

ЭКОНОМИКА

НАУКИ



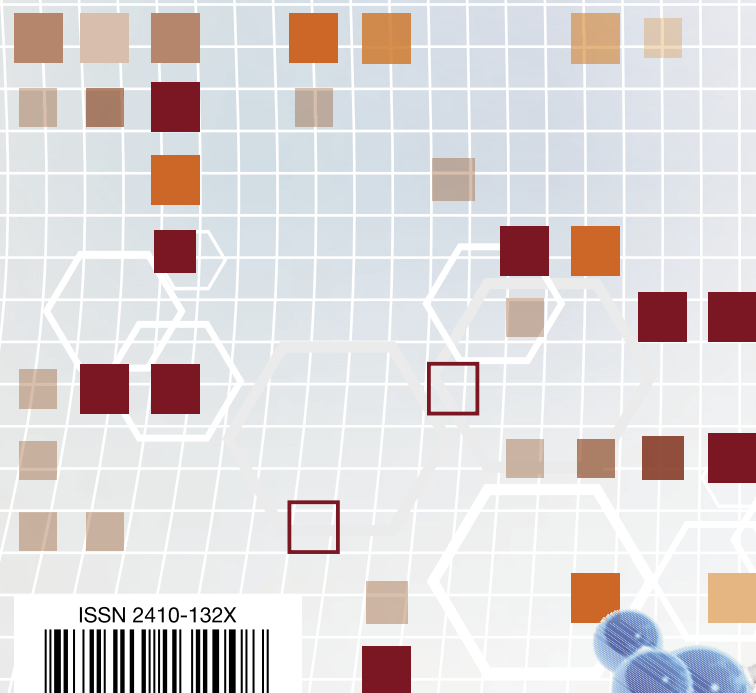
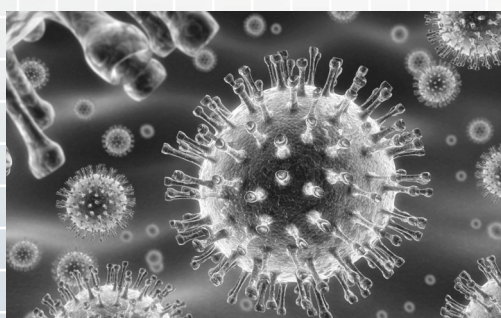
№ 1

Научно-практический журнал

2022

T.8

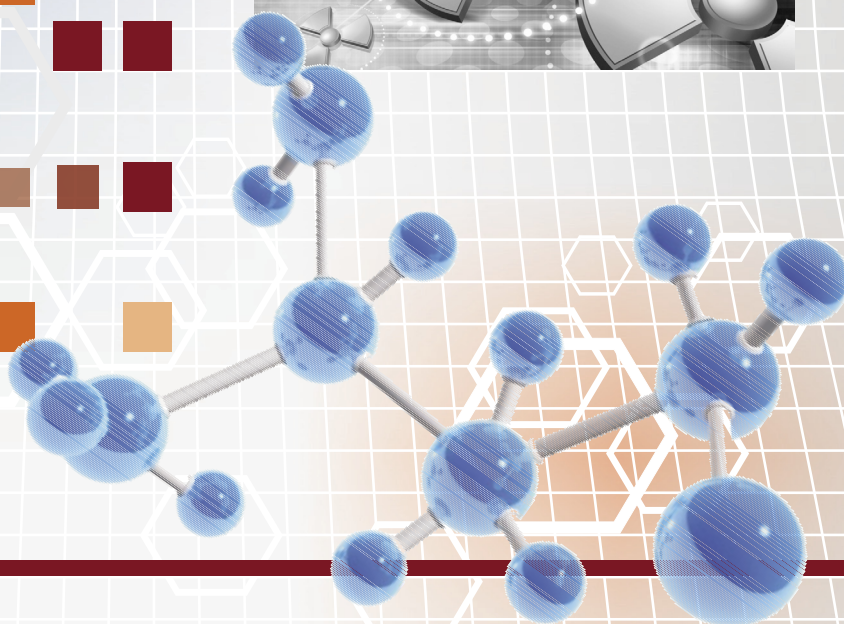
THE ECONOMICS OF SCIENCE



ISSN 2410-132X



9 772410 132008 >



Журнал «Экономика науки» включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Журнал «Экономика науки» включен в репозиторий открытого доступа «КиберЛенинка», который экспортирует свои данные в открытые международные репозитории научной информации такие, как Google Scholar, OCLC WorldCat, ROAR, BASE, OpenDOA, RePEc, Соционет и др.

