

## Методология и практический инструментарий цифровой трансформации высокотехнологичных предприятий

Марина Михайловна Батова<sup>1</sup>, Ирина Вячеславовна Баранова<sup>2</sup>,  
Сергей Васильевич Майоров<sup>3</sup>, Олег Владимирович Коробченко<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Военный университет Министерства обороны Российской Федерации, Москва, Россия  
123001, г. Москва, ул. Б. Садовая, д. 14

<sup>2</sup> Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва, Россия  
119571, г. Москва, проспект Вернадского, д. 82

<sup>3</sup> Машиностроительный кластер Республики Татарстан, Набережные Челны, Республика Татарстан, Россия  
423810, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, бульвар Академика Рубаненко, д. 12

<sup>4</sup> Группа компаний «Кориб», Набережные Челны, Республика Татарстан, Россия  
423810, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, Индустриальный проезд, д. 55

E-mail: batova\_m\_m@mail.ru, yar.baranow@gmail.com, mayorov@chelny-invest.ru, okulakov@korib.ru

### Аннотация

**Цель.** Разработка методологии и практического инструментария эффективной цифровой трансформации высокотехнологичных предприятий, в связи с чем предложена концепция трансформации предприятия путем проведения инновационной модернизации, затрагивающей изменение продуктов, технологических операций и организационно-производственных структур. Для достижения цели решен ряд задач, включая разработку оригинальных экономико-математических моделей, описывающих изменение функциональных бизнес-стратегий высокотехнологичного предприятия; выбор и формализацию переменных модели; разработку методик организационного проектирования гибких роботизированных структур и моделей определения параметров гибкости и производительности роботизированной структуры; разработку программного обеспечения процессов цифровой трансформации.

**Методы или методология проведения работы.** При подготовке статьи использованы методы теории систем, управления проектами инновационной направленности, математического моделирования и ряд других методов.

**Результаты работы.** Разработана совокупность информационных систем поддержки принятия решений в сферах проектной и экономической деятельности высокотехнологичного предприятия. Проектирование подобных систем обусловлено, во-первых, необходимостью трансформации традиционных информационных технологий, использовавшихся в практике деятельности высокотехнологичного предприятия, в цифровые информационные технологии; во-вторых, потребностью высокотехнологичного предприятия в оригинальных прикладных программных приложениях, обеспечивающих решение инновационных и экономических задач с учетом его специфики.

Для этого выполнен анализ и предложены модели сбора и хранения данных при решении задач информационного обеспечения экономической деятельности высокотехнологичного предприятия. Показана возможность применения консистентной модели данных при организации управления дебиторской и кредиторской задолженностью. Разработано кроссплатформенное программное обеспечение системы поддержки принимаемых высокотехнологичным предприятием решений и реализован удобный пользовательский интерфейс.

**Выводы.** Информационные системы целесообразно создавать как иерархические структуры, охватывающие стратегический, тактический и оперативный уровни управления. Для приведения в соответствие уровня автоматизации управляющей и производственной подсистем в создаваемые производственные звенья необходимо интегрировать промышленную робототехнику.

**Ключевые слова:** высокотехнологичное предприятие, инновационная деятельность, информационная система, кроссплатформенность, математическая модель, поддержка принятия решений



**Благодарность.** Авторы выражают благодарность и глубокую признательность д.э.н., профессору Баранову Вячеславу Викторовичу за советы и ценные замечания при работе над данной статьей.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Батова М. М., Баранова И. В., Майоров С. В., Коробченко О. В. Методология и практический инструментарий цифровой трансформации высокотехнологичных предприятий // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2019. Т. 10. № 4. С. 543–560. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2019.10.4.543-560>

© Батова М. М., Баранова И. В., Майоров С. В., Коробченко О. В., 2019

---

---

## Methodology and Practical Tools for Digital Transformation of High-tech Enterprises

Marina M. Batova<sup>1</sup>, Irina V. Baranova<sup>2</sup>,  
Sergey V. Mayorov<sup>3</sup>, Oleg V. Korobchenko<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Military University of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation  
14, Bolshaya Sadovaya str., Moscow, 123001

<sup>2</sup> Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russian Federation  
82, Vernadskogo Av., Moscow, 119571

<sup>3</sup> Mechanical Engineering Cluster of the Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny, Republic of Tatarstan, Russian Federation  
12, Academician Rubanenko str., Naberezhnye Chelny, Republic of Tatarstan, 423810

<sup>4</sup> Korib Group of Companies, Naberezhnye Chelny, Republic of Tatarstan, Russian Federation  
55, Industrial travel, Naberezhnye Chelny, Republic of Tatarstan, 423810

E-mail: batova\_m\_m@mail.ru, yar.baranow@gmail.com, mayorov@chelny-invest.ru, okulakov@korib.ru

---

---

### Abstract

**Purpose:** the aim of the article is to develop a methodology and practical tools for effective digital transformation of high-tech enterprises. To achieve this goal, a concept of enterprise transformation by means of innovative modernization, affecting changes in products, technological operations and organizational and production structures, was developed. For this, a number of tasks were solved, including the development of original economic and mathematical models that describe the change in the functional business strategies of a high-tech enterprise; selection and formalization of model variables; development of organizational design methods for flexible robotic structures and models for determining the parameters of flexibility and productivity of a robotic structure; software development of digital transformation processes.

**Methods:** in preparing the article, methods of systems theory, project management of an innovative focus, mathematical modeling and a number of other methods were used.

**Results:** a set of information systems for decision support in the areas of design and economic activities of a high-tech enterprise has been developed. The design of such systems was due to a number of circumstances. Firstly, the need to transform traditional information technologies used in the practice of a high-tech enterprise into digital information technologies. Secondly, the need for a high-tech enterprise in original applied software applications that provide solutions to innovative and economic problems, taking into account the specifics of the enterprise.

To do this, an analysis was performed and models of data collection and storage were proposed for solving the problems of information support of the economic activity of a high-tech enterprise. The possibility of using a consistent data model in organizing the management of receivables and payables is shown. Cross-platform software was developed for the support system for decisions made by a high-tech enterprise, and a convenient user interface was implemented.

**Conclusions and Relevance:** the study showed that it is advisable to create information systems as hierarchical structures covering the strategic, tactical and operational levels of management. In order to bring the automation level of the control and production subsystems into conformity, industrial robotics must be integrated into the created production links.

**Keywords:** high-tech enterprise, innovation, information system, cross-platform, mathematical model, decision support

**Acknowledgments.** The authors are grateful and deep gratitude to Doctor of Economics, Professor Vyacheslav V. Baranov for advice and valuable comments when working on this article.

**Conflict of Interest.** The Authors declare that there is no Conflict of Interest.

**For citation:** Batova M. M., Baranova I. V., Mayorov S. V., Korobchenko O. V. Methodology and Practical Tools for Digital Transformation of High-tech Enterprises. *MIR (Modernizatsiia. Innovatsii. Razvitie) = MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2019; 10(4):543–560 (In Russ.) <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2019.10.4.543-560>

## Введение

Высокотехнологичные предприятия, играя ключевую роль в цифровой экономике, сталкиваются с необходимостью принятия сложных управленческих решений в различных сферах деятельности, включая инновационную сферу. Поэтому возрастает актуальность информационной поддержки принятия решений. Использование информационных систем поддержки решения экономических задач позволит выбрать наилучший вариант решения в условиях турбулентности внешней среды и неопределенности результатов инновационной деятельности.

Однако в современных условиях именно инновации определяют успех в конкурентной борьбе. Инновационная деятельность, охватывая научные исследования и разработки в сфере создания продуктовых и процессных инноваций, новых организационно-производственных структур, выпуск продуктовых инноваций, трансформируется в совокупность науко- и капиталоемких инвестиционных проектов. Реализуя подобные проекты, высокотехнологичные предприятия решают различные экономические задачи, например, организуют управление финансовыми потоками, обеспечивая эффективность проекта. Формирование положительных значений чистых денежных потоков предполагает управление сделками, в которых участвует высокотехнологичное предприятие, взаимодействуя с поставщиками ресурсов и потребителями продуктовых инноваций. В этой связи актуализируется задача управления дебиторской и кредиторской задолженностью с целью обеспечения положительного значения чистого оборотного капитала, достаточность которого определяет параметры текущей платежеспособности высокотехнологичного предприятия.

Переход к цифровой экономике обуславливает необходимость цифровой трансформации высокотехнологичных предприятий. Цифровая трансформация, основу которой составляют информационные технологии и роботизация производства, реализуется путем реинжиниринга бизнес-стратегии высокотехнологичного предприятия и формирования единого информационного пространства. Цифровая трансформация способствует увеличению доли информационно-интеллектуальных активов в имущественном потенциале высокотехнологичного предприятия, росту его фундаментальной стоимости.

В статье рассматривается задача выбора наилучшего варианта инновационной стратегии, в основе которой лежит возможность реализации высокотехнологичным предприятием одного или нескольких проектов. В качестве критерия выбора используется максимум чистого дисконтированно-

го дохода, формирующегося как совокупность потоков денежных средств.

При решении задачи учитывалось, что в современных условиях значимым фактором эффективности выступает кастомизация. Это предполагает диверсификацию поставок ресурсов, производства и сбыта продуктовых инноваций. Поэтому становится актуальным создание и интеграция в информационную систему моделей поддержки принятия решений, отражающих процессы сбора и хранения данных о поставщиках ресурсов и потребителях продуктовых инноваций. Решение подобных задач предполагает организацию эффективного управления дебиторской и кредиторской задолженностью.

