

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ С ЦЕЛЬЮ УСКОРЕНИЯ  
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ**

**Батьковский А.М.**

*доктор экономических наук, член-корреспондент,*

*Академия военных наук,*

*г. Москва, Россия*

**Леонов А.В.**

*доктор экономических наук, академик,*

*Академия военных наук,*

*г. Москва, Россия*

**Пронин А.Ю.**

*кандидат технических наук, профессор,*

*Академия военных наук,*

*г. Москва, Россия*

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы системного проектирования высокотехнологичной продукции. Исследована формальная логика системного проектирования и предложена комплексная модель его практического применения. Представлены результаты анализа процесса развития инструментария системного проектирования высокотехнологичной продукции российскими и зарубежными учеными. Совершенствование рассматриваемого инструментария позволяет существенно снизить затраты на создание и производство высокотехнологичной продукции путем перехода к проектированию целостной совокупности унифицированных изделий вместо обоснования характеристик и конструктивно-технологического облика их отдельных экземпляров.

**Ключевые слова:** методы, проектирование, высокотехнологичная продукция, управление, развитие.

***THE DEVELOPMENT OF METHODS FOR THE DESIGN OF HIGH-TECH  
PRODUCTS TO ACCELERATE INNOVATIVE DEVELOPMENT***

***Batkovsky A.M.***

*Doctor of Economics, corresponding member,*

*Academy of military Sciences,*

*Moscow, Russian Federation*

***Leonov A.V.***

*Doctor of Economics, academician,*

*Academy of military Sciences*

*Moscow, Russian Federation*

***Pronin A.Yu.***

*Candidate of technical Sciences, Professor,*

*Academy of military Sciences,*

*Moscow, Russian Federation*

**Annotation.** The article deals with the development of methods of system design of high-tech products. The formal logic of using system design is investigated and a complex model of its practical application is proposed. The results of the analysis of the development of tools for system design of high-tech products by Russian and foreign scientists are presented. Improvement of the considered tools can significantly reduce the cost of creation and production of high-tech products by moving to the design of an integrated set of unified products instead of substantiating the characteristics and design and technological appearance of their individual copies.

**Keywords:** methods, design, high-tech products, management, development.

Результаты проведенного анализа научных публикаций по рассматриваемой тематике показали, что к настоящему времени проблемы, связанные с проектированием высокотехнологичной продукции (ВТП), достаточно широко исследуются разными учеными [2; 8; 13;]. Причем во многих работах процесс проектирования высокотехнологичной продукции рассматривается как часть системы управления жизненным циклом продукции в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по ее созданию [4; 5]. В этих и ряде других работ установлено, что в отличие от традиционной схемы проектирование высокотехнологичной продукции имеет ряд отличительных особенностей, связанных с необходимостью проведения:

- научно-технических исследований по обоснованию требуемого уровня ее основных характеристик;

- анализа значительного числа возможных вариантов реализации отдельных функционально-технологических блоков для достижения требуемого уровня ее основных характеристик и их технико-экономической оценки с учетом возможности совместного использования новых и традиционных технологий [7].

При проектировании высокотехнологичной продукции необходимо иметь информацию, определяющую:

- на каком уровне готовности находятся технологии, положенные в основу ее создания;

- какие задачи должны решаться на плановом отрезке времени с использованием создаваемой продукции;

- способен ли существующий (альтернативный) вариант высокотехнологичной продукции решать аналогичные задачи;

- каковы должны быть характеристики перспективного изделия ВТП для решения поставленных задач с минимальными затратами на реализацию его жизненного цикла и каким образом их можно достичь – модернизацией существующего изделия или разработкой изделия нового поколения [12].

Указанная информация позволяет рассмотреть разные варианты, как разработки перспективного изделия нового поколения, так и модернизации существующего высокотехнологичного изделия. Многовариантность решения рассматриваемой проблемы обусловлена рядом обстоятельств и, прежде всего, практической потребностью проведения технико-экономических исследований при минимальном, как правило, объеме исходных данных. В этих условиях еще не обоснованы значения характеристик перспективного изделия высокотехнологичной продукции, но достоверно известно, что будет осуществляться его разработка с улучшенными характеристиками, в том числе за счет совместного использования новых и традиционных технологий. В результате этого планируется реализовать в перспективном изделии ВТП либо всю возможную совокупность новых научно-технических решений (научно-технический задел), либо часть из них. Такое положение имеет место при разработке долгосрочных планов создания высокотехнологичной продукции, а также в том случае, когда при разработке долгосрочных плановых документов не предъявляется жестких требований к значениям характеристик перспективного изделия ВТП, а известны только диапазоны их возможных значений. Таким образом, основой управления созданием высокотехнологичной продукции является технологическое проектирование, в ходе которого обосновывается рациональная совокупность функционально-технологических блоков, обеспечивающих требуемые уровни характеристик проектируемой продукции с учетом ее экономической оценки [6].

