

ТЕОРИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. И. Шинкевич¹, С. С. Кудрявцева², Д. В. Харитонов³

^{1, 2} Казанский национальный исследовательский
технологический университет, Казань, Россия

³ Обнинское научно-производственное предприятие
«Технология» имени А. Г. Ромашина, Обнинск, Россия

¹ashinkevich@mail.ru, ²sveta516@yandex.ru, ³haritonov.d1978@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Рассматриваются теории ограничений применительно к специфике функционирования научно-производственных предприятий. Анализируются тренды работы научно-производственной сферы. Цель исследования состоит в систематизации научных подходов к применению теории ограничений для работы научно-производственных предприятий, выявлении трендов их развития и выработке системных характеристик «узких мест» инновационной деятельности научно-производственных предприятий. *Материалы и методы.* Информационную базу исследования составили теория фирмы, теория организации промышленного производства, технологическая теория, теория кластерных моделей, теория бережливого производства, теория инноваций. В качестве статистической базы использовались данные официальной статистики. Динамический ряд для сопоставительной оценки составлял 2017–2022 гг. В качестве методов исследования применены описание, сравнительный и сопоставительный анализ, анализ динамических рядов, методы описательной статистики, анализ трендов, регрессионный анализ, методы анализа, синтеза и обобщения. *Результаты.* Систематизированы этапы работы с «узкими местами» в теории ограничений для научно-производственных предприятий. Разработана классификация ограничений («узких мест») инновационной деятельности научно-производственных предприятий. *Выводы.* Принципиальное отличие предлагаемого подхода заключается в совершенствовании методических основ определения и устранения ограничений различного характера в функционировании научно-производственных предприятий.

Ключевые слова: теория ограничений, научно-производственное предприятие, инновации, затраты на научные исследования и разработки, проектно-конструкторские работы

Финансирование: исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ РФ № НШ-1886.2022.2.

Для цитирования: Шинкевич А. И., Кудрявцева С. С., Харитонов Д. В. Теория ограничений в функционировании научно-производственных предприятий // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2023. № 3. С. 70–80. doi: 10.21685/2227-8486-2023-3-5

THEORY OF LIMITS IN THE FUNCTIONING OF SCIENTIFIC AND PRODUCTION ENTERPRISES

A.I. Shinkevich¹, S.S. Kudryavtseva², D.V. Kharitonov³

^{1, 2} Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

³ Obninsk Scientific and Production Enterprise "Technology"

named after A.G. Romashin, Obninsk, Russia

¹ ashinkevich@mail.ru, ² sveta516@yandex.ru, ³ haritonov.d1978@yandex.ru

Abstract. *Background.* The article deals with the theory of constraints in relation to the specifics of the functioning of research and production enterprises. The trends in the work of the research and production sphere are analyzed. The purpose of the article is to systematize scientific approaches to the application of the theory of constraints for the work of research and production enterprises, to identify trends in their development and to develop systemic characteristics of the "bottlenecks" in the innovation activity of research and production enterprises. *Materials and methods.* The information base of the study was the theory of the firm, the theory of organization of industrial production, technological theory, the theory of cluster models, the theory of lean production, and the theory of innovation. Official statistics were used as the statistical base. The time series for comparative assessment was 2017–2022. Description, comparative and comparative analysis, time series analysis, descriptive statistics methods, trend analysis, regression analysis, methods of analysis, synthesis and generalization are used as research methods in the article. *Results.* The stages of work with "bottlenecks" in the theory of constraints for research and production enterprises are systematized. A classification of limitations ("bottlenecks") of innovative activity of research and production enterprises has been developed. *Conclusions.* The fundamental difference of the proposed approach lies in the improvement of the methodological foundations for determining and eliminating restrictions of a different nature in the functioning of research and production enterprises.

Keywords: theory of constraints, research and production enterprise, innovations, research and development costs, design work

Acknowledgements: the research was carried out within the framework of a grant from the President of the Russian Federation for state support of leading scientific schools of the Russian Federation № NSh-1886.2022.2.