**Обзор литературы и исследований.** Проблематика разработки методологии и выбора практических инструментов цифровой трансформации предприятий все чаще становится предметом обсуждения и научных дискуссий на различных уровнях. Многие исследователи отмечают, что в современных условиях на результаты деятельности высокотехнологичного предприятия оказывает влияние большое число факторов [1–5]. С одной стороны, современный потребитель предъявляет высокие требования к качеству продуктовых инноваций и срокам их поставки. Для этого необходимо строгое соблюдение технологических и организационных стандартов производства. С другой стороны, деятельность высокотехнологичного предприятия протекает во внешней среде с высоким уровнем неопределенности и характеризуется воздействием значительного числа возмущающих факторов. Менеджмент высокотехнологичного предприятия, принимая управленческие решения, сталкивается с необходимостью обработки больших массивов данных, которые не всегда структурированы, достоверны и согласованы. Вручную обрабатывать такие массивы практически невозможно. На наличие подобных проблем у современных промышленных предприятий указывают, в частности, А.В. Остроух и А.Б. Николаев [6].

Поэтому, как отмечается в работах [5, 7–9], необходимо создание единого информационного пространства предприятия, где будут функционировать интегрированные информационные системы. В подобной среде согласованность функционирования звеньев высокотехнологичного предприятия достигается созданием иерархических структур управления, объединяющих:

- компьютерные методы и инструменты, обеспечивающие перевод информации в человекочитаемую форму и интеллектуальный анализ данных (Business Intelligence – BI) [10];
- BPM-системы (Business Process Management – BPM), реализующие концепцию процессного

управления, в которой бизнес-процессы рассматриваются как особый ресурс предприятия [11];

- ERP-системы (Enterprise Resource Planning), интегрирующие стратегии управления производством, интеллектуальными, финансовыми и материальными активами высокотехнологичного предприятия [12–14];
- MES-системы (Manufacturing Execution System), позволяющие эффективно решать задачи оперативно-календарного планирования [15];
- АСУТП (автоматизированные системы управления технологическими процессами), дающие возможность автоматизировать управление технологическими процессами.

В этой структуре ERP-системы, как указывает Д. О'Лири (D. O'Leary) [14], обеспечивают эффективность управления на стратегическом уровне, осуществляя реализацию функциональных стратегий предприятия как единой системы. В первую очередь это касается логистики, финансов, интеллектуального капитала. Использование ERP-систем оптимизирует ресурсное обеспечение предприятия. Аналитическая обработка данных в ERP-системах ведется с использованием технологий интерактивной аналитической обработки (OnLine Analytical Processing – OLAP), на что обращает внимание К.Дж. Сис с соавторами [10]. Эти технологии обеспечивают подготовку агрегированной информации на основе больших массивов данных. OLAP-технологии являются компонентами программных решений класса Business Intelligence и реализуются высокотехнологичным предприятием на основе автоматизированных BI-систем (Business Intelligence).

Эффективное управление на производственном уровне высокотехнологичного предприятия обеспечивается MES-системами, реализующими широкий спектр функций, начиная от формирования заказа и заканчивая выпуском продуктовых инноваций, на что указывают в своей работе Е.Б. Андреев, И.В. Куцевич и Н.А. Куцевич [15]. Использование подобного класса систем дает возможность решать задачи оперативно-календарного управления: планирование производственных процессов, их документирование, оптимизация, контроль, синхронизация технологических операций, координация объемов выпуска и сбыта. MES-система, являясь составляющей интегрированной информационно-вычислительной системы, дает возможность в режиме реального времени эффективно управлять производственными ресурсами, повышая результативность деятельности высокотехнологичного предприятия.

Интеграция MES-систем в цифровое пространство высокотехнологичного предприятия генерирует ряд конкурентных преимуществ. В частности, такие

свойства MES-системы, как быстрое реагирование на отклонения параметров процесса от стандартных значений, наличие математического инструментария минимизации отклонений в расписании выполнения работ, позволяют минимизировать длительность производственного цикла и себестоимость продуктовых инноваций. Наличие подобных преимуществ у MES-систем отмечает St. Bell [12].

ERP-система формирует стратегию выполнения портфеля заказов высокотехнологичного предприятия, устанавливая объемы и предельные сроки выпуска продуктовых инноваций, а MES-система – тактику управления производством продуктовых инноваций, реализуя при этом функцию мониторинга производственного процесса. В высокоавтоматизированном производстве MES-система становится ядром интеграции информационных бизнес-процессов. В первую очередь это касается взаимодействия с различными системами [16], например, с системами, обеспечивающими планирование цепочек поставок ресурсов (SCM-системы), продаж продуктовых инноваций и управления сервисом (SSM-системы), а также с рядом других систем. Взаимодействуя с АСУТП, MES-система, обеспечивая мониторинг технологических процессов, позволяет выявить ключевые точки формирования качества продуктовых инноваций.

Создание вертикально интегрированных информационных структур, информатизация бизнес-процессов высокотехнологичного предприятия диктуют необходимость приведения в соответствие уровня автоматизации управляющей и производственной подсистем. Это достигается путем интеграции в производственную систему высокотехнологичного предприятия промышленной робототехники [17], например, мобильных интеллектуальных роботов, так называемых коллаборативных роботов [18]. В мировой практике роботизации они воплощают новую концепцию организации роботизированных производств, формируя новые взаимоотношения в производственной системе.

Человеко-машинная система, за счет наличия в ней высокоавтоматизированного оборудования, промышленной робототехники, интеллектуального интерфейса, обеспечивающего диалоговое управление системой, начинает функционировать на основе партнерства человека и робота. Однако введение в систему робототехники влияет на коэффициенты загрузки элементов системы, ее гибкость и производительность. На эту особенность роботизированных организационно-производственных структур указывается в ряде работ, в частности, в работах [1, 2]. Поэтому возникает задача выбора оптимального соотношения между

гибкостью и производительностью роботизированных структур, созданных в процессе цифровой трансформации высокотехнологичного предприятия.

**Материалы и методы.** В статье использованы теоретические положения концепции управления сложными организационно-техническими системами, включая методологию построения сложных организационно-производственных систем, управления проектами инновационной направленности и математического моделирования бизнес-процессов.

При разработке методологии и практического инструментария цифровой трансформации авторы исходили из того, что высокотехнологичные предприятия, обладая высоким инновационным, производственным и интеллектуальным потенциалом, наиболее восприимчивы к цифровой трансформации, затрагивающей все аспекты бизнес-деятельности предприятия и требующей внесения коренных изменений в технологии, организационную культуру, процессы создания новых продуктов и сбыта продуктовых инноваций.

Позиция авторов базировалась на двух предположениях. Во-первых, высокотехнологичное предприятие, располагая капиталом и обладая соответствующей материально-технической базой, может реализовать предложенные концепцию и практический инструментарий цифровой трансформации без привлечения значительных объемов дополнительных ресурсов. Во-вторых, персонал предприятия, имея высокий уровень знаний и базовых цифровых компетенций, сможет с минимальными затратами времени реализовать стратегию инновационной модернизации и освоить предложенную в ее рамках информационную систему поддержки принятия решений в сфере решения инновационных и экономических задач.

### Результаты исследований

При проектировании роботизированных производственных структур возникла необходимость формирования базы знаний об информационных продуктах, обеспечивающих автоматизированный выбор наилучшего варианта решения. Для высокотехнологичного предприятия становится актуальным создание модели интеллектуального пространства, являющегося частью единого информационного пространства предприятия [9]. Подобная модель должна адекватно отражать знания о процессах, протекающих в сфере проектного управления, создания роботизированных структур и т.д.

Для этого нами выполнена систематизация знаний в таких предметных областях, как разработка информационных систем выбора наилучшего варианта проекта, математическое моделирова-

ние стратегии развития предприятия, управление инновациями и проектами, организационное проектирование. Создана база знаний об имеющихся на российском рынке информационных системах, использующихся для решения задач автоматизированного выбора наилучшего варианта проектного решения. Эта база охватывает зарубежные (Microsoft Project, Welcom, Oracle Primavera, COMFAR и PROPSPIN) и российские (Project Expert, Альт-Инвест, ТЭО-Инвест, Spider Project, ELMA Проекты+, Advanta, Инвест-Проект, FOCCAL и ИНВЕСТОР) программные решения [19–22]. Изучение сформированной базы знаний показало, что эти программные пакеты могут быть использованы для расчета финансово-экономических показателей, на основе которых принимается решение о выборе наилучшего варианта проекта.

В результате анализа включенных в базу знаний программных продуктов был сделан вывод, что существующие разработки не позволяют высокотехнологичному предприятию решать задачи автоматизированного выбора наилучшей стратегии, детально отражающей процессы информатизации и роботизации. В математических моделях, положенных в основу информационной системы поддержки принятия решения, эти аспекты должны быть детализированы на уровне переменных модели [23]. Включенные в базу знаний программные продукты не учитывают в полной мере инновационную специфику развития высокотехнологичного предприятия в условиях цифровой трансформации [24].

Это существенный недостаток присутствующих на рынке программных продуктов, поскольку, во-первых, информатизация и роботизация являются ключевыми аспектами цифровой трансформации предприятия, а во-вторых, детализация модели дает возможность, исследуя ее чувствительность, выявить ключевые факторы эффективного развития высокотехнологичного предприятия.