Главный редактор

- *Куракова Наталия Глебовна*, директор Центра научно-технической экспертизы ИПЭИ РАНХиГС, доктор биологических наук (Москва, Россия)

Заместитель главного редактора

- *Зинов Владимир Глебович*, заместитель директора Центра научно-технической экспертизы ИПЭИ РАНХиГС, доктор экономических наук, кандидат технических наук (Москва, Россия)

Выпускающий редактор

- *Ерёменко Ольга Андреевна*, старший научный сотрудник Центра научно-технической экспертизы ИПЭИ РАНХиГС (Москва, Россия)

Editor-in-chief

- *Natalia G. Kurakova*, Director, Chief Researcher, Center for Scientific and Technical Expertise, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Moscow, Russia)

Deputy chief editor

- *Vladimir G. Zinov*, Chief Researcher, Center for Scientific and Technical Expertise, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Moscow, Russia)

Executive editor

- *Olga A. Eremchenko*, Senior Researcher, Center for Scientific and Technical Expertise, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Moscow, Russia)

Редакционный совет

- *Волков Андрей Тимофеевич*, заведующий кафедрой управления инновациями ГУУ, доктор экономических наук, профессор (Москва, Россия)
- *Глухов Виктор Алексеевич*, руководитель Фундаментальной библиотеки, зам. директора по научной работе ИНИОН РАН, кандидат технических наук (Москва, Россия)
- *Кузнецов Александр Юрьевич*, исполнительный директор Национального электронно-информационного консорциума (НЭИКОН) (Москва, Россия)
- *Ракитов Анатолий Ильич*, главный научный сотрудник ИНИОН РАН, доктор философских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации (Москва, Россия)
- *Рыбина Наталия Алексеевна*, патентный поверенный, член Совета Межрегиональной общественной организации содействия деятельности патентных поверенных «Палата патентных поверенных» (Москва, Россия)
- *Стародубов Владимир Иванович*, член Президиума РАН, академик-секретарь Отделения медицинских наук РАН, член Бюро Научного совета РАН по проблемам защиты и развития конкуренции, доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)
- *Тойвонен Николай Рудольфович*, проректор по стратегическому развитию СПбГЭУ, кандидат физико-математических наук, доцент (Санкт-Петербург, Россия)

Editorial Council

- *Andrey T. Volkov*, Head of the Department of Innovation Management, State University of Management, Professor (Moscow, Russia)
- *Viktor A. Gluhov*, Head of the Main Library, Deputy Director of Scientific Work, Institute of scientific information on social sciences RAS (Moscow, Russia)
- *Alexander Yu. Kuznetsov*, Executive Director, Nonprofit Partnership «National electronic-informational consortium» (Moscow, Russia)
- *Anatoliy I. Rakitov*, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Senior Researcher, Institute of Scientific Information on Public Affairs Sciences of Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)
- *Natalia A. Rybina*, Patent Counsel, Member of the Council of the Interregional Public Organization for the Support of Patent Counsels «Chamber of Patent Counsels» (Moscow, Russia)
- *Vladimir I. Starodubov*, Member of the Presidium of the Russian Academy of Sciences, Academician-Secretary of the Department of Medical Sciences of RAS, Member of the Bureau of the Scientific Council of RAS on the Problems of Protection and Development of Competition (Moscow, Russia)
- *Nikolai R. Toivonen*, Assistant professor, Vice-Rector for Strategic Development, St. Petersburg State University of Economics (UNECON) (Saint Petersburg, Russia)