For citation: Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S., Kharitonov D.V. Theory of limits in the functioning of scientific and production enterprises. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* = *Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*. 2023;(3):70–80. (In Russ.). doi: 10.21685/2227-8486-2023-3-5

Введение

Практика функционирования предприятий наукоемких производств в части инновационной деятельности с позиции системного подхода к управлению имеет ряд ограничений, продиктованных как внутренними, так и внешними факторами. В настоящее время в теории и практике управления существует и получила наибольшее распространение методология ограничений инновационной деятельности, предложенная Э. Голдраттом [1–3].

Данные теоретические положения были разработаны как инструмент оптимизации инновационных процессов при достижении цели инновационной деятельности. Основным методологическим основанием теории ограничений является необходимость определения факторов, или «узких мест», ограничивающих инновационную деятельность, как основы для оптимизации инновационных процессов – задачи первого уровня, при этом вопросы поиска резервов для прироста производительности рассматриваются как задачи второго

уровня. Полагаем, что данная теория ограничений применима и для научно-производственных предприятий при организации инновационных процессов.

Востребованным для предприятий научно-производственной сферы является формирование стратегий инновационного развития, основанных на структурно-сбалансированном научно-техническом и производственном развитии предприятия, предполагающего оптимизацию его подсистем. В данном случае речь идет о ресурсно-перерабатывающей модели инновационного развития российской экономики [4]. Теоретическую базу для ресурсно-сырьевой модели инновационного развития образует кластерный подход к управлению, предложенный М. Портером [5], где научно-производственные предприятия для преодоления ограничений инновационной деятельности кооперируются с предприятиями других секторов экономики, позволяющими эффективно использовать внутренние ресурсы для повышения конкурентоспособности и инновационности производства. Полагаем, что преодоление ограничений инновационной деятельности для научно-производственных предприятий возможно рассматривать в рамках предпринимательской теории фирмы Й. Шумпетера [6], которая позволяет выявлять резервы и механизмы преодоления ресурсных ограничений посредством формирования новых идей, выступающих источником инновационных благ.

В технологической теории (Д. Робинсон, Д. Хикс, Э. Чемберлин и др.) акцент делается на оптимизацию издержек производства инновационной деятельности при заданном объеме выпуска инновационной продукции. Следовательно, в технологической теории первостепенная роль в преодолении ограничений отводится особенностям организации производственных процессов – процессным инновациям. Напротив, в стратегической теории (Г. Минцберг, К. Эндрюс, И. Ансофф, Д. Куинн, М. Портер и др.) на первое место выдвигаются новые способы организации производства – организационные инновации, включающие систему принятия управленческих решений, когнитивные, аналитические и мотивационные характеристики организации инновационной деятельности.

В теории организации промышленности, предложенной Ж. Тиролем [7], проблематика преодоления ограничений в инновационной деятельности научно-производственных предприятий анализируется с четырех позиций:

- 1) масштаб, вид экономической деятельности;
- 2) размер рыночной власти, властная дистанция;
- 3) ценовая и неценовая конкуренция;
- 4) стабильность, уровень развития кооперационных связей научно-производственных предприятий с государством.

В преодолении ограничений инновационной деятельности следует упомянуть институциональную теорию фирмы, где научно-производственное предприятие следует рассматривать как самостоятельную институциональную единицу, характеризующуюся наличием организационных границ, созданную для достижения целей, в том числе в сфере инновационной деятельности, действующую в условиях ограниченных ресурсов [8].

Однако в настоящее время в научной литературе отечественных авторов проблематика изучения специфики теории ограничений с позиции функционирования научно-производственных предприятий только начинается пристально изучаться, что определяет актуальность тематики исследования данной статьи. Таким образом, цель статьи состоит в систематизации научных подходов к применению теории ограничений для работы научно-производственных предприятий, выявлении трендов их развития и выработке системных характеристик «узких мест» инновационной деятельности научно-производственных предприятий.

