

---

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

---

**Щёголева Татьяна Васильевна**, канд. экон. наук, доц.

Воронежский государственный технический университет, Московский просп., 14,  
Воронеж, Россия, 394026; e-mail: bosyanyka@mail.ru

*Цель:* обоснование применения методологий функционального анализа и анализа видов и последствий критичности отказов (АВПКО/ФМЕСА) для обеспечения надежности бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации. *Обсуждение:* основываясь на экосистемном подходе и по аналогии с техническими системами, можно сделать предположение, что основными свойствами бизнес-процессов экосистем высокотехнологичных промышленных предприятий являются надежность, экономичность и безопасность, из чего следует, что в качестве методов обеспечения надежности таких бизнес-процессов необходимо рассматривать методы теории надежности в технических системах, оптимизационные методы и методы теории управления рисками. *Результаты:* автором обоснована методика обеспечения надежности бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий, позволяющая их идентифицировать в соответствии с уровнем критичности отказа в работе бизнес-процессов и вероятностью его возникновения и разработать рекомендации, направленные на достижение заданного уровня надежности бизнес-процессов с максимальной экономической эффективностью.

**Ключевые слова:** надежность, бизнес-процесс, высокотехнологичное промышленное предприятие, цифровая трансформация.

**DOI:** 10.17308/meps.2022.2/2774

### **Введение**

На современном этапе развития цифровой экономики общепринятым мнением является то, что цифровая трансформация предполагает применение совершенно новой философии ведения бизнеса, создание цифрового двойника предприятия; она ориентирована на очень стремительный, непре-

рывный, динамичный и ресурсоемкий процесс, реализуемый посредством проектного управления, обязательно включающего контроллинг и реинжиниринг бизнес-процессов, что делает приоритетной в процессе цифровизации задачу формализации и обеспечения надежности бизнес-процессов. По аналогии с автоматизацией цифровая трансформация плохо структурированных, неформализованных, неотлаженных бизнес-процессов приведет к отрицательному результату в виде генерирования недостоверной информации и, как следствие, неэффективных управленческих решений, нерабочих и ненадежных процессов, роста затрат по устранению последствий отказов и потерь в работе процессно-ориентированной системы управления предприятия, что делает эту систему неэффективной.

Таким образом, соглашаясь с мнением команды авторов во главе с Кузиной Г.П., возникает острая необходимость в формировании новой модели бизнес-процессов, подверженных цифровой трансформации, как основы высокоэффективной процессно-ориентированной системы управления предприятия, позволяющей повысить оперативность и качество принятия управленческих решений, производительность труда, снизить операционные издержки, а главное, адаптироваться к фундаментальным изменениям рынка [9].

### **Методология исследования**

Обозначим отличительные особенности высокотехнологичных промышленных предприятий с целью определения требований к их бизнес-процессам в условиях цифровой трансформации. Атрибутами такого рода предприятий с точки зрения авторов являются [4, 5]:

- высокая значимость НИОКР и их наличие на всех этапах жизненного цикла и предприятия, и продукции;

- значительная доля высококвалифицированного персонала, инженерно-технических и научных работников в общей численности персонала предприятия и его стейкхолдеров;

- высокая доля интеллектуальной собственности в активах предприятий и положительная динамика расходов предприятия и его стейкхолдеров на высокотехнологичные инновации;

- непрерывное повышение качества производственных и технологических процессов, использование принципиально новых решений при разработке и производстве продукции, внедрение новых технологических регламентов и систематическое обновление технологического оборудования;

- растущая роль неценовых конкурентных факторов успеха.

В отличие от бизнес-процессов нетехнологичных предприятий для бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации, по мнению автора, акцент с экономической эффективности переносится на надежность и безопасность.