Кроме того, в существующих программных продуктах недостаточно отражена специфика формирования структуры инвестиционных ресурсов. Для инновационных проектов подобная специфика состоит в ориентации на привлечение спектра финансовых инструментов рынка капитала (эмиссия ценных бумаг, лизинговые и лицензионные соглашения, различные формы государственной поддержки и т.д.). Все эти инструменты, характеризующаясь соответствующими затратами на привлечение, влияют на средневзвешенную стоимость капитала (Weighted Average Cost of Capital – WACC) и эффективность инвестирования средств в развитие высокотехнологичного предприятия.

Поэтому разработке прикладной автоматизированной информационной системы, обеспечивающей

поддержку принимаемых менеджментом высокотехнологического предприятия экономических решений, должно предшествовать математическое моделирование с достаточно высоким уровнем детализации переменных создаваемых роботизированных структур. С точки зрения инновационного менеджмента эти структуры рассматриваются, как организационно-управленческие инновации [25], способствуя возникновению на уровне высокотехнологического предприятия эффекта синергии [16].

Оценивание результатов моделирования должно быть ориентировано на общепринятые критерии. Так, например, при расчете чистого дисконтированного дохода критериальная оценка состоит в выборе варианта, обеспечивающего неотрицательное значение показателя. При наличии нескольких вариантов наилучшее решение выбирается по критерию максимума чистого дискон-

тированного дохода (при условии, что по каждому из оцениваемых вариантов достигается неотрицательное значение данного показателя). Подобные подходы в работе [16] положены в основу оценки эффекта синергии, образующегося в результате реализации проектов в цифровой среде.

Для целей выбора наилучшего варианта развития высокотехнологического предприятия необходимо построение соответствующей математической модели. Построенная нами модель ориентирована на расчет и оценку чистых потоков денежных средств по видам деятельности высокотехнологического предприятия (операционной, инвестиционной и финансовой). При этом задачу управления чистыми денежными потоками и выбора наилучшего варианта проекта предлагается решать в следующей последовательности. Сначала выполняется описание переменных модели, на что указано в табл. 1.

Таблица 1

Описание переменных модели проекта, реализуемого высокотехнологичным предприятием

Table 1

Description of project model variables implemented by a high-tech enterprise

№ п/п	Наименование переменной	Обозначение переменной
Жизненный цикл проекта		
1.	Номер расчетного шага проекта	$t$
2.	Продолжительность жизненного цикла проекта	$T$
Продуктовые инновации		
3.	Номер позиции в номенклатуре продуктовых инноваций	$i$
4.	Количество наименований продуктовых инноваций	$I$
5.	Объемы выпуска продуктовых инноваций $i$ -го наименования на $t$ -м шаге реализации проекта	$Q_{it}$
6.	Суммарный объем выпуска по всему ассортименту продуктовых инноваций, включенных в программу производства на $t$ -м шаге реализации проекта	$Q_t$
7.	Цена реализации продуктовых инноваций $i$ -го наименования на $t$ -м шаге реализации проекта	$\Pi_{it}$
8.	Выручка от реализации продуктовых инноваций $i$ -го наименования на $t$ -м шаге реализации проекта	$B_{it}$
Структура продуктовой инновации		
9.	Индекс группы элементов в структуре продуктовой инновации	$g$
10.	Количество групп элементов в структуре продуктовой инновации	$G$
Оборудование		
11.	Номер группы оборудования	$j$
12.	Количество групп оборудования	$J$
13.	Уровень автоматизации $j$ -й группы оборудования	$R_j$
14.	Количество потенциально возможных уровней автоматизации $j$ -й группы оборудования	$R_j$
15.	Фонд времени группы оборудования с $r$ -м уровнем автоматизации на $t$ -м шаге реализации проекта	$F_{rt}$
16.	Имеющееся количество оборудования $j$ -й группы с $r$ -м уровнем автоматизации на $t$ -м шаге реализации проекта	$Y_{jrt}$
17.	Необходимое количество оборудования $j$ -й группы с $r$ -м уровнем автоматизации на $t$ -м шаге реализации проекта	$y_{jrt}$
18.	Усредненное значение такта работы оборудования	$\gamma$
19.	Суммарное время переналадки оборудования и робототехники на производство $i$ -й продуктовой инновации на $t$ -м шаге реализации проекта	$T_{it}^n$

Окончание таблицы 1

End of table 1

№ п/п	Наименование переменной	Обозначение переменной
Процессные инновации		
20.	Номер варианта обработки группы продуктовых инноваций	$k$
21.	Количество вариантов обработки группы продуктовых инноваций	$Kg$
Производственные площади		
22.	Площадь, занимаемая элементом оборудования $j$ -й группы с $r$ -м уровнем автоматизации (с учетом площади, занимаемой роботом)	$s_{jr}$
23.	Имеющаяся в распоряжении предприятия производственная площадь	$S^u$
24.	Необходимая предприятию величина производственной площади	$S^h$
Организационно-производственная структура в целом		
25.	Коэффициент гибкости на $t$ -м шаге реализации проекта	$k_t^r$
26.	Коэффициент производительности на $t$ -м шаге реализации проекта	$k_t^n$
Себестоимость изготовления продуктовых инноваций		
27.	Затраты на материалы в расчете на единицу продуктовой инновации $i$ -го наименования на $t$ -м шаге реализации проекта	$m_{it}$
28.	Суммарные затраты на материалы на $t$ -м шаге реализации проекта в расчете на весь объем выпуска по всему ассортименту продуктовых инноваций	$M_t$
29.	Затраты на оплату труда персонала (включая все начисления)	$L$
30.	Фондоёмкость обработки $g$ -й группы продуктовых инноваций на оборудовании $j$ -й группы с $r$ -м уровнем автоматизации	$f_{gjr}^k$
31.	Себестоимость машино-часа эксплуатации оборудования $j$ -й группы с $r$ -м уровнем автоматизации	$d_{jr}$
32.	Годовые затраты на аренду одного $m^2$ дополнительной площади	$Z^a$
33.	Текущие годовые затраты на содержание и эксплуатацию одного $m^2$ производственной площади	$Z^{in}$
34.	Себестоимость изготовления продуктовой инновации $i$ -го наименования на $t$ -м шаге реализации проекта	$C_{it}$
35.	Суммарная себестоимость выпуска продукции на $t$ -м шаге реализации проекта	$C_t$
Инвестиции проекта		
36.	Инвестиции в создание технологической (продуктовой и процессной) инновации на $t$ -м шаге реализации проекта	$K_{it}^{ти}$
37.	Стоимость нематериальных активов, поставленных на баланс на $t$ -м шаге реализации проекта в результате патентования результатов разработки технологической инновации	$K_{it}^{има}$
38.	Инвестиции в создание элемента оборудования $j$ -й группы с $r$ -м уровнем автоматизации	$q_{jr}$
39.	Ожидаемая цена реализации оборудования $j$ -й группы с $r$ -м уровнем автоматизации на $t$ -м шаге реализации проекта	$\Pi_{jrt}$
40.	Суммарная балансовая стоимость технологического оборудования на $t$ -м шаге реализации проекта	$K_t^{то}$
41.	Инвестиции на $t$ -м шаге реализации проекта в приобретение промышленной робототехники	$K_t^{рп}$
42.	Инвестиции в создание одного $m^2$ дополнительной площади на $t$ -м шаге реализации проекта	$K_t^{ин}$
43.	Интегральная величина инвестиций в создание, освоение и использование производственной системы	$K$
44.	Объем инвестиций в проект, источником покрытия которых являются собственные финансовые ресурсы предприятия	$K^{ск}$
45.	Доля собственных финансовых ресурсов предприятия в общей сумме капитала, привлеченного для реализации проекта	$d^{ск}$
46.	Стоимость собственных финансовых ресурсов предприятия, привлеченных для реализации проекта	$b^{ск}$
47.	Объем инвестиций в проект, источником покрытия которых являются заемные финансовые ресурсы	$K^{зк}$
48.	Доля заемных финансовых ресурсов в общей сумме капитала, привлеченного для реализации проекта	$d^{зк}$
49.	Стоимость заемных финансовых ресурсов, привлеченных для реализации проекта	$b^{зк}$
50.	Средневзвешенная стоимость капитала, привлеченного для реализации проекта	WACC

Составлено авторами по материалам: Баранов В.В., Баранова И.В., Зайцев А.В., Карпова В.Б. Модернизация производства на основе создания и интеграции системы инноваций в стратегию развития высокотехнологического предприятия // Вопросы инновационной экономики. 2015. Том 5. № 3. С. 95–126. DOI: 10.18334/inec.5.3.589. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25774603>.

Compiled by the authors based: Baranov V.V., Baranova I.V., Zaitsev A.V., Karpova V.B. Upgrading production through creation and integration of the innovation system in high-tech enterprise development strategy. Russian Journal of Innovation Economics. 2015; 5(3):95–126. DOI: 10.18334 / inec.5.3.589 (In Russ.)

Затем определяются чистые денежные потоки проекта по видам деятельности высокотехнологического предприятия, дисконтированный суммарный чистый денежный поток на каждом шаге реализации проекта и чистый дисконтированный доход за весь срок реализации проекта<sup>1</sup>. В табл. 2 описан порядок формирования подобных потоков. По критерию максимума чистого дисконтированного дохода выбирается наилучший вариант.

