтверждено актом внедрения.

Литература

1. Екимова Ю.С. Системно-стоимостной анализ затрат на создание сложных систем // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. Вип. 20. - Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т». - 2000. - С. 106-111.

2. Выходец Ю.С. Использование функционально-стоимостного анализа при стоимостной оценке метасистем // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. Вип. 22. - Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т». - 2001.- С. 209-212.

3. Екимова Ю.С., Илюшко В.М. Анализ методов оценки затрат по стадиям жизненного цикла проекта // *Авиационно-космическая техника и технология*. Вып. 12. - Харьков: Гос. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т». - 1999. - С. 134-138.

4. Управление проектами / Н.И. Ильин, И.Г. Лукманова, А.М. Немчин, С.Н. Никешин, С.Н. Петрова, К.Г. Романова, В.Д. Шапиро / Под ред. В.Д. Шапиро. - СПб.: «Два-Три», 1996. - 610 с.

5. Мазур И.И., Шапиро В.Д. и др. Управление проектами / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро и др. Справочное пособие / Под ред. И.И. Мазура и В.Д. Шапиро. - М.: Высшая школа, 2001. - 875 с.

6. Выходец Ю.С. Методика построения стоимостной модели метасистемы // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. Вип. 21. - Харків: Нац.

аерокосмічний ун-т «ХАІ». - 2000. - С. 29-34.

7. Выходец Ю.С. Системная методика анализа затрат на метасистему // *Авиационно-космическая техника и технология*. Вып. 25. - Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т им. Н.Е. Жуковского "ХАИ". - 2001. - С. 272-276.

8. Илюшко В.М., Выходец Ю.С. Использование ресурсного метода при планировании стоимости создания метасистемы. Построение ресурсной модели метасистемы // *Технология приборостроения*. - 2001. - №1-2. - С. 168-174.

9. Выходец Ю.С. Системная методика анализа затрат на метасистему // *Труды Десятой международной конференции «Новые технологии в машиностроении»*. - Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т им. Н.Е. Жуковского "ХАИ". - 2001. С. 48.

10. Илюшко В.М., Белецкий И.В. Концептуальные принципы создания метасистем // *Авиационно-космическая техника и технология*. Вып.7. - Харьков: Гос. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т». - 1998.- С. 196-198.

Поступила в редакцию 11.10.03

Рецензент: к.т.н. Гриценко Г.Д., ГП "Завод им. Малышева"