Ряд исследований в области проектирования высокотехнологичной продукции позволили установить, что в процессе выполнения этапов проекта по ее созданию существует определенная закономерность. В частности, выявлено, что статистическое распределение относительных объемов работ представляет собой логистическое распределение. Основные аспекты вероятностного описания процесса создания ВТП базируются на использовании логистической модели.

Данная модель в настоящее время рассматривается как одна из основных закономерностей экономической динамики создания высокотехнологичной продукции. Указанное распределение часто наблюдается в экономике, производстве, технике [1]. Оно используется при разработке оптимизационных моделей экономической динамики, постановок задач и математических методов их решения. Некоторыми отечественными авторами затронута важнейшая проблема оптимизации стратегии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области новых технологий, в частности энергообеспечения. Рассмотрены вопросы самоорганизации моделей экономической динамики, в частности индуктивный метод самоорганизации. Принцип самоорганизации моделей, лежащий в основе этого метода, утверждает, что оптимальная модель соответствует минимуму внешнего критерия. Многоуровневое моделирование позволяет решить проблему долгосрочного количественного прогноза развития высокотехнологичной продукции. Наибольший интерес представляют работы российских ученых, в которых исследованы следующие вопросы:

- тенденции развития CALS-технологий в производстве продукции различного назначения [3];
- динамическая модель управления качеством проектирования изделий в машиностроении [11];
- перспективы использования методов математического моделирования и цифрового проектирования в обеспечении управления жизненным циклом изделий [9];
- методические вопросы формирования стратегий продвижения ВТП;
- подходы к оценке эффективности инвестиционных проектов.

Разработка различных теоретических и методических подходов к проектированию высокотехнологичной продукции активно проводилась и в зарубежных странах. Наиболее значительный вклад в решение рассматриваемой проблемы внесли следующие исследователи, которые получили результаты исследований

по отдельным, перечисленным ниже вопросам:

- Calderon M., Salvatierra A., Ocano A., Roording, R. - обоснование принятия рациональных решений в процессе финансирования разработки высокотехнологичной продукции [19];

- Ely A., Van Zwanenberg P., Stirling A. - методические подходы к оценке и управлению затратами в процессе создания ВТП [21];

- Kamae I., Sugimoto T., Yamabe K. - теоретический подход к решению проблемы обоснования цены и контроля затрат в процессе разработки высокотехнологичной продукции с учетом необходимости обеспечения эффективности ее создания [23];

- Langdon M., Ma M., Wu P.C. – рассмотрены вопросы применения гибкой методологии разработки для ускорения и повышения эффективности инновационных разработок путем усиления вовлеченности и более эффективного использования креативного потенциала коллектива [24];

- Harris D., Villadsen B., Koble L. - проанализированы риски, сопряженные с регулятивным воздействием на отдельные отрасли и секторы экономики в долгосрочной перспективе, выявлены угрозы для экономических субъектов и предложены способы выявления, оценки и предотвращения возможных негативных последствий подобных воздействий [22];

- Christensen A., Clayton M. – осуществлен анализ объективных закономерностей инновационного развития как объективного исторического процесса и его влияния на деятельность субъектов экономической деятельности. Рассмотрен феномен «подрывных инноваций» и «закрывающих» технологий, способных оказать негативное воздействие на предприятия, занимающие лидирующее положение на момент их появления [20];

- Aramburu, N., Sáenz, J., and Blanco, C. – рассмотрены инновационные возможности и результаты деятельности предприятий, занятых производством высокотехнологичной продукции [15];

- Allen M., Carpenter C., Hutchins M., Jones G. – рассмотрено влияние управления рисками на стоимость проекта создания ВТП [14];

- Bertoni F, A. Croce and M. Guerini – рассмотрен механизм привлечения венчурного капитала и кривая инвестиций молодых компаний, занятых производством высокотехнологичной продукции [16];

- Biancardi M., Villani G. - рассмотрен метод Монте-Карло для оценки реальных опционов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы [18];

- Liu A., Wei F. – предложен метод динамической оценки проекта на основе новой шкалы лингвистической информации [25];

- Wang, J. – предложены подходы к оценке эффективности инновационных проектов в области высоких технологий с неопределенными лингвистическими переменными [26].