Редакционная коллегия

- **Dr. Mario Coccia**, директор по исследованиям Национального исследовательского совета Италии, Колледжа Карло Альберто (Moncalieri-Torino, Италия)
- **Dr. Massimiliano Ferrara**, PhD, профессор, факультет права, экономики и гуманитарных наук, Медитеранский университет Реджо-ди-Калабрия (Реджо-Калабрия, Италия)
- **Dr. Noela Invernizzi**, PhD, адъюнкт-профессор, Школа образования и аспирантуры по государственной политике, Федеральный университет Параны (Куритиба, Бразилия)
- **Michele Meoli**, PhD, доцент, Университет Бергамо, Департамент менеджмента, информации и производственной инженерии (Бергамо, Италия)
- **Branco Ponomarev**, PhD, адъюнкт-профессор, Департамент государственного управления, Техасский университет в Сан-Антонио (Сан-Антонио, Техас, США)
- **Adriana Zait**, PhD, профессор, руководитель Докторской школы экономики и делового администрирования, Университет Александру Иоан Куза (Яссы, Румыния)
- **Клячко Татьяна Львовна**, директор Центра экономики непрерывного образования РАНХиГС, доктор экономических наук (Москва, Россия)
- **Мау Владимир Александрович**, ректор РАНХиГС, доктор экономических наук, профессор, заслуженный экономист Российской Федерации (Москва, Россия)
- **Петров Андрей Николаевич**, генеральный директор ФГБНУ «Дирекция научно-технических программ» Минобрнауки РФ, кандидат химических наук (Москва, Россия)
- **Сидорова Александра Александровна**, доцент кафедры теории и методологии государственного и муниципального управления ФГУ МГУ имени М.В. Ломоносова, кандидат экономических наук (Москва, Россия)
- **Цветкова Лилия Анатольевна**, ведущий научный сотрудник Центра научно-технической экспертизы ИПЭИ РАНХиГС, кандидат биологических наук (Москва, Россия)
- **Шейман Игорь Михайлович**, профессор НИУ ВШЭ, доктор экономических наук, заслуженный экономист Российской Федерации (Москва, Россия)

Editorial board

- **Dr. Mario Coccia**, Research Director, National Research Council of Italy, Collegio Carlo Alberto (Moncalieri-Torino, Italy)
- **Dr. Massimiliano Ferrara**, PhD, Full Professor, University Mediterranea of Reggio Calabria, Department of Law, Economics and Human Sciences (Reggio Calabria, Italy)
- **Dr. Noela Invernizzi**, PhD, Associate Professor, Education School and Public Policy Graduate Program, Federal University of Parana (Curitiba, Brazil)
- **Michele Meoli**, PhD, Associate Professor, University of Bergamo, Department of Management, Information and Production Engineering (Bergamo, Italy)
- **Branco L. Ponomarev**, PhD, Associate Professor, Department of Public Administration, The University of Texas at San Antonio (San Antonio, USA)
- **Adriana Zait**, Professor, PhD, Head of Doctoral School of Economics and Business Administration, University Alexandru Ioan Cuza (Iasi, Romania)
- **Tat'jana L. Kliachko**, Director, Center of Economy Continuing Education, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Moscow, Russia)
- **Vladimir A. Mau**, Professor, Honored Economist of the Russian Federation, Principal of The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Moscow, Russia)
- **Andrey N. Petrov**, General Director, Directorate of State Scientific and Technical Programme (Moscow, Russia)
- **Aleksandra A. Sidorova**, Associate Professor of the Department of Theory and Methodology of State and Municipal Administration, Moscow State University (Moscow, Russia)
- **Liliya A. Tsvetkova**, Leading Researcher, Center for Scientific and Technical Expertise, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Moscow, Russia)
- **Igor M. Sheiman**, Professor, Honored Economist of the Russian Federation, National Research University Higher School of Economics (Moscow, Russia)



**Т. 8
№ 1
2022**

ЭКОНОМИКА НАУКИ

Сартори А.В.