Для выбранного варианта устанавливается соотношение между гибкостью и производительностью спроектированной производственной системы путем определения коэффициентов гибкости и производительности. Основой для их расчета послужили следующие переменные модели:

- суммарный объем выпуска по всему ассортименту продуктовых инноваций, включенных в программу производства;
- фонд времени оборудования;
- усредненные значения затрат времени на переналадку оборудования и робототехники на производство продуктовых инноваций, включенных в программу производства;
- усредненное значение такта работы оборудования.

Коэффициент гибкости ( $k_t^r$ ) определялся как соотношение между усредненными значениями затрат времени на переналадку оборудования и робототехники на производство продуктовых инноваций, включенных в программу производства, и фондом времени оборудования. Коэффициент производительности ( $k_t^п$ ) рассчитывался путем деления произведения усредненного такта работы оборудования и суммарного объема выпуска по всему ассортименту продуктовых инноваций, включенных в программу производства, на фонд времени оборудования. Исходя из логики расчета коэффициентов гибкости и производительности роботизированной организационно-производственной структуры, нетрудно увидеть, что сумма этих коэффициентов равна единице.

Анализ динамики коэффициентов гибкости и производительности на интервале жизненного цикла реализуемого проекта позволяет оценить уровень

производственной диверсификации и влияние фактора кастомизации на эффективность деятельности предприятия. Если высокотехнологическое предприятие реализует технологию «just in time», то появляется возможность проследить динамику изменения количества потребителей, производимых предприятием продуктовых инноваций.

Однако нельзя однозначно утверждать, что полученная при анализе коэффициента производительности информация о потребителях продуктовых инноваций, производимых высокотехнологическим предприятием, абсолютно достоверна. Проблема достоверности информации также возникает, когда речь идет о других контрагентах предприятия, например, о поставщиках ресурсов. В теории компьютерного менеджмента эта проблема характеризуется как проблема наблюдаемости исходных данных. Поэтому возникает необходимость решения задачи управления дебиторской и кредиторской задолженностью высокотехнологического предприятия.

Оценивая эффективность решения высокотехнологическим предприятием экономических задач, целесообразно ввести показатель достоверности информации. В этом случае появляется возможность создания вероятностных моделей, адекватно отражающих взаимоотношения предприятия с контрагентами. Решая подобную задачу в условиях высокого уровня турбулентности и неопределенности возмущающих воздействий внешней среды, необходимо обеспечить надежность функционирования системы управления дебиторской и кредиторской задолженностью. Рассматривая данную задачу, под надежностью системы управления деятельностью высокотехнологического предприятия будем понимать такое состояние системы, которое обеспечивает не только финансовую устойчивость и платежеспособность предприятия в данный момент времени, но и эффективное развитие в стратегической перспективе. Обеспечение требуемого уровня надежности высокотехнологического предприятия базируется, во-первых, на эффективном использовании различных ресурсов, а во-вторых, на согласованности финансово-экономических интересов всех участников инновационной деятельности.

<sup>1</sup> Баранов В.В., Мурадов А.В. Влияние системы управления знаниями на рост рыночной стоимости научно-производственного предприятия // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2010. № 8 (107). С. 22–27. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15123848>



Таблица 2

## Чистые денежные потоки проекта по видам деятельности высокотехнологического предприятия

Table 2

## Net cash flows of the project by type of activity of a high-tech enterprise

№ п/п	Наименование показателя	Модель расчета
1.	Чистый денежный поток от текущей деятельности на $t$ -м шаге реализации проекта ( $\text{ЧДП}^{\text{тек}}_t$ )	$\text{ЧДП}^{\text{тек}}_t = \text{ЧП}_t + A_t \pm \text{ЧОК}_t$
1.1.	Налогооблагаемая прибыль на $t$ -м шаге реализации проекта ( $\Pi^{\text{но}}_t$ )	$\Pi^{\text{но}}_t = B_t - \text{НДС}_t - C_t$
1.2.	Чистая прибыль на $t$ -м шаге реализации проекта ( $\text{ЧП}_t$ )	$\text{ЧП}_t = \Pi^{\text{но}}_t - \text{НП}_t$
1.3.	Налог на прибыль на $t$ -м шаге реализации проекта ( $\text{НП}_t$ )	определяется исходя из размера налоговой ставки
1.4.	Амортизационные отчисления на $t$ -м шаге реализации проекта ( $A_t$ )	$A_t = A^{\text{нма}}_t + A^{\text{то}}_t + A^{\text{нр}}_t + A^{\text{нп}}_t$
1.5.	Чистый оборотный капитал на $t$ -м шаге реализации проекта ( $\text{ЧОК}_t$ )	$\text{ЧОК}_t = M_t + \text{ДЗ}_t - \text{КрЗ}_t$
1.6.	Дебиторская задолженность на $t$ -м шаге реализации проекта ( $\text{ДЗ}_t$ )	определяется на основе анализа реестра потребителей продукции
1.7.	Кредиторская задолженность на $t$ -м шаге реализации проекта ( $\text{КрЗ}_t$ )	определяется на основе анализа реестра поставщиков ресурсов
2.	Чистый денежный поток от инвестиционной деятельности на $t$ -м шаге реализации проекта ( $\text{ЧДП}^{\text{инв}}_t$ )	$\text{ЧДП}^{\text{инв}}_t = \pm \Delta K^{\text{нма}}_t \pm \Delta K^{\text{то}}_t \pm \Delta K^{\text{нр}}_t \pm \Delta K^{\text{нп}}_t$
3.	Чистый денежный поток от финансовой деятельности на $t$ -м шаге реализации проекта ( $\text{ЧДП}^{\text{фин}}_t$ )	$\text{ЧДП}^{\text{фин}}_t = \pm \Delta Z K_t$
4.	Суммарный чистый денежный поток на $t$ -м шаге реализации проекта ( $\text{ЧДП}_{\Sigma t}$ )	$\text{ЧДП}_{\Sigma t} = \text{ЧДП}^{\text{тек}}_t + \text{ЧДП}^{\text{инв}}_t + \text{ЧДП}^{\text{фин}}_t$
5.	Дисконтированный суммарный чистый денежный поток на $t$ -м шаге реализации проекта ( $\text{ЧДП}^{\text{диск}}_t$ )	$\text{ЧДП}^{\text{диск}}_t = k^{\text{диск}}_t \text{ЧДП}_{\Sigma t}$
5.1.	Коэффициент дисконтирования на $t$ -м шаге реализации проекта ( $k^{\text{диск}}_t$ )	$k^{\text{диск}}_t = 1 / (1 + E)_t$ , где: $E$ – величина нормы дисконта
5.2.	Норма дисконта ( $E$ )	определяется как средневзвешенная стоимость капитала (WACC), привлеченного для реализации проекта
6.	Чистый дисконтированный доход за весь срок реализации проекта ( $\text{ЧДД} - \text{NPV}$ )	определяется как сумма дисконтированных суммарных чистых денежных потоков за весь срок реализации проекта

Составлено авторами по материалам: Баранов В.В., Баранова И.В., Мурадов А.А. Формирование портфеля проектов структуры государственно-частного партнерства // Вестник МГТУ «Станкин». 2016. № 2(37). С. 117–121. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26083176>.

Compiled by the authors based: Baranov V.V., Baranova I.V., Muradov A.A. Formation of the portfolio structure of public-private partnerships. Bulletin of MSTU "Stankin". 2016; (2(37)):117–121 (In Russ.)

Показатель надежности системы управления экономической деятельностью высокотехнологического предприятия является функцией времени. Поэтому данный показатель целесообразно рассматривать в динамике, оценивая влияние различных факторов на результаты экономической деятельности предприятия. Это касается ряда аспектов. Во-первых, определения параметров результативности, т.е. способности предприятия достигать поставленных целей

и выполнять заданные функции. Во-вторых, оценки финансового состояния высокотехнологического предприятия, в первую очередь, его устойчивости и платежеспособности. Изменяя соотношение между уровнями дебиторской и кредиторской задолженностей, можно проанализировать динамику параметров финансового состояния предприятия, определив перспективы сохранения этих параметров в заданных пределах<sup>2</sup>. В-третьих, повышается актуаль-

<sup>2</sup> Баранов В.В., Баранова И.В., Галка Д.В., Соколов А.В. Модели сбора и хранения данных в задачах информационного обеспечения экономической деятельности // Вестник МГТУ «Станкин». 2018. № 2(45). С. 70–74. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34901130>

ность анализа возможностей высокотехнологического предприятия по расширению диверсификации деятельности и деловой активности. В этой связи становится целесообразным:

- создание информационного обеспечения решаемых задач;
- интеграция созданного обеспечения в корпоративную информационную систему высокотехнологического предприятия, обеспечивающую поддержку принятия решений в рамках сформированного множества экономических задач.

В этой ситуации управление дебиторской и кредиторской задолженностью требует решение задачи достижения согласованности данных, т.е. их консистентности. Для этого необходимо обеспечить целостность используемых высокотехнологическим предприятием данных и их внутреннюю непротиворечивость. При выполнении этих условий согласованность данных будет выступать как эко-

номический контекст организации эффективного управления дебиторской и кредиторской задолженностями высокотехнологического предприятия.

Созданная нами система поддержки принятия решений предусматривает возможность использования различных схем и алгоритмов решения задачи сбора, передачи, хранения и обработки информации о поставщиках ресурсов и потребителях продуктовых инноваций. Например, может составляться подробный список сделок высокотехнологического предприятия с контрагентами, что отражено в табл. 3, которая является наглядным примером, отражающим табличный способ представления модели сбора и хранения данных. В основе данного способа лежит несложный алгоритм формирования модели сбора и хранения данных. Табличное представление модели компактно, но в то же время недостаточно информативно для пользователя и, кроме того, характеризуется высокой трудоемкостью анализа.