Однако, несмотря на широкий спектр отдельных вопросов, изученных в области проектирования, системная методология проектирования ВТП разработана российскими и зарубежными учеными недостаточно. Остаются нерешенными вопросы, связанные с обоснованием оптимальной номенклатуры и рациональных характеристик изделий ВТП, а также с анализом и оценкой возможностей унификации, обоснованием выбора рациональных вариантов конструктивно-технологического облика ее изделий. Основные проблемы системного проектирования: широкий спектр видов высокотехнологичной продукции, наличие большого количества параметров, влияющих на ее эффективность и стоимость их создания, необходимость выполнения широкого спектра задач с максимальной адаптацией к тем или иным условиям функционирования, наличие различных заказчиков, неопределенность значительного объема исходных данных и их достоверности системно не решены. Отмеченные обстоятельства обусловили необходимость совершенствования существующего инструментария проектирования изделий ВТП.

Проведенный анализ показал, что главными ограничениями в использовании рассмотренных подходов, являются: отраслевая ограниченность; необходимость адаптации под различные экономические реалии; ориентация на какой-либо один фактор создания высокотехнологичной продукции и продвижения ее на рынок; трудности с получением исходных данных и т.п. [17]. Данные ограничения существенно осложняют комплексную оценку возможности выполнения проектов по созданию ВТП в течение заданного времени, особенно в условиях риска.

Таким образом, инструментарий и модели проектирования высокотехнологичной продукции в достаточной мере и с системных позиций не были рассмотрены в отечественной и мировой научно-технической литературе. Поэтому выбор характеристик отдельных изделий ВТП осуществляется обычно путем оптимизации их параметров при решении отдельных управленческих задач.

Комплексная модель системного проектирования должна, с нашей точки зрения, включать в свой состав этапы технического и технологического проектирования. Основные этапы технического проектирования высокотехнологичной продукции представлены на рисунке 1.

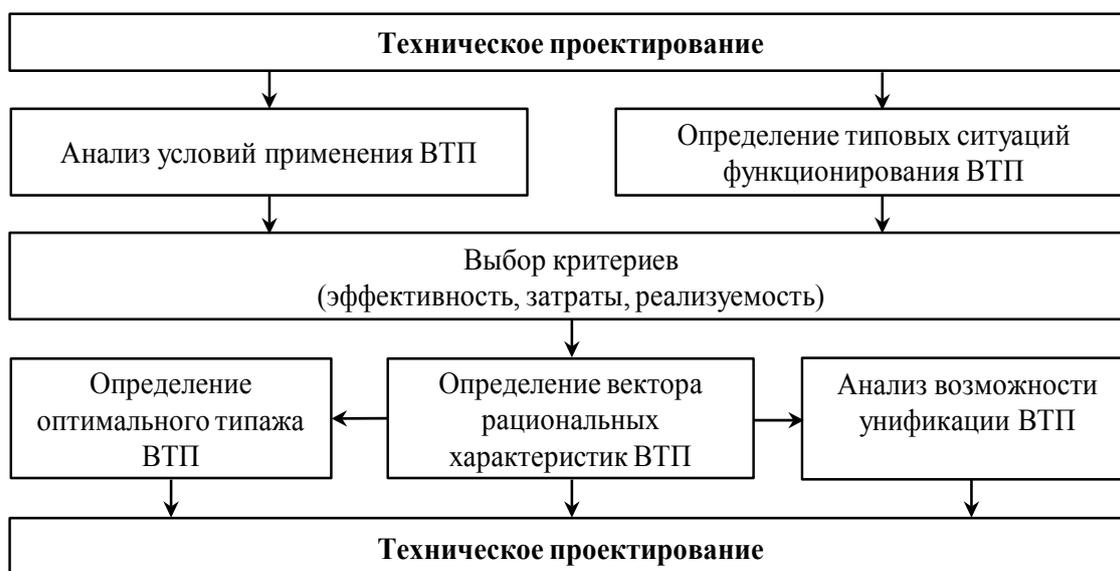


Рис. 1. Основные этапы технического проектирования

Представленные на рисунке 1 этапы технического проектирования относятся к внешнему проектированию. При его осуществлении проектирование отдельных изделий в общей совокупности высокотехнологичной продукции часто решается эвристически или на основе экспертных оценок.

