

УДК 658.012.23

Ю.Н. Толкунова, Т.Ю. Павленко

*Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков*

## ВИНТОВАЯ МОДЕЛЬ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МУЛЬТИПРОЕКТА СОЗДАНИЯ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

*Сформулированы преимущества использования спиральной модели жизненного цикла (ЖЦ) для моделирования ЖЦ проекта создания сложной технической системы (СТС). Проведен анализ ЖЦ мультипроекта создания СТС и продукта. На основе спиральной модели и модели распределение затрат по этапам ЖЦ проекта разработана винтовая модель ЖЦ проекта и мультипроекта создания СТС.*

**Ключевые слова:** проект, мультипроект, сложная техническая система, жизненный цикл проекта, жизненный цикл продукта.

### Введение

В зависимости от масштаба и степени взаимозависимости выделяют следующие классы проектов:

- пакеты работ;
- проекты (проект – это временное предприятие, предназначенное для создания уникальных продуктов, услуг или результатов [1]);
- мультипроекты (мультипроект – это проект, состоящий из нескольких, технологически независимых проектов, объединенных общими ресурсами (финансовыми и материальными) [3]);
- программы (программа – это ряд связанных друг с другом проектов, управление которыми координируется для достижения преимуществ и степени управляемости, недоступных при управлении ими по отдельности [1]).

Методология управления проектами на сегодняшний день довольно хорошо проработана. Однако вопросы мультипроектного управления остаются открытыми и требуют разработки моделей и методов управления с учетом специфики объекта управления. В настоящей статье в качестве объекта управления рассматриваются мультипроекты создания СТС. Мультипроекты являются составляющими программы создания СТС и включают в себя проекты создания подсистем СТС.

СТС – это составной технический объект, части которого можно рассматривать как совместимые и в известной степени обособленные совокупности разнородных технических средств, увязанных в единое целое устойчивыми внутренними взаимосвязями для выполнения общих внешних целевых функций. При создании линейки СТС целесообразно использовать накопленный опыт, как создаваемых продуктов, так и управления мультипроектом, в рамках которого создавалась СТС. Причем, в случае использования опыта обособленных подсистем-прототипов СТС, могут быть заимствованы результаты научно-исследовательских работ (НИР), опытно-конструкторских работ (ОКР), иерархической

структуры работ (ИСР), предварительного описания содержания, модели жизненного цикла и др. без значительной модификации. Использование этих знаний, позволит сократить как сроки, так и затраты выполнения мультипроекта в целом.

Подсистемы СТС, как правило, основаны на разных физических принципах, а проекты создания подсистем, как правило, выполняются различными структурными подразделениями организации. Это позволяет приступать к выполнению проектов, не дожидаясь окончания предыдущего проекта в составе мультипроекта.

В настоящей статье предложена винтовая модель ЖЦ мультипроекта создания СТС на основе спиральной модели [2] и модели распределения затрат по этапам ЖЦ проекта [1]. Значительное внимание в предложенной модели уделено использованию ранее накопленного опыта управления мультипроектами создания СТС и параллельному выполнению проектных работ.

### Основной раздел

#### 1. Спиральная модель ЖЦ

Использование спиральной модели при создании модели ЖЦ проекта создания СТС обусловлено тем, что эта модель уделяет специальное внимание прототипированию, проработке вопроса возможности переноса накопленных знаний с аналогичного продукта на вновь разрабатываемый, а так же анализу рисков. Хотя спиралевидная модель в большей степени применяется для моделирования ЖЦ проектов разработки программного обеспечения, выше перечисленные аспекты являются актуальными и для мультипроектов создания СТС.

Спиральная модель (рис. 1) была предложена в 1988г. Э. Бозмом [2]. На этапах «Определение целей, альтернатив и ограничений» и «Оценка альтернатив, выявление и снижение рисков» проводится поиск проектов-прототипов, прототипов ИСР, описания содержания, технических решений, решаются

задачи структурного и структурно-параметрического синтеза, проводится оценка синтезированных решений, проверяется реализуемость решений. Каждый виток спирали соответствует одной итерации, на нем уточняются цели и характеристики проекта, планируются работы следующего витка спирали. Таким образом, углубляются и последовательно конкретизируются детали проекта и, в результате, выбирается обоснованный вариант, который доводится до реализации.