**Повышение результативности исследований:
планирование по уровням готовности
в бережливом НИОКР**

4-21

ЭКСПЕРТИЗА

*Сунцова Д.И., Павлов В.А., Макаренко Э.В.,
Бахолдин П.П., Полицинский А.С.,
Кремлев А.С., Маргун А.А.*



**Разработка Telegram-бота
«Определение уровня готовности технологии»**

22-30



*Тулупов А.В., Васильев И.П., Ионов Д.А.,
Палаткина Е.В., Петров А.Н., Чечеткин Е.В.*

**Использование метрик уровней готовности
при оценке зрелости продукта или технологии
к применению в ОАО «РЖД»**

31-45

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА



Бурцева Т.А., Ахмадов А.Р.

**Метод оценки влияния создания новой
промышленной инфраструктуры
на промышленное и социально-экономическое
развитие регионов**

46-57

ТРЕНДЫ



Терехов А.И.

О развитии научной базы квантовых технологий

58-72

ЭКОНОМИКА ОБРАЗОВАНИЯ



Трапезникова Е.М., Петропавловская А.А.

**Анализ эффективных способов
интернетпродвижения образовательных услуг
высшего учебного заведения**

73-81

КОНКУРСЫ



Текущие конкурсы Российского научного фонда

82



Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия как средство массовой информации.

Товарный знак и название являются исключительной собственностью учредителя.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений, а также за то, что в материалах не содержится данных, не подлежащих открытой публикации. Материалы рецензируются редакционной коллегией.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора. Перепечатка текстов без разрешения журнала «Экономика науки» запрещена. При цитировании материалов ссылка на журнал обязательна.

Учредитель — Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

Адрес учредителя:
119571, г. Москва,
проспект Вернадского, 82,
9-й корпус, офис 1902

Адрес редакции:
127254, г. Москва,
ул. Добролюбова, д. 11

Обратная связь:
Телефон: +7 (495) 618-07-92
E-mail: idmz@mednet.ru
Web: <http://ecna.elpub.ru>

Главный редактор:
Н.Г.Купцова, idmz@mednet.ru

Автор дизайн-макета:
Я.Ареев, slavaageev@rambler.ru

Компьютерная верстка и дизайн:
ООО «Допечатные технологии»

Администратор сайта:
НП «НЭИКОН», isupport@neicon.ru

Отпечатано в типографии РАНХиГС
119571, Москва, пр-т Вернадского, 82

Дата выхода в свет 31.03.2022 г.
Общий тираж 1000 экз.
Первый завод 20 экз. Цена свободная

© Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

ECONOMICS OF SIENCE

Sartori A.V.

Improving Research Performance Through Planning by Readiness Levels in Lean R&D

4-21

EXPERTISE

*Suntsova D.I., Pavlov V.A., Makarenko Z.V.,
Bakholdin P.P., Politsinsky A.S.,
Kremlev A.S., Margun A.A.*

Development of a Telegram Bot to Determine the Level of Technological Readiness

22-30

*Tulupov A.V., Vasiliev I.P., Ionov D.A.,
Palatkina E.V., Petrov A.N., Chechetkin E.V.*

Using Metrics of Readiness Levels in Maturity Assessment of a Product or Technology for Application in JSCo "RZD"

31-45

INDUSTRIAL POLICY

Burtseva T.A., Akhmadov A.R.

Method for Assessing the Impact of Creating a New Industrial Infrastructure on the Industrial and Socio-Economic Development of Regions

46-57

TRENDS

Terekhov A.I.

On the Development of the Scientific Base of Quantum Technologies

58-72

ECONOMICS OF THE EDUCATION

Trapeznikova E.M., Petropavlovskaya A.A.