Поэтому на этапе технологического проектирования целостной унифицированной совокупности изделий высокотехнологичной продукции должна быть обеспечена разработка конструктивной схемы изделий для различных условий их применения.

Основные этапы технологического проектирования, в частности переход от множества сбалансированных характеристик изделия высокотехнологичной продукции - к конкретному рациональному варианту конструктивно-технологической схемы построения изделия, показаны на рисунке 2.



Рис. 2. Важнейшие этапы технологического проектирования

Суть технологического проектирования заключается во внедрении и синергетическом объединении (компоновке) различных по назначению функционально-технологических блоков (подсистем, узлов, элементов) в единую конструктивно-технологическую схему - единую конструкцию изделия высокотехнологичной продукции. Процедура технологического проектирования содержит в качестве неизвестных параметров: типы и число функционально-технологических блоков, уровень их технологической проработки, синергетические связи между ними для достижения требуемых значений характеристик высокотехнологичной продукции.

Рассмотренный системный метод проектирования позволяет провести оценку влияния различных вариантов унификации, в том числе по интеграции различных составных частей (элементов), конструктивно-технологическому исполнению проектируемых изделий высокотехнологичной продукции на эффективность использования изделий по своему функциональному назначению. Таким образом, может быть определен выбор конкурентоспособных технических и технологических решений проектируемых изделий на основе комплексной модели ее системного проектирования, которая учитывает его технические и технологические этапы (рисунок 3).



Рис. 3. Комплексная модель системного проектирования высокотехнологичной продукции

В основу комплексной модели положены требования заказчиков к высокотехнологичной продукции, цели и задачи их создания.

С учетом рассмотренных особенностей технического и технологического проектирования, а также оценки эффективности мероприятий по унификации, предлагается алгоритм практического использования комплексной модели системного проектирования высокотехнологичной продукции (рисунок 4).

