

УДК 005.8:65.012.25

Али Ченарани

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков

СИСТЕМНЫЙ СЦЕНАРИЙ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрены основные особенности проектов разработки сложных технических систем (СТС). Представлены важные проблемы, которые необходимо учитывать в процессе управления рисками проектов разработки СТС. Проанализированы существующие подходы, стандарты, программные средства, а также возможность их применения в управлении рисками данной предметной области. Описано влияние рисков на сроки и стоимости работ проекта, а затем представлен системный сценарий управления рисками, который позволяет менеджеру проекта более обосновано принимать решения при реализации проектов разработки СТС.

Ключевые слова: управление проектами, системный сценарий, риск проекта, неопределенность, сложная техническая система.

Введение

Сложные технические системы (СТС) – (complex product systems – CoPS) представляют собой особый вид продуктов, которые имеют существенное значение для экономики и промышленности современного мира [1]. Идея выделения СТС как категории промышленной продукции впервые возникла в военной литературе 1980х годов [2–3]. М. Хобдей в [4] подробно изучил характеристики и требования к разработке данного вида продуктов. Рассмотрим несколько важных характеристик СТС: значительная экономическая и политическая ценность продукта проекта; высокая степень технологической новизны и других инноваций; высокий уровень координации и сотрудничества контрагентов при разработке и производстве СТС; широкий спектр знаний и навыков, необходимых при создании СТС; высокий уровень системной интеграции; наличие множества взаимосвязанных частей и компонентов в составе СТС и т.д. [5]. Примерами СТС являются самолеты, высокоскоростные поезда, морские суда, авиационные двигатели и т. п.

Газотурбинные двигатели (ГТД) как примеры СТС являются весьма распространенным видом силовой установки, применяемой на воздушном, сухопутном, водном, железнодорожном транспорте и в энергетике. Авиационный ГТД в смысле термодинамических параметров и нагрузок является наиболее напряженным видом ГТД и представляет собой наукоемкий высокотехнологичный продукт, аналога которого, по уровню напряжений и тепловому состоянию деталей, нет среди других изделий машиностроения [6].

Проект разработки авиационного ГТД является сложным проектом создания СТС и характеризуется высоким уровнем новизны и уникальности, большим объемом обеспечивающих материальных, ор-

ганизационных и информационных ресурсов, большим количеством исполнителей и сложной структурой кооперации, необходимостью учета множества внешних и внутренних факторов. Данный проект представляет собой многоуровневый комплекс работ, связанный с высокой степенью неопределенности, риска и состоящий из пяти основных этапов: технического предложения (ТП), эскизного проектирования (ЭП), технического проектирования рабочей конструкторской документации (РКД), изготовления опытных образцов (ОД), испытаний и доводки двигателя [7–8].

Риск – это неопределенное событие или условие, которое в случае возникновения имеет позитивное или негативное воздействие на цели проекта [9]. Риск и его причина (неопределенность) имеют наибольшие значения в начале проекта, уменьшаются по его ходу и влияют на тактико-технические характеристики разрабатываемого продукта, качество, сроки и стоимость реализации.

Поскольку риски имеют значительное влияние на достижение целей проекта, использование эффективных методов управления рисками является важным для разработчиков и участников проектов. Поэтому, у коммерческих и правительственных организаций существует потребность к систематизации знаний, разработке процедур и стандартов управления рисками. В отличие от других проектов, в проектах создания СТС влияние научных и технических рисков является наиболее существенным. Эти риски возникают из-за неопределенности, связанной с описанием объекта разработки и параметрами проекта. Последствием данных рисков обычно являются возвраты и повторения комплекса выполненных работ.

Однако, проблемы оценки, моделирования и управления рисками в проектах создания СТС (на примере авиационных двигателей) представляют

собой актуальные научно-прикладные задачи, которые до сих пор полностью и достаточно удачно не решены.

Таким образом, в данной работе будут проанализированы существующие стандарты, программные инструменты и подходы к управлению рисками с целью проверки возможности их использования в проектах разработки СТС (на примере авиационных двигателей). Затем, описано влияние рисков и неопределенности на параметры проекта и предложен системный сценарий для управления рисками проектов разработки СТС.