Разработка итерациями отражает объективно существующий спиральный цикл создания системы. Неполное завершение работ на каждом этапе позволяет переходить на следующий этап, не дожидаясь полного завершения работы на текущем этапе. При итеративном способе разработки недостающую работу можно будет выполнить на следующей итерации. Главная же задача – как можно быстрее показать заказчику работоспособный продукт, активизируя, тем самым, процесс уточнения и дополнения требований [4]. Основная проблема спирального цикла – определение момента перехода на следующий этап. Она, как и любая раскручивающаяся спираль, плохо отображает временные соотношения между сроками выполнения работ на разных витках.

Спиральная модель обладает рядом преимуществ [2]:

- модель уделяет специальное внимание раннему анализу возможностей повторного использования. Это обеспечивается, в первую очередь, в процессе идентификации и оценки альтернатив;

- модель предполагает возможность эволюции жизненного цикла, развитие и изменение продукта проекта. Главные источники изменений заключены в целях, для достижения которых создается продукт;

- модель предоставляет механизмы достижения необходимых параметров качества как составную часть процесса разработки продукта проекта. Эти механизмы строятся на основе идентификации всех типов целей (требований) и ограничений на всех “циклах” спирали разработки;

- модель уделяет специальное внимание предотвращению ошибок и отбрасыванию ненужных, необоснованных или неудовлетворительных альтернатив на ранних этапах проекта. Это достигается явно определенными работами по анализу рисков, проверке различных характеристик создаваемого продукта и подтверждение возможности двигаться дальше на каждом “цикле” процесса разработки;

- модель позволяет контролировать источники проектных работ. По-сути речь идет об ответе на вопрос – как много усилий необходимо затратить на анализ требований, планирование, обеспечение качества и т.д.;

- модель, ориентированная на риски, позволяет в контексте конкретного проекта решить задачу

приложения адекватного уровня усилий, определяемого уровнем рисков, связанных с недостаточным выполнением тех или иных работ;

- модель не проводит различий между разработкой нового продукта и расширением (или сопровождением) существующего.

Таким образом, модель Боэма можно рассматривать в качестве инструмента поддержки управления мультипроектом создания СТС. В качестве недостатка модели с точки зрения управления процессом разработки следует указать на то, что она, как и любая раскручивающаяся спираль, плохо отображает временные соотношения между сроками выполнения работ на разных витках.



Рис. 1. Спиральная модель Боэма

## 2. Жизненный цикл продукта и мультипроекта

Совокупность ступеней развития от возникновения идеи до снятия с производства образует жизненный цикл изделия, который принято разделять на фазы (стадии, этапы). Каждый подобный период включает основные реализуемые в нем процессы, работы и задачи, при завершении которых может потребоваться переход к следующему периоду реализации.

В ГОСТе [5] выделяют такие основные этапы ЖЦ продукта: обоснование разработки; разработку технического задания (ТЗ); проведение ОКР; производство и испытания; модернизацию; использование (эксплуатацию); ликвидацию (с избавлением от отходов путем их утилизации и/или удаления).

Согласно [1] ЖЦ продукта включает в себя ЖЦ мультипроекта. Имеются некоторые отличия в определении количества фаз и их содержания, поскольку эти характеристики во многом зависят от условий осуществления конкретного мультипроекта. Тем не менее, логика и основное содержание процесса развития мультипроектов во всех случаях являются об-

щими. В [6] выделяют следующие фазы реализации проекта (мультипроекта): формирование концепции, разработка коммерческого предложения, проектирование, изготовление, сдача объекта и завершения проекта. В РМВок выделяют такую структуру ЖЦ проекта: начало проекта, организация и подготовка, выполнение работ проекта, завершение проекта.

Несмотря на уникальность каждого мультипроекта, ИСР предыдущего мультипроекта часто может служить шаблоном для нового мультипроекта, поскольку некоторые мультипроекты в той или иной степени будут схожи с предшествующими. Для примера, представленного на рис 2, большая часть

проектов будет иметь одинаковые или схожие жизненные циклы, а поэтому и одинаковые или схожие этапы конструкторской и технологической подготовки производства; схожие методы управления мультипроектом, схожие описания содержания мультипроекта.