Таблица 3

## Табличное представление модели сбора и хранения данных

Table 3

## Tabular representation of the data collection and storage model

Id сделки	Контрагент	Дата сделки	Сумма сделки, руб.	Тип сделки
1102	Предприятие X	11.07.2019	500 000	Приобретение
1103	Предприятие Y	05.08.2019	450 000	Приобретение
1104	Предприятие Z	12.08.2019	650 000	Реализация
...	...	...	...	...

Составлено авторами.

Compiled by the authors.

Согласно другой схеме, по каждому контрагенту предприятия составляются таблицы, отражающие список сделок. Общий список всех контрагентов высокотехнологического предприятия формируется отдельно, в виде совокупности таблиц. В этих таблицах данные отражают контрагентов высокотехнологического предприятия, которые ранжированы по определенным признакам (например, по дате и сумме сделки и т.д.). Этот способ, отражая распределенное представление модели сбора и хранения данных, становится наиболее целесообразным при выполнении их анализа с целью сопоставления контрагентов высокотехнологического предприятия. Модель позволяет формировать агрегированные данные, сокращая количество записей в одной таблице. Подобные достоинства данного способа обеспечивают удобство работы с моделью, обеспечивая высокотехнологическому предприятию сокращение затрат времени на формирование состава и структуры контрагентов предприятия. В то же время, данный способ харак-

теризуется высокой трудоемкостью анализа при исследовании структуры суммарного чистого денежного потока высокотехнологического предприятия. Кроме того, если фирменное наименование у ряда предприятий-контрагентов совпадает, то в модели сбора и хранения данных возникает проблема коллизии имен. Для разрешения подобной проблемы необходимо ввести дополнительную информацию о контрагентах, что усложняет модель.

Может использоваться схема, предполагающая составление модели по типу контрагентов, величинам расходов и доходов высокотехнологического предприятия (в табл. 4 приведен наглядный пример, отражающий модель сбора и хранения данных, которая базируется на типах контрагентов).

Подобный способ формирования модели сбора и хранения данных удобен при проведении анализа контрагентов высокотехнологического предприятия, поскольку позволяет прогнозировать совокупность его бюджетов. Но этот способ весьма трудоемок при

Таблица 4

Модель сбора и хранения данных, базирующаяся на типах контрагентов высокотехнологичного предприятия

Table 4

A model for collecting and storing data based on the types of contractors of a high-tech enterprise

Экономическая деятельность высокотехнологичного предприятия							
Дебиторская задолженность				Кредиторская задолженность			
Id сделки	контрагент	Дата сделки	Сумма сделки, руб.	Id сделки	контрагент	Дата сделки	Сумма сделки, руб.
1109	П-1	17.06.2019	5000	1111	П-2	27.06.2019	3100
1110	П-5	23.07.2019	7500	1112	П-3	17.07.2019	5200
1120	П-6	3.08.2019	8000	1117	П-4	9.06.2019	6500
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Составлено авторами.

Compiled by the authors.

проведении анализа отдельных контрагентов. Кроме того, если в процессе деятельности высокотехнологичное предприятие заключает большое число сделок, то при использовании подобного способа могут возникнуть сложности восприятия информации.

Таким образом, каждая модель является способом представления согласованных данных о результатах экономической деятельности высокотехнологичного предприятия, образуя соответствующую базу данных. Эту базу можно охарактеризовать как совокупность согласованных данных, дополненную соответствующими правилами их хранения и анализа. Возможность отображения в базе данных ранее совершенных сделок становится важным инструментом выбора стратегических направлений взаимоотношений высокотехнологичного предприятия с поставщиками и потребителями. Поэтому необходимо детальное изучение тех сделок, которые высокотехнологичное предприятие заключает контрагентами, обеспечивающими получение прибыли и поступление денежных средств в согласованное в договоре время платежа. При установлении приоритета каждого контрагента, выбранная структура базы данных позволяет анализировать контрагентов, сравнивая их по совокупности параметров (доле контрагента в общей выручке предприятия, среднему количеству дней задержки платежей и т.д.).

В этом случае организация базы согласованных между собой экономических данных должна отвечать ряду требований. Эти требования привязаны к уровню планирования деятельности высокотехнологичного предприятия. Краткосрочное планирование ориентировано на небольшой по продолжительности календарный отрезок времени. На этом

уровне планирования высокотехнологичное предприятие решает задачи достижения установленного уровня рентабельности продаж продуктовых инноваций. Для разработки управленческих решений в рамках выполнения данной задачи высокотехнологичному предприятию необходима детальная информация. Достоверность этой информации в значительной степени будет определять уровень оптимальности принятых решений.

На этапе стратегического планирования уровень неопределенности информации о контрагентах существенно возрастает. Поэтому определение наилучшей стратегии осуществляется в условиях высокого уровня неопределенности, а ее реализация сопряжена с различными видами риска. В этом случае принимаемые управленческие решения и достигаемые в их рамках результаты имеют вероятностный характер.

Нами предлагается метод формирования базы согласованных между собой экономических данных<sup>3</sup>, который базируется на построении взвешенного ориентированного графа. В состав графа входят два формально независимых, но семантически связанных набора данных. Один набор охватывает множество вершин графа (контрагентов), а другой – множество связей в графе (сделок). В модели рассматриваются все сделки, как уже совершенные высокотехнологичным предприятием, так и предполагаемые к совершению. Каждая сделка характеризует ребро графа, вес которого равен сумме сделки, а направление отражает движение денежного потока в данной сделке.

Описанная модель, обеспечивающая сбор и хранение данных, которые необходимы высоко-

<sup>3</sup> Баранов В.В., Баранова И.В., Галка Д.В., Соколов А.В. Модели сбора и хранения данных в задачах информационного обеспечения экономической деятельности // Вестник МГТУ «Станкин». 2018. № 2(45). С. 70–74. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34901130>

технологическому предприятию для решения задач информационного обеспечения экономической деятельности, интегрирована в систему поддержки принятия предприятием управленческих решений. Данный подход позволяет детально анализировать взаимоотношения высокотехнологического предприятия с контрагентами, наглядно отражая в базе согласованных между собой экономических данных результаты этого взаимодействия. Так, например, используя созданный нами интерфейс, можно выбрать финансовые потоки, влияющие в наибольшей степени на чистый дисконтированный доход и показатели финансовой устойчивости предприятия.

При этом в рамках диалоговой подсистемы, представляющей результаты анализа согласованных экономических данных, отражаются наиболее «весомые» сделки. Совокупность этих сделок, отображаемая в системе поддержки принятия решений более толстыми или более яркими линиями, характеризует визуальную составляющую средств анализа. Используя представление согласованных между собой экономических данных в рамках одного графа, в процессе анализа потоков денежных средств можно, убирая некоторые ребра (сделки), интерактивно наблюдать изменения. Такая возможность отражает естественное устаревание данных как об отдельных сделках, так и о контрагентах высокотехнологического предприятия.

Поэтому предлагаемую модель сбора и хранения данных целесообразно использовать при выборе наиболее перспективных пролонгаций в рамках реализации стратегии развития высокотехнологического предприятия. Такая задача актуальна как на этапе визуальной интерпретации согласованных между собой экономических данных, так и в рамках машинных методов, например, интеллектуального анализа данных. Кроме того, наглядность представления информации о взаимодействии высокотехнологического предприятия с наиболее значимыми контрагентами дает возможность, используя приростный метод оценки, сравнить эффективность взаимодействия предприятия с другими категориями контрагентов.

Создаваемая система поддержки принятия решений, охватывая все рассмотренные нами области деятельности высокотехнологического предприятия, должна сокращать затраты времени на решение экономических задач, перебор вариантов, обеспечивая выбор наилучшего решения. Сложность решаемых задач диктует необходимость разработки качественно нового программного обеспечения, содержащего инструментарий реализации программного продукта, библиотеку и синтаксис.

На необходимость решения высокотехнологическими предприятиями подобных задач указывают в своей работе А.В. Остроух и А.Б. Николаев [6]. При этом целесообразно обеспечить кроссплатформенность программного обеспечения и удобный для менеджмента высокотехнологического предприятия пользовательский интерфейс.

В настоящее время основной сегмент прикладного программного обеспечения приходится на системы, ориентированные на языки, синтаксис которых базируется на языке программирования С. Однако подобные системы не всегда обеспечивают высокую эффективность практического использования, вследствие значительного порога вхождения в язык (уровня профессиональной подготовки программиста), небольшого количества шаблонных решений в библиотеках. Поэтому в условиях цифровой трансформации высокотехнологического предприятия эффективное решение сформулированных нами задач требует разработки качественно нового программного обеспечения.

Выбор языка программирования базировался на результатах анализа различных типизаций, т.е. вариантов работы с различными типами данных. Так статическая типизация, распространенная в языках C++, C#, Java, предполагает возможность проверки типов данных и поиск потенциальных ошибок, что ускоряет работу программы. Эту особенность современных языков программирования исследует Б. Страуструп (Stroustrup B.), результаты исследований которого отражены в его работе [26]. Однако при потере данных возникнет программная ошибка. Она может быть следствием других ошибок, например, допущенных разработчиками программы, либо некорректной работы компилятора. Поэтому в такой ситуации целесообразно использовать сильную типизацию, устраняющую смешение в выражениях различных типов данных, что характерно для языков C#, Java, Python. Явная типизация, используемая в таких языках, как C++, C#, Java, дает возможность ограничить алгоритм функции по типу. Например, в ситуации, когда один алгоритм работает только с числами, а другой только со строками, то, применяя явную типизацию, алгоритмы можно разделить.