Материалы и методы

Информационную базу исследования составили теория фирмы, теория организации промышленного производства, технологическая теория, теория кластерных моделей, теория бережливого производства, теория инноваций. В качестве статистической базы использовались данные официальной статистики. Динамический ряд для сопоставительной оценки составил 2017–2022 гг. В качестве методов исследования в статье применены описание, сравнительный и сопоставительный анализ, анализ динамических рядов, методы описательной статистики, анализ трендов, регрессионный анализ, методы анализа, синтеза и обобщения.

Результаты и обсуждение

В среднем за 2017–2022 гг. число промышленных организаций, имевших научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения, выполнявших научные исследования и разработки, составляло 430 единиц со средней численностью работников 59,3 тыс. человек. Наибольшее число промышленных организаций, имевших научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения, выполнявших научные исследования и разработки, отмечалось в 2019 г. – 450 единиц с численностью работников, выполняющих НИР, 58 тыс. человек. По предварительной оценке, число промышленных организаций, имевших научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения, выполнявших научные исследования и разработки, в 2022 г. составило 443 единицы с численностью сотрудников, выполняющих НИР, 61,9 тыс. человек, что составляет к уровню 2021 г. 99,6 % и 102,2 %, соответственно, к уровню 2017 г., принятого за базу сравнения – 116,6 % и 104,1 % (рис. 1).

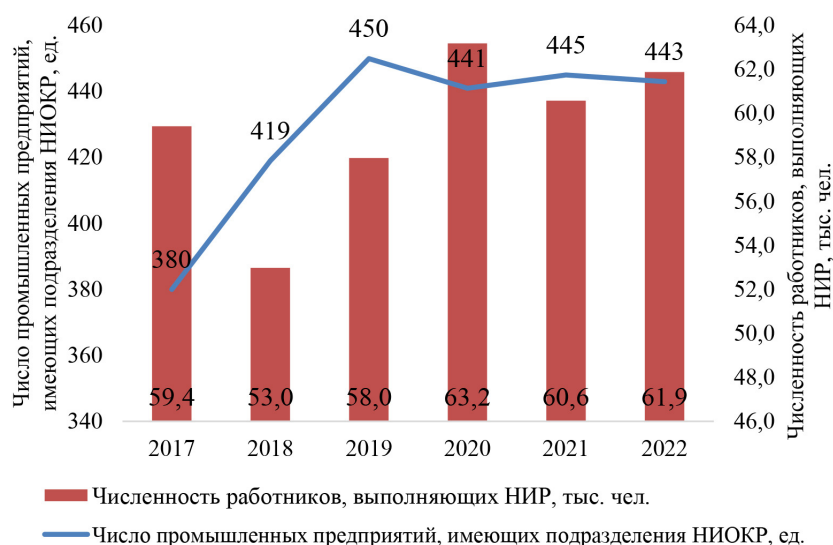


Рис. 1. Динамика числа промышленных организаций, имевших научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения, выполнявших научные исследования и разработки (составлено авторами по данным Росстата¹)

¹ Промышленное производство в России. 2021 : стат. сб. / Росстат. М., 2021. 305 с. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 12.05.2023).

Объем выполненных научно-технических работ в среднем за 2017–2022 гг. в расчете на одно промышленное предприятие, имеющее подразделение НИОКР, составлял 792 млн руб., в расчете на одного работника – 6 млн руб. Анализ динамики объема выполненных научно-технических работ в расчете на одно промышленное предприятие, имеющее подразделение НИОКР, имел поступательную тенденцию к росту, начиная с 2018 г. и достиг в 2022 г. 820 млн руб., что выше уровня 2021 г. на 1,2 %, но меньше показателя 2017 г. на 6,4 %. Однако нестабильность динамики наблюдалась по объему выполненных научно-технических работ в расчете на одного работника, поскольку периоды роста показателя сопровождалось его снижением. В 2022 г. объем выполненных научно-технических работ в расчете на одного работника составил 5,9 млн руб., что соответствовало уровню 2021 г. и было выше показателя 2017 г. на 4,7 % (рис. 2).