Основной раздел

1. Анализ инструментов и подходов к управлению рисками проекта

1.1. Стандарты управления рисками. Различные международные ассоциации и организации разработали стандарты в области управления рисками. Некоторые из этих стандартов являются общими, некоторые из них предназначены для конкретной организации или предметной области, а некоторые рассматривают только риски проекта. В работе [10], автором проведен анализ 12 известных национальных, международных и отраслевых стандартов управления рисками. В результате анализа стандартов можно сделать следующие выводы:

имеют общие шаги, из которых выделяются следующие: планирование, идентификация, оценка, реагирование, мониторинг и контроль рисков;

не рассматривают детали процессов и представляют лишь общие рекомендации и руководства;

не предоставляют набор качественных показателей, помогающих менеджеру измерять и контролировать уровень риска и неопределенности в ходе реализации проекта;

не различают типы рисков, что особенно является важным при моделировании и количественном анализе риска.

1.2. Анализ инструментальных средств. Основные особенности предметной области были представлены во введении статьи. Проанализировано коммерческое программное обеспечение (ПО) в области управления проектами и управления рисками проекта. Целью анализа является изучение возможности использования этих программных средств для моделирования рисков и неопределенностей в проектах создания СТС. Выбраны критерии – автономности ПО, наличие средств моделирования рисков, представления риска как дискретного события, наличие средств моделирования возврата и повторения выполненных работ проекта. Результат анализа представлен в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение возможностей ПО в области управления рисками проекта

№	Название программного обеспечения	Страна	Фирма	Цена (полная версия)	Автономное	Моделирование рисков	Риск как дискретное событие	Моделирование возврата
1	MS Project	США	Microsoft	1160 \$	✓	✗	✗	✗
2	Primavera	США	Oracle	2500 \$	✓	✗	✗	✗
3	Spider	Россия	Spider Team	4000 \$	✓	✓	✗	✗
4	Primavera Risk Analysis	США	Oracle	9500 \$	✓	✓	✓	✗
5	@Risk	США	Palisade	1750 £	✗	✓	✗	✗
6	RiskyProject	Канада	Intaver	999 \$	✓	✓	✓	✗
7	Full Monte	США	Barbecana	1195 \$	✗	✓	✗	✗

Из анализа ПО представленного в таблице 1 можно сделать следующие выводы:

- поскольку ПО специализированное, его стоимость является относительно высокой;
- ПО 3, 5 и 7 определяют понятие риска с точки зрения неточности значений параметров про-

екта (например, неопределенность в определении продолжительности и стоимости работ проекта). Однако, в отличие от предложенного в данных продуктах, в данной работе термин риск рассматриваем как дискретное событие, которое может или не может произойти;

– ПО 4 и 6 рассматривает риск как дискретное событие, которое характеризуется двумя основными параметрами (вероятностью и воздействием). Варианты определения рисков в данном ПО в зависимости от последствий являются стоимостными или временными. Однако, в рассматриваемой предметной области, научно-технические риски являются более существенными, а их последствия обычно приводят к проведению дополнительного исследования или повторения ряда завершённых работ; рассмотренное ПО не имеет возможности моделирования технических рисков с необходимостью возврата и повторения ряда работ.

1.3. Анализ подходов зарубежных и отечественных ученых: В работах [11–12] автором детально проанализированы работы зарубежных, отечественных исследований и подходы в области управления рисками проектов.

В этих статьях выполнен обзор: понятия риска и неопределенности, подходов к моделированию и количественной оценке рисков, показателей неопределенности и моделирования возвратов в проекте.

В результате проведенного анализа существующих инструментов и подходов к управлению рисками проекта можно сделать следующие выводы:

1. Необходимо рассматривать неопределенности, связанные с описанием объекта и параметрами проекта, приводящие к рискам возврата, которые оказывают наиболее существенное влияние на стоимость и сроки выполнения проектов создания СТС. Средство моделирования данного вида рисков в существующих программных продуктах практически отсутствует;

2. Существует необходимость создания инструментального средства для совместного моделирования влияния комплекса факторов риска, в том числе рисков перепроектирования (возврата) и факторов, влияющих на стоимость и продолжительность работ;

3. Для управления процессом разработки СТС целесообразно использовать количественную меру неопределенности как индикатор правильности направления проектной деятельности;

4. Необходимо разработать эффективный метод для нахождения оптимального варианта комплекса мероприятий по управлению рисками.