Т.о. содержание работ мультипроекта, стоимость и сроки создания очередного продукта зависят от наличия близких решений-прототипов. Как показано на рис.2 наличие близкого решения-прототипа продукта мультипроекта может позволить сократить стоимость и сроки мультипроекта создания СТС.



Рис. 2. Сокращение затрат и сроков реализации мультипроекта создания СТС за счет прототипирования

Распределение затрат на протяжении ЖЦ проекта, представленное на рис. 2 взято за основу при создании винтовой модели ЖЦ проекта.

### 3. Винтовая модель ЖЦ проекта и мультипроекта

Как уже было отмечено выше, основным недостатком спиралевидной модели ЖЦ с точки зрения итерационного процесса реализации мультипроекта является то, что она плохо отображает временные соотношения между сроками выполнения работ на разных витках.

На рис. 3 представлена винтовая модель ЖЦ проекта, устраняющая этот недостаток.

Здесь:

- Р – проект создания подсистемы;
- СТС; t – сроки выполнения проекта;
- С – стоимость выполнения проекта.

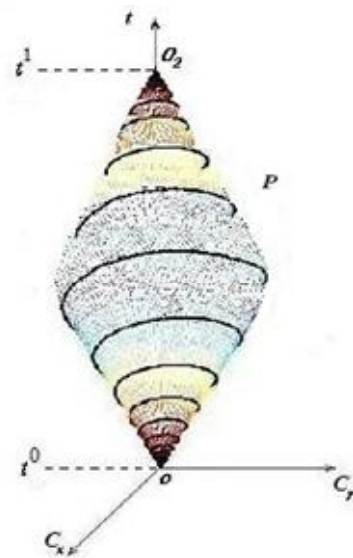


Рис. 3. Винтовая модель ЖЦ проекта

Если каждую итерацию жизненного цикла проекта представить в виде витков винтовой линии и положить пропорциональность длины дуги витка винтовой линии стоимости итерации проекта, то стоимость проекта будет равна сумме стоимостей итераций:

$$C_p = \sum_{\chi=1}^{\omega} C^{\chi}, \quad (1)$$

где  $\omega$  – кол-во итераций проекта;  $C^{\chi}$  – стоимость  $\chi$ -й итерации проекта, которая вычисляется как

$$C^{\chi} = \int_a^b \sqrt{[c_x^{\chi}(\tau)]^2 + [c_y^{\chi}(\tau)]^2 + [t^{\chi}(\tau)]^2} d\tau; \quad a \leq \tau \leq b,$$

где  $\tau$  – параметр винтовой линии, представляющий траекторию точки, движущейся по витку винтовой линии и характеризующий развитие жизненного цикла проекта;  $a, b$  – начало и окончание итерации

соответственно;  $[c_x^{\chi}(\tau)]$ ,  $[c_y^{\chi}(\tau)]$ ,  $[t^{\chi}(\tau)]$  – функции, представляющие удельную стоимость работ проекта;  $c_x^{\chi}(\tau) = a^{\chi} \tau \cos \tau$ ,  $c_y^{\chi}(\tau) = a^{\chi} \tau \sin \tau$ ,  $t^{\chi}(\tau) = h\tau$ ,  $a^{\chi} = C^{TM}/2\pi$ ,  $C^{TM}$  – стоимость материалоемкости и трудоемкости работ;  $h = t_{\chi} \div 2\pi$ ,  $t_{\chi}$  – срок выполнения  $\chi$ -й итерации проекта.

Оценка сроков выполнения проекта:  $t = t_{O_2} - t_{O_0}$  – это расстояние от точки  $O$  (начало итерации первого витка) до точки  $O_2$  – точки окончания последнего витка винтовой линии.

На рис. 4 изображена винтовая модель ЖЦ мультипроекта создания СТС, где  $M_1$  и  $M_2$  – мультипроекты создания СТС;  $P_j$  –  $j$ -й проект создания подсистемы СТС из состава мультипроекта,  $j = 1, \dots, n$ .