Рис. 2. Динамика объема выполненных научно-исследовательских работ (составлено авторами по данным Росстата¹)

В структуре затрат на научные исследования и разработки в научно-исследовательских и опытно-конструкторских подразделениях промышленных организаций 92,3 % приходилось на внутренние текущие затраты, из них 29,9 % – оплата труда персонала; 7,7 % составляли капитальные затраты, из которых 3,6 % – оборудование, 1,6 % – объекты интеллектуальной собственности. По предварительной оценке, в 2022 г. затраты на научные исследования и разработки в научно-исследовательских и опытно-конструкторских подразделениях промышленных организаций составили 164,1 млрд руб., увеличившись по сравнению с 2021 г. на 21 %, по сравнению с 2017 г. – на 81,9 % (рис. 3).

¹ Промышленное производство в России. 2021 : стат. сб. / Росстат. М., 2021. 305 с. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 12.05.2023).

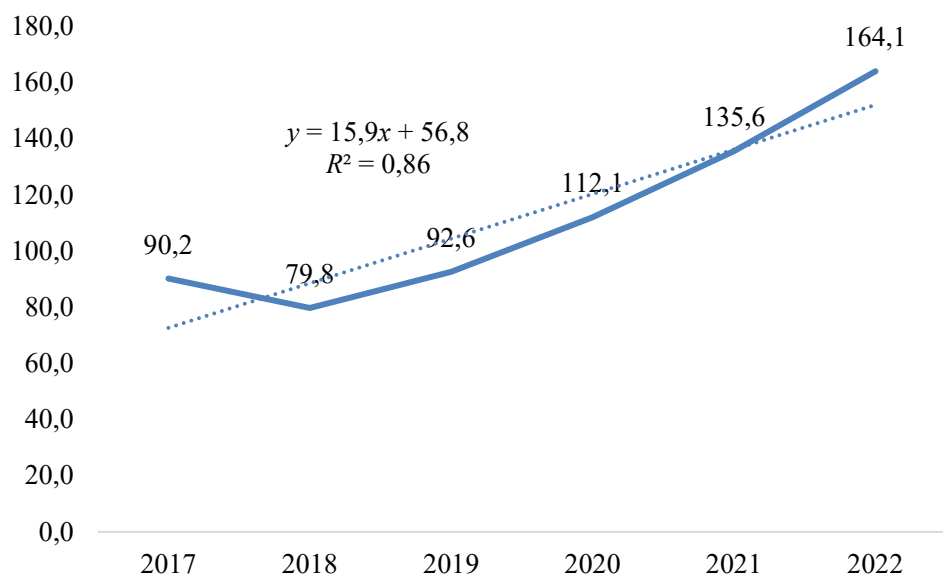


Рис. 3. Динамика затрат на научные исследования и разработки в научно-исследовательских и опытно-конструкторских подразделениях промышленных организаций (млрд руб.) (составлено авторами по данным Росстата¹)

Представим основные положения теории ограничений применительно к научно-производственным предприятиям. Так, теория ограничений основана на следующих принципах:

- принцип эмерджентности, когда достижение локальных оптимумов не является гарантией достижения глобального оптимума;
- инновационная система как сложная система в своей деятельности зависит от совокупности факторов и причинно-следственных связей, управляющее воздействие на которые способствует устранению «узких мест»;
- несводимости частей к целому. Так, необходимо принимать во внимание, что воздействие на отдельные локальные аспекты инновационных процессов научно-производственного предприятия для достижения максимальной эффективности инновационной деятельности может иметь отрицательное влияние на достижение целей инновационной деятельности на предприятии в целом в силу ограничения пропускной способности «узких мест».

Как показывают исследования, теория ограничений применима для научно-производственных предприятий, имеющих широкий спектр бизнес-процессов, для которых первостепенную актуальность имеет вопрос выстраивания кооперационных цепочек создания высокотехнологичной и наукоемкой продукции [9–12].