Разработанное программное обеспечение системы поддержки принятия высокотехнологическим предприятием экономических решений охватывает<sup>4</sup>:

- модель, включающую в себя классы предметной области;
- контроллер, необходимый для связывания модели и представления;

<sup>4</sup> Баранова И.В., Джелилоглу Ясин Таха. Математическое моделирование при создании системы поддержки принятия решений в сфере проектного финансирования стратегии модернизации. // В кн.: Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2019) / Сборник научных трудов Международной научной конференции. М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2019. С. 261–266.

- представление, обеспечивающее удобный пользовательский интерфейс.

Разработка программного обеспечения системы поддержки принимаемых высокотехнологичным предприятием решений нами была ориентирована на применение языка программирования высокого уровня Java. Программное обеспечение, написанное на этом языке, может функционировать на разных платформах, например, Windows, Linux, Mac OS X и ряде других. На эту особенность языка Java указывается в работах Т.С. Машнина [27], Б. Эванса и М. Вербурга (Evans B.J., Verburg M.) [28].

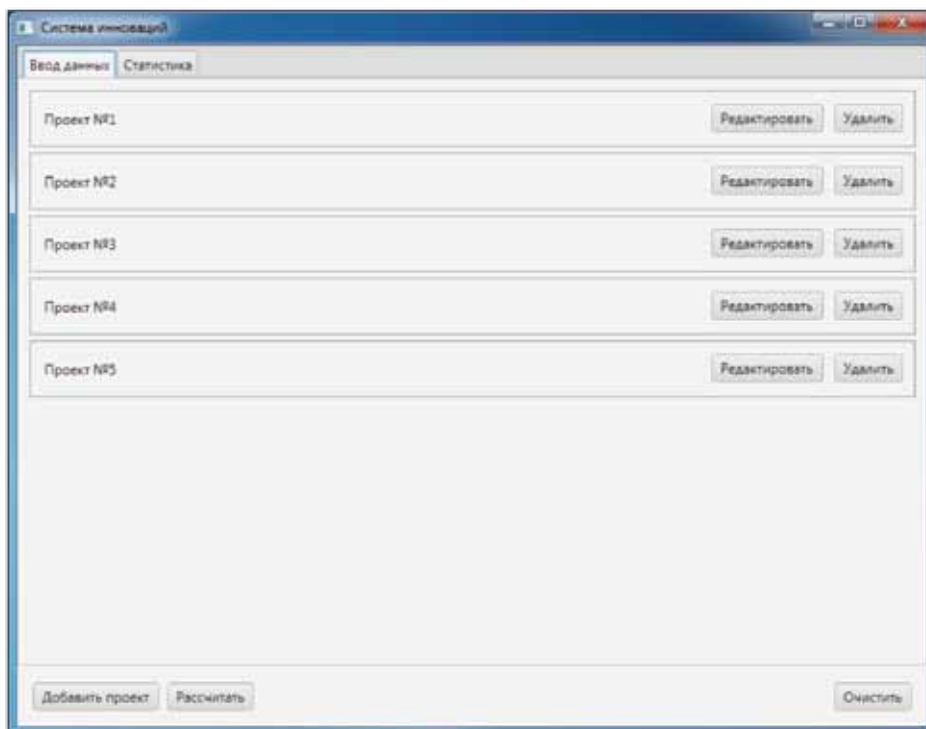
Программирование на языке Java осуществлялось в многофункциональной интегрированной среде разработки IntelliJ IDEA. Эта среда, выполняющая рутинные операции, позволяет разработчику программного обеспечения сконцентрироваться на решении ключевых функциональных задач. Пользовательский интерфейс составлен с помощью программы Scene Builder, обеспечивающей с минимальными затратами времени создать дизайн интерфейса для пользователя приложения JavaFX. Архитектура приложения, наряду с UML-диаграммой классов модели, охватывает описание таких классов модели, как:

- класс Listed, представляющий собой динамический массив объектов;

- класс Content, отражающий информационное наполнение модели;
- классы Project, ProductInnovation, ProcessInnovation, GroupElements, необходимые для описания проектов, продуктовых и процессных инноваций, а также структуры продуктовых инноваций (групп элементов);
- ProjectChecker, осуществляющий проверку проектов на полноту и непротиворечивость данных;
- класс Parser, позволяющий создавать новые классы объектов.

Разрабатывая пользовательский интерфейс, нами было сделано предположение, что существует список стратегий развития высокотехнологичного предприятия. Каждая из этих стратегий рассматривалась нами как проект (см. рис. 1, который отображает результат функционирования разработанной авторами системы поддержки принятия решений экономических задач высокотехнологичного предприятия).

Создание очередного проекта осуществляется с помощью нажатия кнопки «Добавить проект», а удаление проекта из списка происходит при нажатии кнопки «Удалить». После создания проекта он заполняется корректными данными, которые вводятся вручную. Окно редактирования проекта

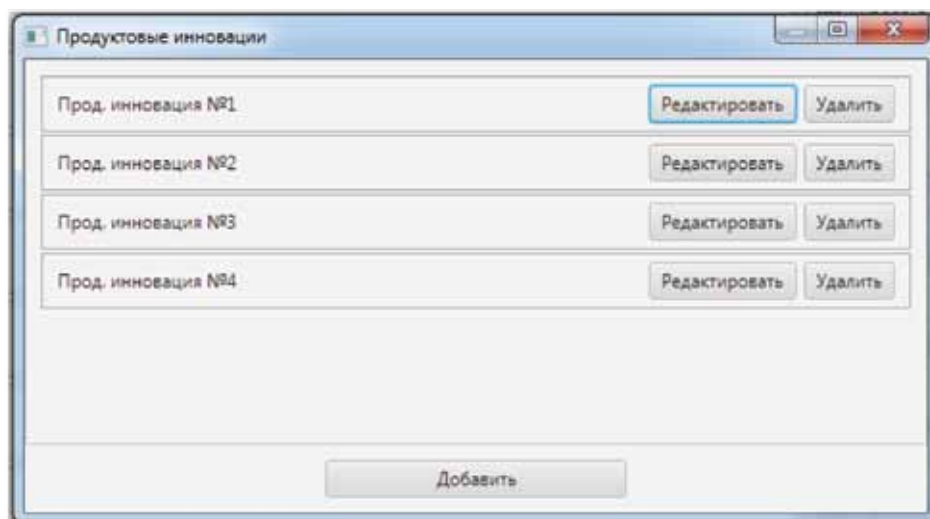


*Разработано авторами.*

**Рис. 1. Пример заполнения списка проектов**

*Developed by the authors.*

**Fig. 1. An example of filling out a list of projects**



Разработано авторами.

Рис. 2. Пример заполнения списка продуктовых инноваций

Developed by the authors.

Fig. 2. An example of filling out a product innovation list

открывается при нажатии на кнопку «Редактировать». Заполнение проекта данными предполагает введение характеристик продуктовых и процессных инноваций. Пример заполнения списка продуктовых инноваций показан на рис. 2.

Создание очередной продуктовой инновации осуществляется с помощью нажатия кнопки «Добавить» и ввода исходных данных вручную, а удаление продуктовой инновации из списка происходит при нажатии кнопки «Удалить». Окно редактирования продуктовой инновации открывается при нажатии на кнопку «Редактировать». В процессе создания продуктовой инновации, помимо инициализации простых данных, которые представляют собой целочисленные значения, требуется заполнить список групп элементов, из которых состоит продуктовая инновация. Нажатие кнопки «Обновить» сохраняет введенную информацию в программе. Заполнение списка процессных инноваций, создание очередной инновации, удаление инновации из списка и другие действия выполняются по аналогии с продуктовыми инновациями.

Вычисление значения чистого дисконтированного дохода и его оценка по критерию оптимальности происходит после нажатия кнопки «Рассчитать» в главном окне программы. Если расчет не был выполнен, то автоматически открывается окно с подробной информацией о возникших ошибках.

Построение рассмотренных нами математических моделей, а также создание кроссплатформенного программного обеспечения являются весьма сложными задачами, решение которых требует привле-

чения специалистов, обладающих соответствующими компетенциями. Поэтому решение этих задач целесообразно передавать на аутсорсинг. Аутсорсинговый договор в сфере математического и информационного обеспечения стратегии развития высокотехнологичного предприятия позволит минимизировать транзакционные издержки заказчика и максимизировать экономический интерес аутсорсера. При этом значимым фактором, влияющим на выбор высокотехнологичным предприятием разработчика математического и информационного обеспечения стратегии развития предприятия, является деловая репутация аутсорсера.

### Выводы

Изложенные в статье результаты разработки информационной системы обеспечивают на уровне высокотехнологичного предприятия эффективную поддержку решений различных экономических задач. Решение рассмотренных нами задач становится особенно актуальным в эпоху цифровизации, приводящей к кардинальным изменениям будущего предприятий, бизнеса и человечества в целом [29].

Результаты выполненных разработок позволили сделать ряд выводов.