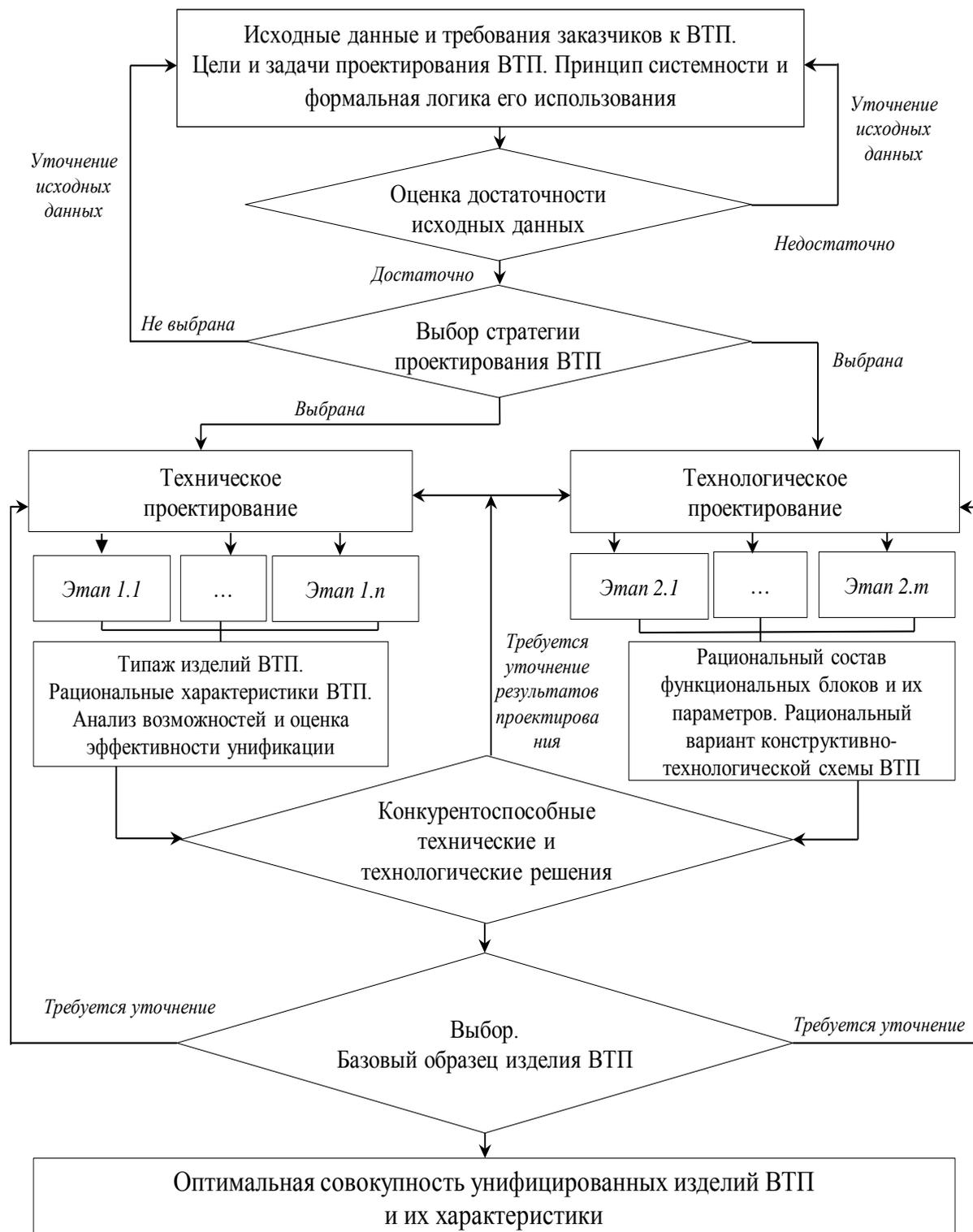


Рис. 4. Алгоритм практического использования комплексной модели системного проектирования высокотехнологичной продукции

Реализация представленного алгоритма позволяет определить:

1. На этапе технического проектирования:

- типаж изделий высокотехнологичной продукции;
- рациональные характеристики изделий;
- возможности унификации по повышению эффективности изделий или

снижению затрат на их создание.

2. На этапах технологического проектирования:

- рациональный состав функционально-технологических блоков и их параметров;

- рациональный вариант конструктивно-технологической схемы изделия высокотехнологичной продукции;

- возможности унификации по повышению эффективности изделия или снижению затрат на его создание (внутривидовая унификация).

На основе выбора конкурентоспособных технических и технологических решений разрабатывается базовый образец изделия и оптимальная совокупность таких изделий. Таким образом, предложенная комплексная модель направлена на технико-экономическое обоснование требуемых значений показателей и может найти широкое применение в различных отраслях российской экономики.

***Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ, в рамках научного проекта № 18-00-00012 (18-00-00008) КОМФИ.***

**Библиографический список:**

1. Авдонин Б.Н. Развитие инструментария оценки финансовой устойчивости предприятий оборонно-промышленного комплекса / Б.Н. Авдонин, А.М. Батьковский, К.Н. Мингалиев, М.А. Батьковский // Международный бухгалтерский учет. – 2014. – № 11 (305). – С. 55–66.

2. Авдонин Б.Н. Оптимизация управления развитием оборонно-промышленного комплекса в современных условиях / Б.Н. Авдонин, А.М. Батьковский, Е.Ю. Хрусталеv // Электронная промышленность. – 2014. – №3. – С. 48-58.

3. Алиева Е.В. Cals-технологии, внедрение case-технологий в производство

/ Е.В. Алиева // NovaInfo. – 2017. – № 58. – Т.5. – С. 61-68.

4. Астахов С.А. Организация управления процессами жизненного цикла изделий узкоспециализированных предприятий / С.А. Астахов, А.Н. Ширяев, А.А. Воробьёв // Тренды и управление. – 2015. – № 4. – С. 423-432.

5. Байкин В.А. Формализация технологических процедур контроля жизненного цикла сложной инженерно-технической системы / В.А. Байкин, А.Н. Стецюк // Программные системы и вычислительные методы. – 2015. – № 1. – С. 52-58.

6. Батьковский А.М. Оценка экономической устойчивости предприятий оборонно-промышленного комплекса / А.М. Батьковский, М.А. Батьковский, С.В. Гордейко, А.П. Мерзлякова // Аудит и финансовый анализ. – 2011. – № 6. – С. 120-126.

7. Батьковский А.М. Оценка инновационных стратегий предприятия / А.М. Батьковский, А.П. Мерзлякова // Вопросы инновационной экономики. – 2011. – № 7. – С. 10-17.