В рамках теории ограничений оптимизация бизнес-процессов осуществляется посредством реализации пяти последовательных шагов, выстроенных по замкнутому циклу:

- 1) определение «узких мест» системы;

¹ Промышленное производство в России. 2021 : стат. сб. / Росстат. М., 2021. 305 с. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 12.05.2023).

- 2) достижение наибольшей эффективности в устранении «узких мест»;
- 3) обеспечение баланса (синхронизация) функционирования остальных элементов системы с ритмом функционирования элемента-ограничителя;
- 4) в случае необходимости расширение перечня «узких мест»;
- 5) возвращение к первому этапу и выявление новых «узких мест» для повышения производительности системы (рис. 4).

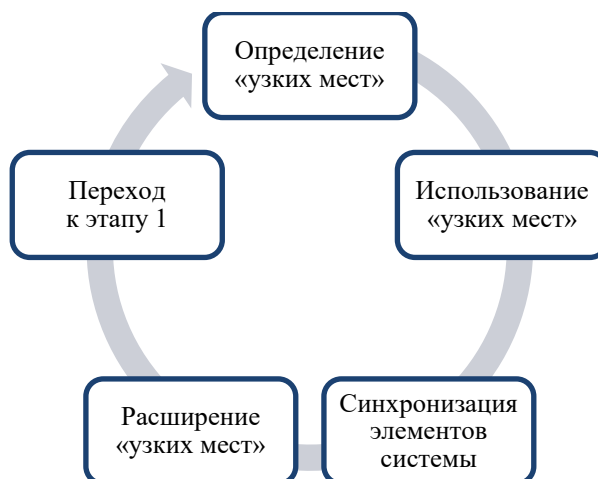


Рис. 4. Этапы работы с «узкими местами» в теории ограничений (составлено авторами)

При выявлении фундаментальной базы для анализа «узких мест» прежде всего необходимо определить факторы, обеспечивающие существование системы, к которым могут быть отнесены следующие:

- 1) идентификация цели инновационной деятельности;
- 2) определение ключевых факторов успеха инновационной деятельности;
- 3) выработка критериев оценки уровня достижения цели инновационной деятельности;
- 4) идентификация неблагоприятных факторов и системных ограничений, затрудняющих достижение поставленной цели.

В исследовании А. А. Владыкина инновации научно-производственного предприятия рассматриваются как необходимое условие для достижения целей организации, связанных с повышением рентабельности деятельности, конкурентоспособности бизнеса. В данном случае интересной представляется точка зрения автора, при которой инновации рассматриваются не как цель, а как инструмент для достижения данной цели [13].

Отметим, что системные ограничения следует анализировать с двух аспектов:

- 1) имеющие внутренний характер и присущие исключительно данной системе;
- 2) имеющие внешние причины возникновения и определяемые макроусловиями функционирования системы.

Обобщая исследования по проблематике теории ограничений, приведем примеры типов ограничений инновационной деятельности научно-производственных предприятий (табл. 1).

Таблица 1

Классификация ограничений («узких мест») инновационной деятельности научно-производственных предприятий (составлено авторами)

Тип ограничения	Содержание ограничения
Внешние	
Рыночные	Недостаток спроса на инновационную продукцию; высокие рыночные риски; неразвитость внутреннего рынка потребления инновационной продукции
Институциональные	Несовершенство нормативно-правовой базы регулирования инновационной деятельности, несогласованность инновационной и научно-технической политики национального уровня управления и отраслевых программ; недостаток уровня государственной поддержки; низкий уровень развития кооперационных связей
Логистические	Длительный логистический цикл поставки сырья и комплектующих; несогласованность действий участников цепи поставок инновационной продукции
Внутренние	
Ресурсные (материальные)	Недостаток инвестиций; устаревшая материальная база производства; высокий уровень износа производственных фондов и лабораторной базы
Ресурсные (нематериальные)	Недостаток знаний, квалификации, компетенций персонала; низкий уровень патентной защиты инновационной деятельности; низкий уровень коммерциализации результатов НИОКР
Организационно-управленческие	Низкая гибкость организационной структуры управления, высокая властная дистанция; низкое стремление избегать неопределенности; низкий уровень динамизма