Особый интерес вызывает представление Г.Ю. Силкиной и В.В. Щерба-

ковым предиктивной картины цифровой трансформации бизнес-процессов через авторское понимание их конвергируемости с информационно-коммуникационными технологиями в современном цифровом формате и через описание в разрезе значимых организационно-экономических признаков цифровизации, характеризующих переход [11]:

– от массового обслуживания клиентов к клиентоориентированности, кастомизации производства товаров и услуг;

– от эффективности бизнес-процессов к эффективности обслуживания клиентов, рационализации, совместному использованию ресурсов;

– от интеграции фронт- и бэк-офисов, функционирования координационных центров к виртуальным системам интеграции, информационно-технологическим платформам;

– от гипертрофии режима конфиденциальности бизнес-информации к полной прозрачности и информационной безопасности;

– от локальных систем организации бизнес-процессов к интеграции платформ и экосистемам.

Исследованиями в области экосистем в последние годы активно занимаются российские ученые, применяя к анализу социально-экономических систем подход по аналогии с биологическими системами, так как изначально данный термин имел исключительно биологический смысл. По мнению новосибирских ученых Н.В. Фадейкиной и С.С. Малина, «развитие различного рода экосистем в экономике происходит благодаря взаимодействию между ее частями, их изменчивости, адаптации друг к другу, а также процессам, аналогичным естественному отбору в природе, являющимся результатом аккумуляции технологического знания» [13, с. 107], и, соответственно, экосистемам в экономике присущи такие же характеристики функционирования (устойчивость, адаптация, саморегулирование, динамика и т.д.), как и биологическим.

В своих работах, посвященных проблемам формирования социально-экономических экосистем, Г.Б. Клейнер характеризует экосистемы как длительно устойчивые во времени и локализованные в пространстве интегрированные системы взаимодействующих между собой организаций, бизнес-процессов, инфраструктурных объектов, инновационных проектов в ходе создания добавленной стоимости продукту/услуге посредством кругооборота материальных и нематериальных ресурсов [7, 8].

Основываясь на экосистемном подходе к организации бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации и дефиниции промышленных экосистем в работах ряда авторов [6, 10, 12] представляется возможным считать такого рода бизнес-процессы неотъемлемой частью промышленных экосистем высокотехнологических секторов экономики с присущими им характеристиками социотехнических систем, такими как надежность, безопасность, устойчивость, экономичность и т.д.

Анализируя вышеизложенные особенности управления высокотехнологичными промышленными предприятиями в условиях цифровой трансформации и принимая во внимание существующие тренды цифровой экономики, можно сделать вывод о том, что обеспечение надежности бизнес-процессов предприятий высокотехнологического сектора экономики с максимальной экономической эффективностью является одной из приоритетных задач отечественной промышленности.

По аналогии с техническими системами основными свойствами бизнес-процессов экосистем высокотехнологичных промышленных предприятий являются надежность, экономичность и безопасность, из чего следует, что в качестве методов обеспечения надежности таких бизнес-процессов необходимо рассматривать методы теории надежности в технических системах, оптимизационные методы и методы теории управления рисками. Такой подход, по мнению П.А. Бочкарева, и выстроенная на его основе классификация методов обеспечения надежности бизнес-процессов, а также классификация с точки зрения надежности самих бизнес-процессов, позволяют сделать обоснованный выбор указанных методов для конкретного бизнес-процесса в заданных условиях [2]. Сущность трехмерного подхода к классификации методов обеспечения надежности бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий состоит в следующем:

1) подход, основанный на теории надежности технических систем, обеспечивает безотказность, устойчивость, адаптивность, восстанавливаемость и другие свойства бизнес-процессов экосистем высокотехнологичных промышленных предприятий как социотехнических систем;

2) подход, базирующийся на методах обеспечения экономической эффективности бизнес-процессов путем снижения операционных затрат, предполагает использование экономико-математических методов, в частности, методов оптимизационного моделирования бизнес-процессов в условиях неопределенности;

3) подход по обеспечению безопасности протекания бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации, в том числе и кибербезопасности, основан на теории управления рисками.