В дальнейшем, объясняется влияние рисков и неопределенности на параметры проекта в вероятностном виде.

Затем, представляется системный сценарий для оценки и управления рисками проектов разработки СТС, который решает указанные задачи.

2. Влияние рисков и неопределенностей на параметры проекта

Риск является вероятным событием, который при возникновении влияет на цели и параметры проекта. Для лучшего понимания влияния рисков проекта на рис. 1 представлены примеры, в которых показана продолжительность одной работы проекта. Предполагаем, что при отсутствии рисков в проекте продолжительность работы равна t . Если предполагается проявление одного риска с вероятностью p_1 связанного с продлением выполнения работы (дополнительного времени) или появлением дополнительной работы, то продолжительность работы будет равна $t+t_1$ (рис. 1.)

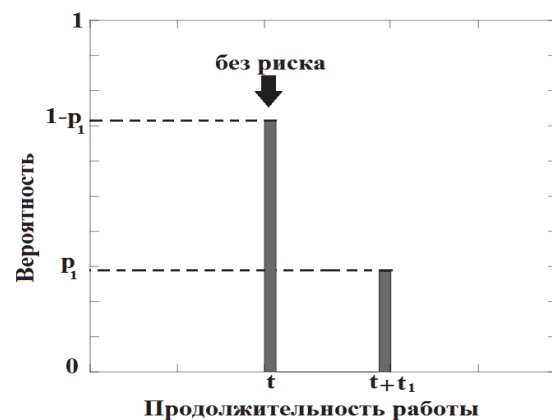


Рис. 1. Диаграмма продолжительности работы (один риск)

При влиянии двух независимых рисков с вероятностями p_1 и p_2 диаграмма продолжительности работы представлена на рис. 2.

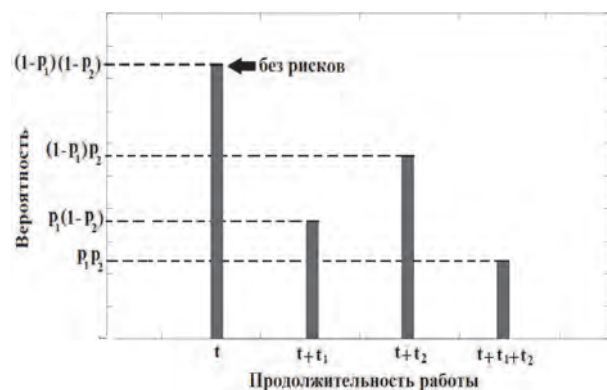


Рис. 2. Диаграмма продолжительности работы (два риска)

Учитывая, что в проекте могут возникать множество рисков, продолжительность работы в общем случае показана на рис. 3.

Следует отметить что, если количество рисков ограничено и каждый риск влияет на одну работу, получение вероятностного распределения (рис. 3) не является сложным. Однако, риск возврата влияет на

комплекс работ, которые находятся в пути возврата. Поэтому в проектах разработки СТС, которые имеют значительное число данного вида риска, вычисление вероятностного распределения может быть достигнуто только посредством сложных математических моделей или имитационного моделирования с использованием специализированного ПО.

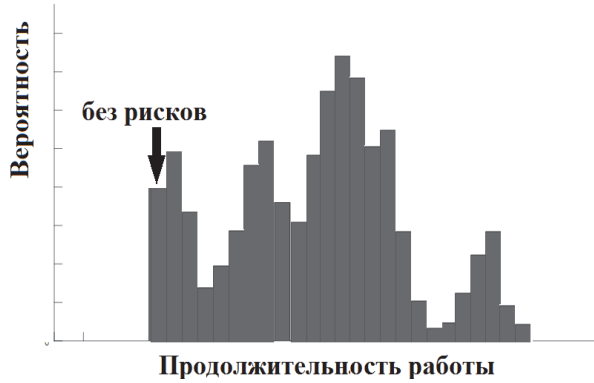


Рис. 3. Диаграмма продолжительности работы (множество рисков)