Таким образом, теорию ограничений следует рассматривать как набор управленческих решений в сфере проектного и процессного управления инновационной деятельностью научно-производственного предприятия, позволяющих генерировать новые стратегические решения, отличающиеся большей эффективностью процесса управления, способствующие повышению конкурентоспособности предприятия и уровня его инновационной активности.

Заключение

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы. Во-первых, на научно-производственных предприятиях инновации рассматриваются не как цель, а как способ или инструмент для достижения цели, связанный с повышением конкурентоспособности научно-технологической сферы российской экономики. Во-вторых, преодоление ограничений инновационного развития научно-производственного предприятия следует рассматривать на основе интеграции теории кластерного, технологического развития, предпринимательской теории фирмы, теории ограничений и организации промышленности. В-третьих, несмотря на рост объема выполненных научно-исследовательских работ в расчете на одно промышленное предприятие, количество данных работ на одного сотрудника в сопоставимой динамике уменьшалось, что ставит на повестку дня вопрос управления

человеческим капиталом научно-производственных предприятий и подразделений, актуализируя специфику кадрового и научного потенциала данных организаций. Полагаем, что результаты проведенного исследования могут быть использованы в дальнейших работах по совершенствованию методов, механизмов и инструментов преодоления ограничений, сопровождающих работу научно-производственных предприятий, для повышения их ресурсной эффективности и конкурентоспособности.

Список литературы

1. Голдратт Э. М. Цель 2: дело не в везении. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2011. 277 с.
2. Голдратт Э. М., Голдратт-Ашлаг Э. Выбор: правила Голдратта. Минск : Попурри, 2017. 208 с.
3. Голдратт Э. М., Кокс Дж. Цель: процесс непрерывного улучшения. Минск : Попурри, 2012. 400 с.
4. Кимельман С. Интегрированная ресурсно-перерабатывающая модель // Экономист. 2012. № 1. С. 11–23.
5. Портер М. Международная конкуренция. М. : Международные отношения, 1993. 256 с.
6. Шумпетер Й. А. Теория экономического развития. М. : Эксмо, 2007. 864 с.
7. Тироль Ж. Рынки и рыночная власть: теория организации промышленности : пер. с англ. СПб. : Экономическая школа, 1996. 745 с.
8. Роббинс Л. Предмет экономической науки // THESIS. 1993. Т. 1, вып. 1. С. 18–28.
9. Артяков В. В., Чурсин А. А., Русинов А. А. Моделирование устойчивости управления проектами предприятий наукоемких отраслей промышленности // Бизнес в законе. 2014. № 6. С. 121–124.
10. Родионова И. А., Семенов А. С. Теория ограничений как инновационный инструмент управленческого планирования на предприятиях наукоемких отраслей // Computational nanotechnology. 2015. № 1. С. 40–43.
11. Шинкевич А. И., Кудрявцева С. С., Барсегян Н. В. Моделирование и оптимизация организационных структур и производственных процессов. Курск : Университетская книга, 2021. 102 с.
12. Кудрявцева С. С. Развитие национальных инновационных систем на принципах открытых инноваций // Экономический вестник Республики Татарстан. 2014. № 2. С. 41–46.
13. Владыкин А. А. Теория ограничений систем в реализации инновационных изменений на промышленных предприятиях // Науковедение. 2016. Т. 8, № 2. С. 1–11.