Несмотря на то, что надежность является свойством технических систем, и многие исследователи в области организации и управления бизнес-процессами предпочитают поднимать проблему обеспечения их устойчивости или адаптивности, считаем устойчивость и адаптивность наряду с безотказностью и восстанавливаемостью основными свойствами бизнес-процессов высокотехнологических отраслей промышленности в условиях цифровой трансформации, определяющими их надежность.

### **Обсуждение результатов**

С целью обеспечения максимальной надежности и безопасности бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий в

условиях цифровой трансформации, сокращения длительности производственных циклов и циклов выполнения заказа, снижения стоимости жизненного цикла продукции высокотехнологичного производства, а также достижения цели промышленных предприятий по своевременной и надежной поставке качественной продукции с максимальной экономической эффективностью автором предлагается применение к бизнес-процессам функционального анализа и анализа видов и последствий критичности отказов (АВПКО/ФМЕСА), традиционно считающимися стандартизированными методологиями интегрированной логистической поддержки наукоемкой продукции промышленных предприятий [1, 3].

Сами алгоритмы проведения функционального анализа и анализа видов и последствий критичности отказов являются унифицированными, и поставленная автором проблема заключается в сути их приложения к бизнес-процессам высокотехнологичных промышленных предприятий с целью обеспечения надежности данных процессов в условиях цифровой трансформации. Целью проведения функционального анализа бизнес-процессов является их формализация и выявление перечня функций для проведения АВПКО, для чего рекомендуется использование методологий IDEF0, например, методологии структурного анализа и проектирования SADT. Алгоритм проведения АВПКО для бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации представлен на рисунке 1.

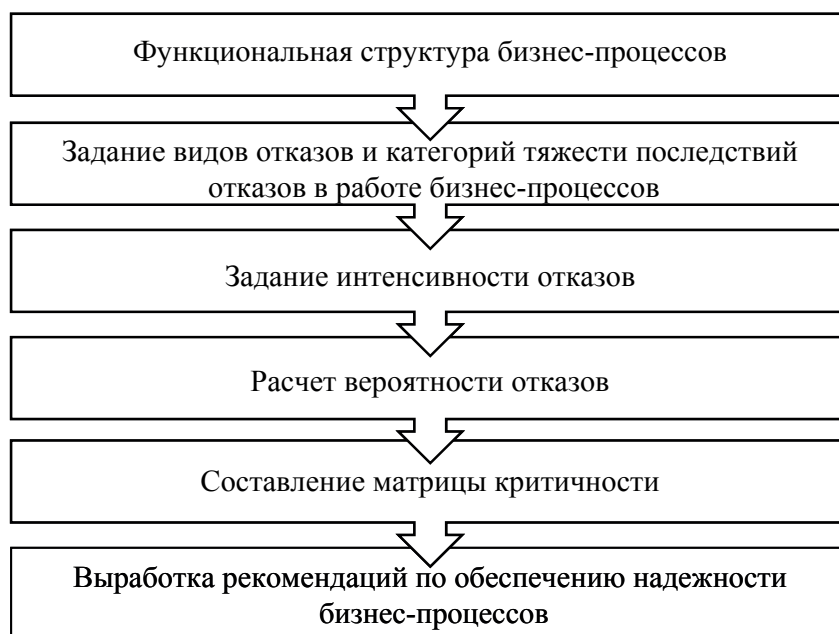


Рис. 1. Алгоритм проведения АВПКО для бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий

Проведенные исследования показали, что технический подход к оценке надежности является преобладающим, а проблема расчета надежности бизнес-процессов является одной из сложных в теории надежности технических систем и недостаточно проработанной в менеджменте. При данном подходе критерием надежности является вероятность безотказной работы бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий, стремящаяся к единице в условиях ограничения затрат на поддержание работоспособности процессов. Количественную оценку надежности бизнес-процессов предлагается осуществлять на основе стандартных расчетов показателя вероятности безотказной работы [3], включающего определение интенсивности отказов в работе. Интенсивность отказов в работе бизнес-процессов определяется отдельно для каждого конкретного процесса согласно прописанным регламентам организации бизнес-процессов на высокотехнологичных промышленных предприятиях.