Кроме риска, еще один фактор влияет на прогнозирование времени и стоимости проекта. Этот фактор является неточностью оценки параметров работ. Де Мейер и др. [13] назвали данный аспект неопределенности “вариация” (variation). Для представления вариации широко используется метод PERT, в котором продолжительность или стоимость работ оцениваются тремя параметрами, т.е. оптимистичной (opt), пессимистичной (pes) и наиболее вероятной (mp) оценкой. Затем, продолжительность или стоимость работы рассчитывается по формуле:

$$t = \frac{t_{opt} + 4t_{mp} + t_{pes}}{6}. \quad (1)$$

Однако, оценка PERT (1) является одним особым случаем закона Бета-распределения и в общем случае, можно оценивать продолжительности и стоимости работ разными законами распределений. В области управления проектами, из разнообразных законов распределений, наиболее широко используемыми законами являются треугольный (закон Симсона), бета-распределение и нормальное распределение. Бета-распределение и треугольное распределение обычно используются для оценки отдельных работ, а нормальное распределение является следствием взаимодействия распределений работ в проекте [14].

На рис. 4 показан пример продолжительности одной работы, когда начальная оценка является треугольным распределением и результирующее распределение рассчитывается с учетом воздействия разных рисков.

Вероятность и функция распределения реализации проекта без учета и с учетом рисков, полу-

ченные в результате моделирования, представлены на рис. 5.

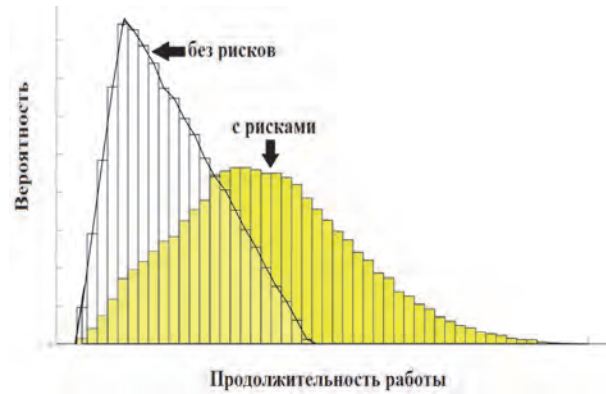


Рис. 4. Продолжительность работы с учетом вариации и рисков

Полученные результаты (рис. 5) позволяют сделать вывод, что чем выше вероятность корректного определения времени и стоимости реализации проекта, тем больше расстояние между значениями функции распределения на кривых срока либо стоимости без рисков и с рисками. Кроме того, прогнозирование времени и стоимости реализации проекта с учетом рисков является более неопределенной и сложной задачей.

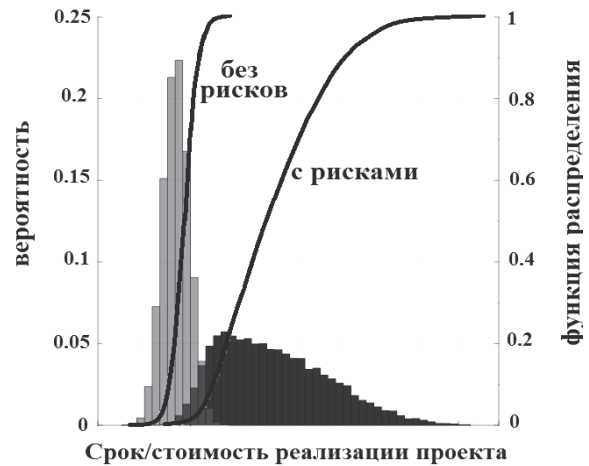


Рис. 5. Графики времени и стоимости реализации проекта без учета и с учетом рисков

С применением методов управления рисками, вероятности или последствия рисков снижаются. Поэтому ожидается, что график времени/стоимости реализации проекта (рис. 5) смещается влево. Чем ближе это смещение к левому графику, тем больше будет эффективность управления рисками.

3. Системный сценарий управления рисками при разработке СТС

На рис. 6 предложен системный сценарий управления рисками для нашей предметной области. В данном сценарии стандартная основа управления рисками сохранена и включает в себя три основных

этапа: идентификация рисков, оценка рисков и выбор мероприятий для реагирования на риски. Однако, в нем учтены особенности управления рисками нашей предметной области, которые были представлены в выводах введения статьи.