Во-первых, исследование инструментов цифровой трансформации высокотехнологичного предприятия путем информатизации бизнес-процессов и создания роботизированных организационно-производственных структур, являющихся базой для эффективной реализации стратегии развития предприятия, показало, что информационные си-

стемы целесообразно создавать как иерархические структуры управления автоматизированным производством, охватывающие стратегический (BPM- и ERP-системы) и тактический (MES-системы) уровни управления, а также уровень оперативно-календарного управления (АСУТП). Для приведения в соответствие уровня автоматизации управляющей и производственной подсистем в создаваемые организационно-производственные звенья необходимо интегрировать промышленную робототехнику.

Во-вторых, решение задачи цифровизации обусловило необходимость создания базы знаний об информационных продуктах, которые используются в мировой и отечественной практике для решения задач автоматизированного выбора наилучшего варианта экономического решения. Анализ созданной базы знаний дал возможность выявить недостатки существующих информационных продуктов. Исследование этих недостатков позволило обосновать целесообразность создания для высокотехнологического предприятия кроссплатформенного программного обеспечения системы поддержки принятия решений, в основе которой лежит оригинальная математическая модель, детально отражающая особенности инновационной деятельности предприятия.

В-третьих, в рамках разработки математической модели, описывающей проект, реализуемый в рамках стратегии развития высокотехнологического предприятия, выполнено описание переменных модели, дан алгоритм расчета эффективности проекта, ориентированный на управление потоками денежных средств предприятия. Предложены инструменты оценки гибкости и производительности роботизированных организационно-производственных структур, созданных в результате реализации проекта.

В-четвертых, рассмотрены модели сбора и хранения данных при решении задач информационного обеспечения экономической деятельности высокотехнологического предприятия. Исследован вопрос обеспечения информационной целостности экономической деятельности предприятия и его контрагентов. Показана возможность интеграции в системе поддержки принятия решений консистентной модели данных, необходимых для организации управления дебиторской и кредиторской задолженностью.

В-пятых, разработано программное обеспечение системы поддержки решений высокотехнологическим предприятием экономических задач, а также реализован удобный пользовательский интерфейс. Структура программного обеспечения позволяет изменять его функциональность, интегрируя в созданную систему поддержки принятия решений новые задачи. Разработанное приложение для решения высокотехнологическим

предприятием экономических задач является кроссплатформенным, т.е. может единообразно функционировать в различных операционных системах (например, Windows, Linux, Mac OS X и т.д.).

### Список литературы

1. *Сазерленд Дж.* Scrum: Революционный метод управления проектами: пер с англ., 2-е изд. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. 272 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008836641>
2. *Тарасов И.В.* Технологии индустрии 4.0: влияние на повышение производительности промышленных компаний // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 2(105). С. 62–69. <https://doi.org/10.17747/2078-8886-2018-2-62-69>. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35192751&> (дата обращения 27.10.2019)
3. *Крафт Й., Зайцев А.В.* Повышение эффективности функционирования высокотехнологического предприятия в условиях ограниченности рынка труда // Креативная экономика. 2017. Том 11. № 5. С. 625–636. <https://doi.org/10.18334/ce.11.5.37886>. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29297528> (дата обращения 27.10.2019)
4. *Багаутдинова Н.Г., Багаутдинова Р.А.* Новые конкурентные преимущества в условиях цифровизации // Инновации. 2018. № 8(238). С. 80–83. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36061961> (дата обращения 27.10.2019)
5. *Коровин Г.* Цифровизация промышленности в контексте новой индустриализации РФ // Общество и экономика. 2018. № 1. С. 47–66. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32297797> (дата обращения 27.10.2019)
6. *Остроух А.В., Николаев А.Б.* Интеллектуальные информационные системы и технологии: монография. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 308 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/115518>
7. *Днепров М.Ю., Михайлюк О.В.* Цифровая экономика как новая экономическая категория // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т. 9. № 4. <https://doi.org/10.18334/vines.9.4.41249>. URL: <https://creativeconomy.ru/lib/41249> (дата обращения 27.10.2019)
8. *Василенко Н.В.* Цифровая экономика: концепции и реальность / Инновационные кластеры в цифровой экономике: теория и практика: труды научно-практической конференции с международным участием Санкт-Петербург: изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 147–151. <https://doi.org/10.18720/IEP/2017.3/20>. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29936660> (дата обращения 27.10.2019)
9. *Раюшкин Э.С., Колесникова В.О., Куликов С.А., Раюшкина А.А.* Цифровая экономика: технологии будущего в современном мире // Молодой ученый. 2018. № 51(237). С. 283–285. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36655613> (дата обращения 27.10.2019)
10. *Cios K.J., Pedrycz W., Swinarski R.W., Kurgan L.* Data Mining: A Knowledge Discovery Approach. Springer

- US, 2007. 606 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-36795-8>. URL: <https://www.springer.com/gp/book/9780387333335#aboutBook>
11. Свод знаний по управлению бизнес-процессами: BPM СВОК 3.0: пер. с англ. 2-е изд. М.: Альпина Паблицер, 2018. 477 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009653672>
  12. *Bell St.* ERP, CRM, PLM working together. In: *Lean Enterprise Systems*. New York: McGraw-Hill, 2006. P. 242–296
  13. *Lenart A.* ERP in the Cloud: Benefits and Challenges. In: *Research in Systems Analysis and Design: Models and Methods / 4th SIGSAND / PLAIS EuroSymposium 2011, Gdańsk, Poland, September 29, 2011, Revised Selected Papers*. Gdansk: Springer, 2011. P. 25–38. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-25676-9>. URL: <https://www.springer.com/gp/book/9783642256752>
  14. *O'Leary D.* Enterprise Resource Planning Systems: Systems, Life Cycle, Electronic Commerce, and Risk. Cambridge University Press, 2000. 232 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511805936>. URL: <https://www.cambridge.org/core/books/enterprise-resource-planning-systems/FBE044FD5D602059092F5F8A33FF29DD>
  15. *Андреев Е.Б., Куцевич И.В., Куцевич Н.А.* MES-системы: взгляд изнутри. М.: ПТСофт, 2015. 240 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009570135>
  16. *Агеев А.И., Бондарик В.Н., Иванова О.Д., Кудрявцев А.В., Лощинин А.А.* Технократическая концепция проектов цифровой экономики: синергия интеграции систем и данных. *Микроэкономика*, 2018. № 5. С. 14–21. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36376939> (дата обращения 27.10.2019)
  17. *Форд М.* Роботы наступают: Развитие технологий и будущее без работы: пер. с англ. М.: Альпина нон-фикшн, 2016. 430 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008622724>
  18. *Ющенко А.С.* Коллаборативная робототехника: состояние и новые задачи // *Мехатроника, автоматизация, управление*. 2017. Т. 18. № 12. С. 812–819. <https://doi.org/10.17587/mau.18.812-819>. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30674885> (дата обращения 27.10.2019)
  19. *Акинфеев В.К., Цвиркун А.Д.* Проблемы управления инвестициями. Программный комплекс «ТЭО-Инвест» // *Проблемы управления*. 2013. № 4. С. 32–40. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20147076> (дата обращения 27.10.2019).
  20. *Культин Н.Б.* Инструменты управления проектами: Project Expert и Microsoft Project. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 20009. 157 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004223891>
  21. *Нерсисян А.А., Мишура Л.Г.* Исследование внедрения информационных технологий в инвестиционную деятельность // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент*. 2019. № 2. С. 145–152. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2019-12-2-145-153>. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38527444> (дата обращения 27.10.2019)
  22. *Лебедев К.Н.* Информационные технологии, как инструмент обеспечения инвестиционного процесса // *Международный научный журнал «Инновационная наука»*. 2015. № 8. С. 27–34. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23891267> (дата обращения 27.10.2019)
  23. *Баксанский О.Е.* Моделирование в науке: Когнитивные модели и интеллект. М.: Ленанд, 2019. 304 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009892781>
  24. Введение в «Цифровую» экономику / *А.В. Кешелава, В.Г. Буданов, В.Ю. Румянцев* и др.; под общ. ред. *А.В. Кешелава*. На пороге «цифрового будущего». Книга первая. М.: ВНИИГеосистем, 2017. 28 с. URL: <http://spkurdyumov.ru/uploads/2017/07/vvedenie-v-cifrovuyu-ekonomiku-na-poroge-cifrovogo-budushhego.pdf>
  25. *Филин С.А., Якушев А.Ж.* Организационно-управленческие инновации как основа цифровой экономики // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2018. Т. 14. № 7(364). С. 1319–1332. <https://doi.org/10.24891/ni.14.7.1319>. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35249045> (дата обращения 27.10.2019)
  26. *Страуструп Б.* Дизайн и эволюция C++: пер. с англ. М.: ДМК Пресс, 2000. 444 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01000677920>
  27. *Машнин Т.С.* Современные Java-технологии на практике. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2010. 552 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004716905>
  28. *Evans B.J., Verburg M.* The Well-Grounded Java Developer: Vital techniques of Java 7 and polyglot programming. NY: Manning Publications, 2012. 496 p. URL: <https://www.manning.com/books/the-well-grounded-java-developer>
  29. *Schmidt E., Cohen J.* The New Digital Age: Reshaping the Future of People, Nations and Business. New York: Alfred A. Knopf / Random House. 2013. 365 p.