Выявленные на основании функционального анализа бизнес-процессы предлагается ранжировать в соответствии с уровнем критичности – категории тяжести последствий отказа в их работе (табл. 1) и вероятностью возникновения данного отказа (табл. 2). В целях идентификации ранжированные бизнес-процессы заносятся в матрицу критичности (рис. 2) с целью обоснования применения методов обеспечения и повышения надежности бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации.

Таблица 1

Классификация уровней критичности отказов в работе бизнес-процессов

Уровни критичности	Категория	Последствия отказов
1	Катастрофическая	Нарушение подавляющего большинства процессов делает невозможным достижение целей системы
2	Критическая	Нарушение многих процессов ставит под угрозу выполнение планов и KPI-системы
3	Опасная	Нарушение нескольких процессов снижает эффективность системы
4	Некритическая	Нарушение одного процесса приводит к снижению уровня надежности, но не снижает значительно эффективность системы

## Уровни вероятности возникновения отказа в работе бизнес-процессов

Уровни вероятности возникновения отказа	Характеристика
A	Частый отказ. Процесс не осуществляется
B	Вероятный отказ. Процесс не формализован
C	Возможный отказ. Процесс реализован не в полной мере
D	Редкий отказ. Процесс реализован, имеет резервирование
E	Маловероятный отказ. Процесс отлажен. Осуществляется бесперебойно

Уровень вероятности отказа	Уровень критичности отказа			
	4	3	2	1
A				
B				
C				
D				
E				

Белым цветом выделена область высшего приоритета, светло-серым цветом – область второго приоритета и темно-серым – область третьего (низшего) приоритета

Рис. 2. Матрица критичности для бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий

На основе полученной информации от проведения АВПКО разрабатываются рекомендации по обеспечению надежности бизнес-процессов высокотехнологичных промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации в соответствии с полученными областями приоритетов.

Бизнес-процессы, попавшие в область высшего приоритета, имеют стратегически важное значение, но практически не реализованы на предприятии, требуют перепроектирования и особого внимания с точки зрения обеспечения высокого уровня надежности и безопасности, что даст быстрый и действенный результат в повышении эффективности производственно-хозяйственной деятельности высокотехнологичных промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации.

Совершенствование бизнес-процессов второго приоритета оказывает меньшее влияние на эффективность производственно-хозяйственной деятельности предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности, но позволяет достигать долгосрочных целей.

В зоне третьего приоритета находятся бизнес-процессы с достаточным уровнем надежности, но требующие контроля и при возникновении разрыва от требований внешней среды корректировки.



## Заключение

Таким образом, обеспечение надежности бизнес-процессов в условиях цифровой трансформации наряду с минимизацией затрат является одним из приоритетных направлений повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятий высокотехнологичных отраслей экономики. Рост числа публикаций, посвященных проблемам обеспечения надежности, устойчивости, безопасности бизнес-процессов промышленных предприятий, свидетельствует об актуальности данного направления научных исследований.

Вышеизложенная методика позволяет решить задачу обеспечения надежности высокотехнологичных бизнес-процессов с максимальной экономической эффективностью, что имеет первостепенное значение в условиях цифровой трансформации бизнеса.