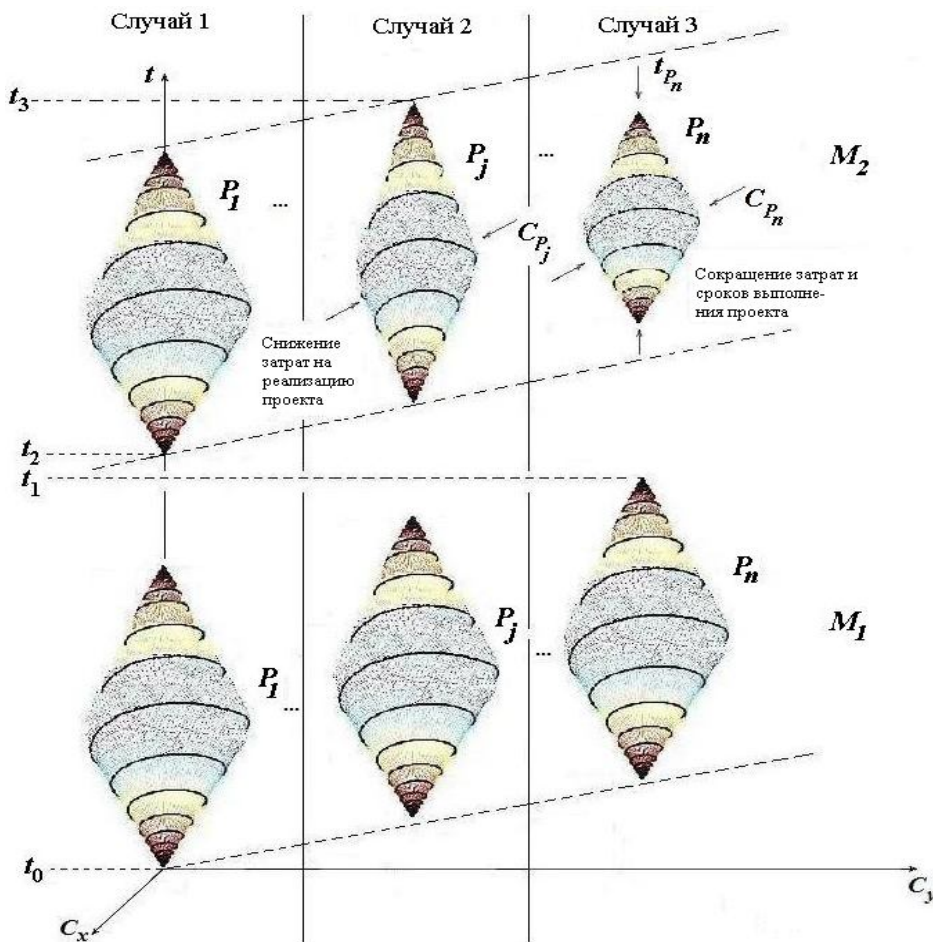


Рис. 4. Винтовая модель ЖЦ мультипроекта создания СТС

Оценка стоимости выполнения мультипроекта  $M$ :

$$C_M = \sum_{j=1}^n C_{P_j},$$

где  $C_{P_j}$  – функция, которую вычисляют по (1). Оценка сроков выполнения мультипроектов  $M_1$  и  $M_2$ :

$$t_{M_1} = t_1 - t_0, \quad t_{M_2} = t_3 - t_2.$$

При создании новой СТС, продолжающей линейку продуктов мультипроекта, ряд проектных этапов в новом мультипроекте может повториться. Применение ранее накопленного опыта, полученного в мультипроекте  $M_1$ , при реализации мультипро-

екта  $M_2$  показано на рис. 4 сжатием винтовой линии, как по оси  $C$ , так и по оси  $t$ . Этапы ЖЦ, в которых используется ранее накопленный опыт, будут выполнены за меньший период времени и с меньшими финансовыми затратами.

Выделены три случая выполнения нового мультипроекта с использованием накопленного опыта предыдущего мультипроекта  $M_1$  (табл. 1, рис. 4).