References

1. Goldratt E.M. *Tsel' 2: delo ne v vезenii = Goal 2: it's not about luck*. Moscow: Mann, Ivanov i Ferber, 2011:277. (In Russ.)
2. Goldratt E.M., Goldratt-Ashlag E. *Vybor: pravila Goldratta = Choice: Goldratt's rules*. Minsk: Popurri, 2017:208. (In Russ.)
3. Goldratt E.M., Koks Dzh. *Tsel': protsess nepreryvnogo uluchsheniya = Goal: a process of continuous improvement*. Minsk: Popurri, 2012:400. (In Russ.)
4. Kimel'man S. Integrated resource-processing model. *Ekonomist = Economist*. 2012;(1):11–23. (In Russ.)
5. Porter M. *Mezhdunarodnaya konkurenciya = International competition*. Moscow: Mezhdunarodnye otnosheniya, 1993:256. (In Russ.)
6. Shumpeter Y.A. *Teoriya ekonomicheskogo razvitiya = Theory of economic development*. Moscow: Eksmo, 2007:864. (In Russ.)

7. Tirol' Zh. *Rynki i rynochnaya vlast': teoriya organizatsii promyshlennosti: per. s angl. = Markets and market power: theory of industrial organization : trans. from English.* Saint Petersburg: Ekonomicheskaya shkola, 1996:745. (In Russ.)
8. Robbins L. Subject of economic science. *THESIS.* 1993;1(1):18–28. (In Russ.)
9. Artyakov V.V., Chursin A.A., Rusinov A.A. Modeling of sustainability of project management of enterprises of knowledge-intensive industries. *Biznes v zakone = Business in law.* 2014;(6):121–124. (In Russ.)
10. Rodionova I.A., Semenov A.S. Theory of constraints as an innovative tool of management planning at enterprises of high-tech industries. *Computational nanotechnology.* 2015;(1):40–43. (In Russ.)
11. Shinkevich A.I., Kudryavtseva S.S., Barsegyan N.V. *Modelirovanie i optimizatsiya organizatsionnykh struktur i proizvodstvennykh protsessov = Modeling and optimization of organizational structures and production processes.* Kursk: Universitetskaya kniga, 2021:102. (In Russ.)
12. Kudryavtseva S.S. Development of national innovation systems based on the principles of open innovation. *Ekonomicheskii vestnik Respubliki Tatarstan = Economic Bulletin of the Republic of Tatarstan.* 2014;(2):41–46. (In Russ.)
13. Vladykin A.A. Theory of system constraints in the implementation of innovative changes at industrial enterprises. *Naukovedenie = Naukovedenie.* 2016;8(2):1–11. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Алексей Иванович Шинкевич

доктор экономических наук,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой логистики
и управления,
Казанский национальный
исследовательский
технологический университет
(Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, 68)
E-mail: ashinkevich@mail.ru

Aleksey I. Shinkevich

Doctor of economic sciences,
doctor of technical sciences,
professor, head of the sub-department
of logistics and management,
Kazan National Research
Technological University
(68 K. Marx street, Kazan, Russia)

Светлана Сергеевна Кудрявцева

доктор экономических наук,
доцент, профессор кафедры
логистики и управления,
Казанский национальный
исследовательский
технологический университет
(Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, 68)
E-mail: sveta516@yandex.ru

Svetlana S. Kudryavtseva

Doctor of economical sciences,
associate professor, professor
of the sub-department
of logistics and management,
Kazan National Research
Technological University
(68 K. Marx street, Kazan, Russia)

Дмитрий Викторович Харитонов

доктор технических наук,
заместитель директора научно-
производственного комплекса
по производственной деятельности –
начальник цеха,
Обнинское научно-производственное
предприятие «Технология»
имени А. Г. Ромашина
(Россия, г. Обнинск, Киевское шоссе, 15)
E-mail: Haritonov.d1978@yandex.ru

Dmitry V. Kharitonov

Doctor of technical sciences, deputy
director of the scientific and production
complex for production activities –
head of the workshop,
Obninsk Scientific and Production
Enterprise "Technology"
named after A.G. Romashin
(15 Kievskoe highway, Obninsk, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию/Received 29.05.2023

Поступила после рецензирования/Revised 15.06.2023

Принята к публикации/Accepted 20.06.2023