## Список источников

1. Благовещенский Д.И., Сафонов А.С., Ушаков М.В. Современные подходы к оценке надежности изделия на ранних этапах жизненного цикла изделия // *Известия Тульского государственного университета*, 2016, no. 8-2, с. 228-234.
2. Бочкарев А.А., Бочкарев П.А. Методика расчета показателей надежности поставок в снабжении при нестационарном и дискретном процессе сбоев в поставках // *Логистика и управление цепями поставок*, 2015, no. 6 (71), с. 53-62.
3. Бром А.Е., Естифеева Н.В. Разработка логистической поддержки для объектов космической техники на примере сверхмалого космического аппарата «Парус-МГТУ» // *Организатор производства*, 2014, no. 2, с. 90-97.
4. Казьмина И.В., Щёголева Т.В. *Адаптивное развитие системы управления высокотехнологичных предприятий в условиях цифровой экономики*. Воронеж, Кварта, 2021.
5. Казьмина И.В., Щеголева Т.В., Родионова В.Н. Структура системы управления высокотехнологичными предприятиями в условиях волатильности цифровой среды // *Организатор производства*, 2021, Т. 29, no. 3, с. 61-72.
6. Каминский С.М., Середа Е.И. Управление сбалансированным развитием региональных инновационных экосистем // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2018, no. 11(107), с. 123-129.
7. Клейнер Г.Б. Экономика экосистем: шаг в будущее // *Экономическое возрождение России*, 2019, no. 1 (59), с. 40-45.
8. Клейнер Г.Б. Экосистема предприятия: внутреннее наполнение и внешнее окружение // *Сборник трудов Девятнадцатого Всероссийского симпозиума и материалы «круглого стола» «Стратегическое планирование и развитие предприятий»*. Москва, 2019, с. 6-13.
9. Кузина Г.П., Мозговой А.И., Крылов А.Н. Организация цифровой трансформации российских предприятий. // *Вестник Московского городского педагогического университета*, 2020, no. 4 (26), с. 69-82.
10. Молчан А.С., Толстых Т.О., Надаенко А.Ю. Принципы формирования и развития экосистем и их влияние на стратегию промышленного менеджмента // *Экономика устойчивого развития*, 2020, no. 1(41), с. 124-128.
11. Силкина Г.Ю., Щербаков В.В. *Современные тренды цифровизации логистики*. Санкт-Петербург, ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019.
12. Толстых Т.О., Надаенко А.Ю. Подходы и принципы формирования промышленных экосистем // *Материалы международной научно-практической конференции «Наука сегодня: вызовы и решения»*. Вологда, 2020, с. 86-87.
13. Фадейкина Н.В., Малина С.С. Развитие теоретических представлений на категории «экосистема» и «инновационная экосистема» // *Сибирская финансовая школа*, 2021, no. 2 (142), с. 103-111.



---

# ASSURANCE OF THE RELIABILITY OF BUSINESS PROCESSES OF HIGH-TECH INDUSTRIAL ENTERPRISES UNDER CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION

---

**Shchegoleva Tatiana Vasilevna**, Cand. Sc. (Econ.), Assoc. Prof.

Voronezh State Technical University, Moscow Ave., 14, Voronezh, Russia, 394026;  
e-mail: bosyanyka@mail.ru

*Purpose:* substantiation of the application of functional analysis methodologies and analysis of the types and consequences of failure criticality (AVPCO/FMECA) to ensure the reliability of business processes of high-tech industrial enterprises under conditions of digital transformation.

*Discussion:* based on the ecosystem approach and by analogy with technical systems, it can be assumed that the main properties of the business processes of ecosystems of high-tech industrial enterprises are reliability, efficiency and safety, which means that as methods of ensuring the reliability of such business processes, it is necessary to consider methods of reliability theory in technical systems, optimization methods and methods of risk management. *Results:* the author substantiates the methodology for ensuring the reliability of business processes of high-tech industrial enterprises, which allows them to be identified in accordance with the level of criticality of failure in business processes and the probability of its occurrence and to develop recommendations aimed at achieving a given level of reliability of business processes with maximum economic efficiency.