Таблица 1

Случаи выполнения проектов

Случай 1	Случай 2	Случай 3
Отсутствие прототипа проекта $P_1$ при реализации мультипроекта $M_2$	Наличие прототипа и уменьшение количества исполнителей	Наличие прототипа без изменения количества исполнителей
$t_{P_1}(M_1) \approx t_{P_1}(M_2)$ , $C_{P_1}(M_1) \approx C_{P_1}(M_2)$ .	$t_{P_2}(M_1) \approx t_{P_2}(M_2)$ , $C_{P_2}(M_1) > C_{P_2}(M_2)$ .	$t_{P_3}(M_1) > t_{P_3}(M_2)$ , $C_{P_3}(M_1) > C_{P_3}(M_2)$ .

Параллельное выполнение определенных этапов итераций (проектов), как и в спиральной модели, обеспечивается тем, что начинать следующий этап можно не дожидаясь окончания предыдущего.

### Выводы

Перечислены преимущества использования спиральной модели ЖЦ проекта. Проанализировано соотношение ЖЦ мультипроекта создания СТС и продукта, представлена возможность получения конкурентных преимуществ за счет прототипирования. Разработана винтовая модель ЖЦ проекта создания СТС на основе спиральной модели ЖЦ и модели распределения затрат на протяжении ЖЦ проекта.

Разработана модель ЖЦ мультипроекта создания СТС, которая позволяет визуализировать как временные, так и финансовые затраты на разных витках ЖЦ. Такое представление позволяет отразить снижение затрат на разработку нового образца, продолжающегося линейку СТС, за счет максимального использования ранее накопленного опыта. Использование накопленного опыта позволяет снизить риски и затраты мультипроекта, а параллельное выполнение работ – сократить сроки мультипроекта создания СТС.

### Список литературы

1. *A Guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) [Text]*. – USA: PMI Standards Committee, 2008. – 467 p.
2. Boehm, B. A. *Spiral Model of Software Development and Enhancement [Text]* / B.A. Boehm // IEEE Computer. – 1988. – 21 (5). – P. 61–72.
3. Бурков В.Н. *Модели и методы мультипроектного управления [Текст]* / В.Н. Бурков, О.Ф. Квон, Л.А. Цитович - М.: ИПУ РАН, 1997. – 62 с.
4. Вендров А.М. *CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем [Текст]* / А.М. Вендров. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 176 с.
5. ГОСТ Р 53791-2010. *Ресурсосбережение. Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения. Общие положения. – Введ. впервые 01.01.2011. – М.: Стандартинформ, 2011. – 12 с.*
6. *Управление инновационными проектами [Текст]: учеб. пособ. в 2-х ч. Ч. 1. Методология управления инновационными проектами. / Т.В. Александрова, С.А. Голубев, О.В. Колосова и др.; под общ. ред. И.Л. Туккеля. – 2-е изд. – СПб.: СПбГТУ, 1999. – 100 с.*

Поступила в редколлегию 24.01.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Е.А. Дружинин, Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Харьков.

### ГВИНТОВА МОДЕЛЬ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ МУЛЬТИПРОЕКТУ СТВОРЕННЯ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

Ю.М. Толкунова, Т.Ю. Павленко

*Сформульовано переваги використання спіральної моделі життєвого циклу (ЖЦ) для моделювання ЖЦ проекту створення складної технічної системи (СТС). Проведено аналіз ЖЦ проекту створення СТС і продукту. На основі спіральної моделі та моделі розподілу витрат по етапах ЖЦ проекту розроблено гвинтову модель ЖЦ проекту та мультипроекту створення СТС.*

**Ключові слова:** проект, мультипроект, складна технічна система, життєвий цикл проекту, життєвий цикл продукту.

### SCREW MODEL OF LIFE CYCLE OF SOPHISTICATED TECHNICAL MACHINERY MULTIPROJECT'S

Y.N. Tolkunova, T.Y. Pavlenko

*The advantages of using the spiral model of life cycle (LC) for modeling of LC of the project of development the sophisticated technical machinery (STM) are formulated. The analysis of the LC of the multiproject create STM and product. On the basis of the spiral model and the allocation of costs to the stages of the project LC model developed screw model of LC project and multiproject create STM.*

**Keywords:** project, multiproject, sophisticated technical machinery, life cycle of the project, life cycle of the product.