Наиболее важные характеристики основных компонентов данной модели следующие:

1. Для идентификации рисков существует ряд

методов и подходов. Автором в [15] описаны 20 методов в трех категориях, а именно: исторического обзора (прошлый опыт); текущей оценки (настоящее время) и творческих методов (будущее).

Учитывая характеристики предметной области, описанные в [10; 15], было предложено использование: методов экспертной оценки, контрольного списка и структуру разбиение рисков (CPP).

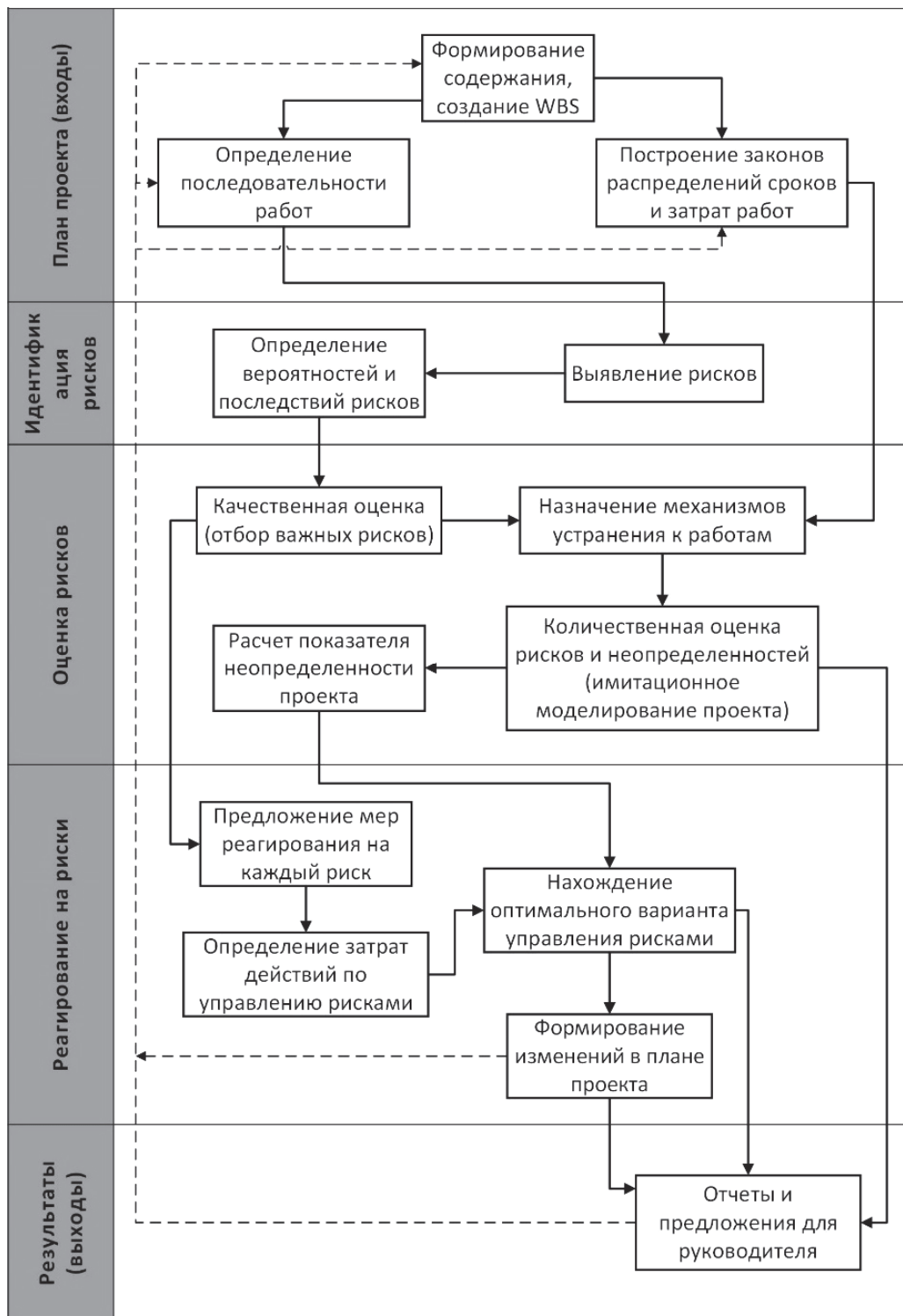


Рис. 6. Системный сценарий управления рисками при разработке СТС

2. При количественной оценке рисков (моделировании проекта) в отличие от существующего ПО, существует необходимость представления возвратов и моделирование проекта с учетом данного вида риска. Кроме того, ПО должно иметь возможность моделирования различных типов рисков, когда сроки и затраты работ определяются вероятностными законами. Из-за отсутствия ПО с указанными возможностями необходимо разработать собственную программу. Более того, ПО должно содержать инструмент, который может выполнять операции для учета необходимости повтора работ проекта. Автором был рассмотрен целый ряд методов моделирования проекта и рисков проекта [10]. Анализируя различные методы, можно сделать вывод, что из-за случайного характера основных факторов (рисков, сроков и стоимостей работ), подходящим методом для нашей проблемы является метод имитационного моделирования.

3. Показатель неопределенности проекта должен рассчитываться после моделирования проекта. Необходимо иметь возможность количественной оценки уровня неопределенности проекта в ходе его реализации, что позволяет измерять эффективность различных стратегий управления рисками. Качественная форма неопределенности и рисков в проекте показана на рис. 7 [9]. Показатель неопределенности, который планируется предложить, должен иметь форму аналогичную представленной на рис. 7.