**Keywords:** reliability, business process, high-tech industrial enterprise, digital transformation.

## References

1. Blagoveshchenskiy D.I., Safonov A.S., Ushakov M.V. Sovremennye podhody k otsenke nadezhnosti izdeliya na rannih etapah zhiznennogo tsikla izdeliya [Contemporary approaches to assessing the reliability of a product at the early stages of the product life cycle]. *Proceedings of Tula State University*, 2016, no. 8-2, pp. 228-234. (In Russ.)
2. Bochkarev A.A., Bochkarev P.A. Metodika rascheta pokazatelei nadezhnosti postavok v snabzhenii pri nestatsionarnom i diskretnom protsesse sboev v postavkah [Methodology for calculating indicators of reliability of supplies in the supply with a non-stationary and discrete process of supply failures]. *Logistics and supply chain management*, 2015, no. 6 (71), pp. 53-62. (In Russ.)
3. Brom A.E., Estifeeva N.V. Razrabotka logisticheskoi podderzhki dlya obektov kosmicheskoi tekhniki na primere sverhmalogo kosmicheskogo apparata «Parus-MGTU» [Development of logistics support for space technology objects on the example of the ultra-small spacecraft "Parus-MSTU"]. *Organizer of production*, 2014, no. 2, pp. 90-97. (In Russ.)

4. Kazmina I.V., Shchegoleva T.V. *Adaptivnoe razvitie sistemy upravleniya vysokotekhnologichnykh predpriyatii v usloviyah tsifrovoi ekonomiki* [Adaptive development of the management system of high-tech enterprises in the digital economy]. Voronezh, Kvant, 2021. (In Russ.)
5. Kazmina I.V., Shchegoleva T.V., Rodionova V.N. Rodionova V.N. *Struktura sistemy upravleniya vysokotekhnologichnymi predpriyatiami v usloviyah volatilnosti tsifrovoi sredy* [The structure of the management system of high-tech enterprises in the conditions of digital environment volatility]. *Organizer of production*, 2021, vol. 29, no. 3, pp. 61-72. (In Russ.)
6. Kaminsky S.M., Sereda E.I. *Upravlenie sbalansirovannym razvitiem regionalnykh innovatsionnykh ekosistem* [Management of balanced development of regional innovation ecosystems]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2018, no. 11 (107), pp. 123-129 (In Russ.)
7. Kleiner G.B. *Ekonomika ekosistem: shag v budushchee* [Ecosystem economics: step into the future]. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii*, 2019, no. 1 (59), pp. 40-45. (In Russ.)
8. Kleiner G.B. [Enterprise ecosystem: internal content and external environment]. *Sbornik trudov Devyatnadsatogo Vserossiiskogo simpoziuma i materialy Kруглого stola «Strategicheskoe planirovanie i razvitie predpriyatii»* [Proceedings of the Nineteenth All-Russian Symposium and materials of the Round Table "Strategic planning and development of enterprises"]. Moscow, 2019, pp. 6-13. (In Russ.)
9. Kuzina G.P., Mozgovoy A.I., Krylov A.N. *Organizatsiya tsifrovoi transformatsii rossiiskikh predpriyatii* [Organization of digital transformation of Russian enterprises]. *Vestnik of Moscow City Pedagogical University*, 2020, no. 4 (26), pp. 69-82. (In Russ.)
10. Molchan A.S., Tolstykh T.O., Nazarenko A.Yu. *Printsipy formirovaniya i razvitiya ekosistem i ih vliyanie na strategiyu promyshlennogo menedzhmenta* [Principles of formation and development of ecosystems and their impact on the strategy of industrial management]. *Ekonomika ustoychivogo razvitiya*, 2020, No. 1(41), pp. 124-128. (In Russ.)
11. Silkina G.Yu., Shcherbakov V.V. *Sovremennye trendy tsifrovizatsii logistiki* [Modern trends in logistics digitalization]. St. Petersburg, POLYTECH-PRESS, 2019. (In Russ.)
12. Tolstykh T.O., Nadaenko A.Yu. *Approaches and principles of formation of industrial ecosystems*. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauka segodnya: vyzovy i resheniya»* [Materials of the international scientific and practical conference "Science today: challenges and solutions"]. Volgda, 2020, pp. 86-87. (In Russ.)
13. Fadeikina N.V., Malina S.S. *Razvitie teoreticheskikh predstavlenii na kategorii «ekosistema» i «innovatsionnaya ekosistema»* [Development of theoretical concepts in the categories "ecosystem" and "innovative ecosystem"]. *Siberian Financial School*, 2021, no. 2 (142), pp. 103-111. (In Russ.)