Поступила в редакцию: 01.09.2019; одобрена: 01.12.2019; опубликована онлайн: 30.12.2019

*Об авторах:*

**Батова Марина Михайловна**, доцент кафедры информатики и управления, Военный университет Министерства обороны Российской Федерации (123001, Москва, ул. Б. Садовая, 14), кандидат экономических наук, [batova\\_m\\_m@mail.ru](mailto:batova_m_m@mail.ru)

**Баранова Ирина Вячеславовна**, кафедра «Бизнес и деловое администрирование», Институт бизнеса и делового администрирования, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (РАНХиГС при Президенте РФ) (119571, Москва, проспект Вернадского, д. 82), кандидат экономических наук, [yar.baranow@gmail.com](mailto:yar.baranow@gmail.com)



**Майоров Сергей Васильевич**, Председатель Правления, Машиностроительный кластер Республики Татарстан, г. Набережные Челны (423810, Россия, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, бульвар Академика Рубаненко 12), доктор делового администрирования, mayorov@chelny-invest.ru

**Коробченко Олег Владимирович**, Группа компаний «Кориб», г. Набережные Челны (423810, Россия, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, Индустриальный проезд, д. 55), доктор делового администрирования, okulakov@korib.ru

#### Вклад соавторов:

Необходимо отметить особый вклад Ирины Вячеславовны Барановой и Сергея Васильевича Майорова в содействии подбора аналитических данных и литературных источников при подготовке данной статьи, а также вклад Олега Владимировича Коробченко в редактирование элементов статьи на английском языке.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

### References

1. Sutherland J. Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time. New York: Crown Business, 2014. 256 p. (In Eng.)
2. Tarasov I.V. Industry 4.0: Technologies and their Impact on productivity of industrial companies. *Strategic decisions and risk management*. 2018; (2(105)):62–69. <https://doi.org/10.17747/2078-8886-2018-2-62-69> (In Russ.)
3. Kraft J., Zaitsev A.V. Increase of efficiency of functioning of a high-tech enterprise under the conditions of labor market constraints. *Creative Economy*. 2017; 11(5):625–636. <https://doi.org/10.18334/ce.11.5.37886> (In Russ.)
4. Bagautdinova N.G., Bagautdinova R.A. New competitive advantages in the conditions of digitalization. *Innovations*. 2018; (8(238)):80–83 (In Russ.)
5. Korovin G. Digitalization in the context of the new industrialization in Russia. *Society and economics*. 2018; (1):47–66 (In Russ.)
6. Ostroukh A.V., Nikolaev A.B. Intelligent information systems and technologies. Monograph. St. Petersburg: Lan, 2019. 308 p. (In Russ.)
7. Dneprov M.Yu., Mikhaylyuk O.V. Digital economy as a new economic category. *Russian Journal of Innovation Economics*. 2019; 9(4). <https://doi.org/10.18334/vinec.9.4.41249> (In Russ.)
8. Vasilenko N.V. Digital economy: concepts and reality. In: *Innovation clusters in the digital economy: theory and practice*: proceedings of a scientific-practical conference with international participation St. Petersburg: Publishing House of the Polytechnic University, 2017. P. 147–151. <https://doi.org/10.18720/IEP/2017.3/20> (In Russ.)
9. Rayushkin E.S., Kolesnikova V.O., Kulikov S.A., Rayushkina A.A. Digital economy: future technologies in the modern world. *Young scientist*. 2018; (51(237)):283–285 (In Russ.)
10. Cios K.J., Pedrycz W., Swiniarski R.W., Kurgan L. Data Mining: A Knowledge Discovery Approach. Springer US, 2007. 606 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-36795-8>. Available from: <https://www.springer.com/gp/book/9780387333335#aboutBook> (In Eng.)
11. BPM CBOOK Version 3.0. Process Management Common Body of Knowledge. ABMP, 2013. 446 p. Available from: [https://www.academia.edu/12129515/Guide\\_to\\_the\\_Business\\_Process\\_Management\\_Common\\_Body\\_of\\_Knowledge\\_BPM-CBOOK](https://www.academia.edu/12129515/Guide_to_the_Business_Process_Management_Common_Body_of_Knowledge_BPM-CBOOK) (In Eng.)
12. Bell St. ERP, CRM, PLM working together. In: *Lean Enterprise Systems*. New York: McGraw-Hill, 2006. P. 242–296 (In Eng.)
13. Lenart A. ERP in the Cloud: Benefits and Challenges. In: *Research in Systems Analysis and Design: Models and Methods / 4th SIGSAND / PLAIS EuroSymposium 2011*, Gdańsk, Poland, September 29, 2011, Revised Selected Papers. Gdańsk: Springer, 2011. P. 25–38. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-25676-9>. Available from: <https://www.springer.com/gp/book/9783642256752> (In Eng.)
14. O’Leary D. Enterprise Resource Planning Systems: Systems, Life Cycle, Electronic Commerce, and Risk. Cambridge University Press, 2000. 232 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511805936>. Available from: <https://www.cambridge.org/core/books/enterprise-resource-planning-systems/FBE044FD5D602059092F5F8A33FF29DD> (In Eng.)
15. Andreev E.B., Kutsevich I.V., Kutsevich N.A. MES systems: an inside look. Moscow: RTSoft, 2015. 240 p. (In Russ.)
16. Ageev A.I., Bondarik V.N., Ivanova O.D., Kudryavtsev A.V., Loshchinin A.A. The technocratic concept of digital economy projects: the synergy of integration of systems and data. *Microeconomics*. 2018; (5):14–21 (In Russ.)
17. Ford M. Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future. New York: Basic Books, 2015. 352 p. (In Eng.)
18. Yushchenko A.S. Collaborative Robotics – State of Art and New Problems. *Mechatronics, automation, control*. 2017; 18(12):812–819. <https://doi.org/10.17587/mau.18.812-819> (In Russ.)

19. Akinfeev V.K., Tsvirkun A.D. Investment Management Issues. The software package "TEO-Invest." *Problems of management*. 2013; (4):32–40 (In Russ.)
20. Kultin N.B. Project management tools: Project Expert and Microsoft Project. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2009. 157 p. (In Russ.)
21. Nersisian A.A., Mishura L.G. Research of implementation of information technologies in investment activities. *Scientific journal Research University ITMO. Series "Economics and Environmental Management"*. 2019; (2):145–152. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2019-12-2-145-153> (In Russ.)
22. Lebedev K.N. Information technology as a tool to ensure the investment process. *International scientific journal "Innovation Science"*. 2015; (8):27–34 (In Russ.)
23. Baksansky O.E. Modeling in Science: Cognitive Models and Intelligence. Moscow: Lenand, 2019. 304 p. (In Russ.)
24. Introduction to the Digital Economy / A.V. Keshelava, V.G. Budanov, V.Yu. Romyantsev and others; ed. A.V. Keshelava. On the threshold of the "digital future". Book one. Moscow: VNIIGeosystem, 2017. 28 p. (In Russ.)
25. Filin S.A., Yakushev A.Zh. Organizational and management innovations as the cornerstone of the digital economy. *National interests: priorities and security*. 2018; 14(7(364)):1319–1332. <https://doi.org/10.24891/ni.14.7.1319> (In Russ.)
26. Stroustrup B. The Design and Evolution of C++. Addison-Wesley, 1994. 472 p. URL: <http://bookre.org/reader?file=1220426&pg=4> (In Eng.)
27. Mashnin T.S. Modern Java technologies in practice. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2010. 552 p. (In Russ.)
28. Evans B.J., Verburg M. The Well-Grounded Java Developer: Vital techniques of Java 7 and polyglot programming. NY: Manning Publications, 2012. 496 p. Available from: <https://www.manning.com/books/the-well-grounded-java-developer> (In Eng.)
29. Schmidt E., Cohen J. The New Digital Age: Reshaping the Future of People, Nations and Business. New York: Alfred A. Knopf / Random House. 2013. 365 p.

Submitted 01.09.2019; revised 01.12.2019; published online 30.12.2019

*About the authors:*

**Marina M. Batova**, Department of Informatics and Management, Military University of the Ministry of Defense of the Russian Federation (14, Bolshaya Sadovaya str., Moscow, 123001), Moscow, Russian Federation, Candidate of Economic Sciences, [batova\\_m\\_m@mail.ru](mailto:batova_m_m@mail.ru)

**Irina V. Baranova**, Department of "Business and Business Administration", Institute of Business Studies, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA) (82, Vernadskogo av., Moscow, 119571), Moscow, Russian Federation, Candidate of Economic Sciences, [yar.baranov@gmail.com](mailto:yar.baranov@gmail.com)

**Sergey V. Mayorov**, Chairman of the Board, Mechanical Engineering Cluster of the Republic of Tatarstan (12, Academician Rubanenko str., Naberezhnye Chelny, Republic of Tatarstan, 423810), Naberezhnye Chelny, Republic of Tatarstan, Russian Federation, Doctor of Business Administration, [mayorov@chelny-invest.ru](mailto:mayorov@chelny-invest.ru)

**Oleg V. Korobchenko**, Korib Group of Companies (55, Industrial travel, Naberezhnye Chelny, Republic of Tatarstan, 423810), Naberezhnye Chelny, Republic of Tatarstan, Russian Federation, Doctor of Business Administration, [okulakov@korib.ru](mailto:okulakov@korib.ru)

**Contribution of co-authors:**

It should be noted the special contribution of Irina V. Baranova and Sergey V. Mayorov in assisting in the selection of analytical data and literature in the preparation of this article, as well as the contribution of Oleg V. Korobchenko to editing the elements of the article in English.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