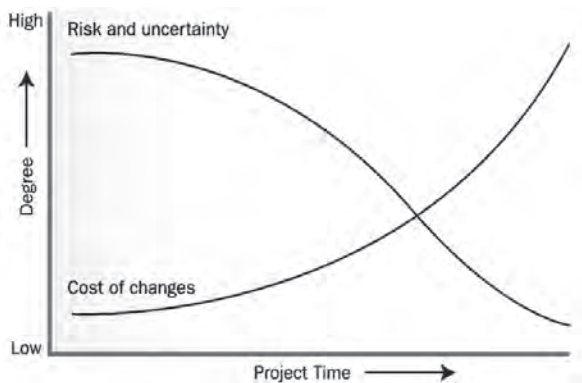


Рис. 7. Изменение неопределенности и рисков в проекте (PMВОК-2013)

4. Для выбора мероприятий по реагированию на риски необходимо решить проблему оптимизации поиска комбинации корректирующих мероприятий. Эта проблема представляет собой дискретную задачу оптимизации, целевая функция которой может минимизировать показатель неопределенности, продолжительность или стоимость реализации проекта. Выбор алгоритма оптимизации в основном зависит от количества комбинаций и объема задачи.

5. Отчеты, которые передаются руководителю проекта, помогут ему внести необходимые измене-

ния в первоначальный план проекта для реагирования на риски и снижения уровня неопределенности проекта. Следует отметить, что в ходе реализации проекта и после получения фактических данных о ходе выполнения проекта и возникновении рисков, соответствующие данные обновляются, и новые изменения утверждаются в плане проекта.

Выводы

В данной работе были исследованы основные характеристики проектов разработки СТС, а также анализ подходов и инструментальных средств для управления рисками данных проектов. В результате критического анализа представлены четыре основные задачи, связанные с особенностями управления рисками проектов разработки СТС и предложен системный сценарий для решения этих задач.

Использование предложенного автором сценария, в отличие от существующих подходов, позволяет менеджеру проекта более обосновано принимать решения при реализации проектов СТС посредством дальнейшей разработки и использования собственного ПО, которое способно:

- моделировать различные типы рисков проекта (особенно рисков возврата)
- выполнять количественную оценку изменений неопределенности проекта
- оценить эффективности мероприятий по управлению рисками.