8. Бородакий Ю.В. Моделирование процесса разработки наукоемкой продукции в оборонно-промышленном комплексе / Ю.В. Бородакий, Б.Н. Авдонин, А.М. Батьковский, П.В. Кравчук // Вопросы радиоэлектроники, серия Электронная вычислительная техника (ЭВТ). – 2014 – № 2. – С. 21-34.

9. Гораева Т. Методика формирования стратегии продвижения высокотехнологичной продукции / Т. Гораева // Наука и инновации. Национальная академия наук Беларуси. – 2015. – № 12(154). – С. 52-56.

10. Казанская Г.Н. Стандартизация – основа качества продукции / Г.Н. Казанская, Т.В. Паленова // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 5 (ч.1) (58-1). – С. 846-849.

11. Новиков С.В. Методика оценки поставщиков научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в закупочной деятельности / С.В. Новиков // Дискуссия. – 2018. – № 4 (89). – С. 32-37.

12. Панов А.Ю. Динамическая модель управления качеством проектирования изделий машиностроения / А.Ю. Панов, М.С. Трофимова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2017. – №. 24. – С. 91-104.
13. Соболев А.А. Управление жизненным циклом сложных систем в контексте системного инжиниринга / А.А. Соболев, В.И. Соловьев // Инновации в жизнь. – 2017. – № 2 (21). – С. 137-174.
14. Allen M. Impact of Risk Management on Project Cost: An Industry Comparison / M. Allen, C. Carpenter, M. Hutchins, G. Jones // Journal of Information Technology & Economic Development, 2015, vol. 6, no. 2, pp. 1-19.
15. Aramburu N. Structural capital, innovation capability, and company performance in technology-based colombian firms / N. Aramburu, J. Sáenz, C. Blanco // Instituto de Economía Aplicada a la Empresa (IEAE) in Cuadernos de Gestión, 2015, no. 15, pp. 39-60.
16. Bertoni F. Venture capital and the investment curve of young high-tech companies / F. Bertoni, A. Croce, M. Guerini // Journal of Corporate Finance, 2015, no. 35, pp.159-176.
17. Bessant J. Crisis-driven innovation: the case of humanitarian innovation / J. Bessant, A. Trifilova, H. Rush // International journal of innovation management, 2015, no. 19(06).
18. Biancardi M. Robust Monte Carlo Method for R&D Real Options Valuation / M. Biancardi, G. Villani // Computational Economics, 2017, vol. 49, iss. 3, pp. 481-498.
19. Calderon M. The New Technology Cost-Effectiveness Checklist: Introducing A Practical Guideline For The Selection Of Health Technologies / M. Calderon, A. Salvatierra Ocano, R. Roording // Value in Health, November, 2015, vol. 18, iss. 7, p. A569.

20. Christensen A. The innovator's dilemma (1st ed.). / A. Christensen, M. Clayton. Boston, Mass.: Harvard Business Review Press, 2016, 239 p.
21. Ely A. Broadening out and opening up technology assessment: Approaches to enhance international development, co-ordination and democratisation / A. Ely, P. Van Zwanenberg, A. Stirling // Research Policy, April, 2014, vol. 43, iss. 3, pp. 505–518.
22. Harris D. Risk And Return For Regulated Industries (1st Ed.). / D. Harris, B. Villadsen, L. Koble Elsevier Academic Press, 2017, 354 p.
23. Kamae I. Value-Based Pricing Scheme for new Technology in Consideration of Cost-Effectiveness Dominance to the Control / I. Kamae, T. Sugimoto, K. Yamabe // Value in Health, November, 2015, vol. 18, iss. 7, p. A732.
24. Langdon M. Agile Innovation: The Revolutionary Approach to Accelerate Success, Inspire Engagement, and Ignite Creativity. / M. Langdon, M. Ma, P.C. Wu. John Wiley & Sons, 2014, 400 p.
25. Liu A. Research on Method of Dynamic Risk Evaluation of R&D Project Based on New Evaluation Scale of Linguistic Information / A. Liu, F. Wei // Journal of Convergence Information Technology, 2012, vol. 7, no. 10, pp. 34-40.
26. Wang J. Study of High-New Technology Innovation Project Performance Evaluation with Uncertain Linguistic Variables / J. Wang // JDCTA, 2016, no. 6(11), pp. 321-327.

*Оригинальность 95%*