Список литературы

1. Модификация метода мониторинга содержания проекта разработки сложной технической системы / Д.Н. Крицкий, О.К. Погудина, Е.А. Дружинин, А. Ченарани // Технологический аудит и резервы производства. – 2016. – № 3(1). – С. 51-59. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tatrv_2016_3%281%29_10
2. Kline S.J. A numerical measure for the complexity of systems: the concept and some implications. Report INN-5, / S.J. Kline // Thermosciences Division, Department of Mechanical Engineering, Stanford University: California, 1990.
3. Walker W. From components to integrated systems: Technological diversity and interactions between the military and civilian sectors // W. Walker, M. Graham, B. Harbor // The relations between defence and civil technologies. – 1988, Springer. – Pp. 17-37.
4. Hobday M. Product complexity, innovation and industrial organisation / M. Hobday // Research policy. – 1998. – Vol 26(6): p. 689-710.
5. Ren Y., Research challenges on complex product systems (CoPS) innovatio / Y.T. Ren, K.T. Yeo // Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineer. – 2006. – Vol. 23(6). – Pp. 519-529.
6. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: моногр. / А. Богуслаев, Ал.А. Олейник, Ан.А. Олейник, Д.В. Павленко, С.А. Субботин, 2009.
7. Проектирование авиационных газотурбинных двигателей: учебник для вузов. / А.М. Ахмедзянов. – М.: Машиностроение, 2000. – 454 с.

8. ОСТ, ОСТ 1 00188-89 Двигатели Газотурбинные Летательных Аппаратов- Номенклатура и стадии разработки документов. – 1989.

9. *Guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide 5th edition)*. – USA: PMI Standards Committee, 2013. – 589 p.

10. Ченарани А. Анализ подходов к управлению рисками проектов разработки сложной техники / А. Ченарани, Е.А. Дружинин, О.К. Погудина // Вестник Национального технического университета "ХПИ". Серия: Стратегическое управление, управление портфелями, программы и проектами. – 2016. – № 1. – С. 70-75. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vntux_ctr_2016_1_16

11. Chenarani A. *Simulating the impact of activity uncertainties and risk combinations in R&D projects* / A. Chenarani, E.A. Drughinin, D.N. Kritskiy // *Journal of engineering science and technology review*. – 2017. – Vol. 10(4). – Pp. 1-9.

12. Chenarani A. *A quantitative measure for evaluating project uncertainty under variation and risk effects (in press)* /

A. Chenarani, E.A. Drughinin // *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 2017.

13. De Meyer, A. *Managing project uncertainty: from variation to chaos* / A. De Meyer, C.H. Loch, M.T. Pich // *MIT Sloan Management Review*. – 2002. – Vol. 43(2). – Pp. 60-67.

14. Goodpasture J.C. *Quantitative methods in project management*. – 2003. – J. Ross Publishing.

15. Chenarani A. and E.A. Drughinin. (2016) *Analysis and selecting the appropriate technique for identifying risks of designing complex product systems // 18-th International conference on System Analysis and Information Technology SAIT 2016*. – Kyiv: Institute for Applied System Analysis of National Technical University of Ukraine "KPI."

Поступила в редколлегию 03.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. А.И. Тимочко, Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. И.Кожедуба, Харьков.

СИСТЕМНИЙ СЦЕНАРІЙ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРИ РОЗРОБЦІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Алі Ченарані

Розглянуто основні особливості проектів розробки складних технічних систем (СТС). Представлені важливі проблеми, які необхідно враховувати в процесі управління ризиками проектів розробки СТС. Проаналізовано існуючі підходи, стандарти, програмні засоби, а також можливість їх застосування в управлінні ризиками даної предметної області. Описано вплив ризиків на терміни та вартості робіт проекту, а потім представлений системний сценарій управління ризиками, який дозволяє менеджеру проекту більш обґрунтовано приймати рішення при реалізації проектів розробки СТС.

Ключові слова: управління проектами, системний сценарій, ризик проекту, невизначеність, складна технічна система

SYSTEM SCENARIO FOR RISK MANAGEMENT IN COMPLEX PRODUCT SYSTEMS (COPS) DEVELOPMENT PROJECTS

Ali Chenarani

The main features of complex product systems (CoPS) development projects are investigated. The important problems that need to be taken into account in the risk management process of these projects are presented. Existing approaches, standards and software tools, as well as the possibility of their application in managing the risks of this subject area are analyzed. The impact of risk events on duration and cost of project activities and the project as a whole is described. A system scenario for risk management of CoPS development projects is suggested, which allows the project manager to make decisions more reasonably when implementing CoPS development projects.

Keywords: project management, system scenario, project risk, uncertainty, complex product systems.