Analysis of Effective Ways to Promote Educational Services of a Higher Educational Institution on the Internet

73-81

CONTESTS

Current Contests of the Russian Science Foundation

82

А.В. САРТОРИ,

АО «Прорыв» (Москва, Российская Федерация; e-mail: sartoriandrey@gmail.com)

ПОВЫШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ: ПЛАНИРОВАНИЕ ПО УРОВНЯМ ГОТОВНОСТИ В БЕРЕЖЛИВОМ НИОКР

УДК 338.28

<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-4-21>

Аннотация: Среди факторов, способствующих повышению результативности исследований и разработок, особое место занимает вопрос планирования работ по результатам, а также подбор критериев для мониторинга их результативности. Низкая результативность, отмечаемая на уровне государственных институтов, сдерживает инновационное развитие нашей страны. Первый принципиальный шаг в решении этой задачи – составление детальных технических заданий на основе эффективного планирования работ, сама возможность которого является острым дискуссионным вопросом в научно-техническом сообществе. Проанализирована и показана прямая связь планирования результатов и объективного мониторинга хода выполнения работ, которые совокупно приводят к повышению результативности, возможности перераспределения бюджета в пользу высокоэффективных инновационных разработок. На основе подхода бережливого НИОКР и адаптированных уровней готовности показаны как сама возможность, так и практические пошаговые рекомендации по планированию и оперативному мониторингу результатов. Рекомендации рассмотрены на примере формулировки критериев необходимости и достаточности испытаний экспериментальных образцов как важнейшего элемента ранней мотивации промышленного партнера к взаимодействию. Изложенная методология является важной составной частью развиваемой автором концепции бережливого НИОКР к дифференцированному управлению рисками на основе численных критериев готовности, раннему принятию решений по трансформации целей и задач работ в зависимости от полученных результатов, обоснованному перераспределению инвестиций. Результатом исследования являются практические рекомендации по планированию и оперативному контролю достигнутых результатов с целью создания конкурентоспособной инновационной продукции, ранней диагностики рисков, обоснований перераспределения бюджетных ассигнований. Статья может представлять интерес для руководителей научно-исследовательских подразделений университетов, инновационных компаний, стартапов, венчурных фондов, институтов развития.

Ключевые слова: результативность, НИОКР, планирование, мониторинг, уровни готовности, верификация результатов, УПТ, TRL

Для цитирования: Сартори А.В. Повышение результативности исследований: планирование по уровням готовности в бережливом НИОКР. *Экономика науки*. 2022; 8(1):4-21. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-4-21>



ВВЕДЕНИЕ

Планирование инновационных разработок при составлении технических заданий, оперативная оценка их результативности и управление рисками тесно связаны между собой. Без планирования невозможна объективная оценка результативности, поскольку результативность определяется по степени соответствия плану. Без правил численной оценки каждого проекта принятие управленческих решений неизбежно носит субъективный, а следовательно, односторонний характер.

Инновационные разработки отличаются тем, что в их основе лежит новое знание. В этом их сила, их потенциальная конкурентоспособность, но в этом же их фундаментальные риски. Многочисленные риски инновационных разработок, которые не всегда можно предусмотреть заранее, делают вероятность достижения цели весьма низкой [1, 2].

Как научиться ожидать неожиданное? Отсутствие правил оценки рисков является одной из причин, по которой планирование инновационных исследований и разработок рассматривается только в узкой области выбора направления работ и формального учета выполнения требований технических заданий. Да и сами требования зачастую представлены в форме выполнения процесса без гарантии достижения результата. Достижение результата при этом остается за скобками. Результат как цель не сформулирован, следовательно, уровень достижения результата и динамику его движения определить объективно не представляется возможным.

Такое планирование при внешней видимости контроля не дает механизма оперативного управления рисками, которые возникают на различных этапах разработок. Следовательно, оно не служит повышению результативности исследований и разработок, не позволяет ранжировать проекты по динамике их развития, концентрироваться на перспективных направлениях за счет сокращения тупиковых проектов.

Возможность и целесообразность детального планирования НИОКР является предметом острых дискуссий в научном сообществе, значительная часть которого отрицательно отвечает на этот вопрос.

В противоположность этому мнению результаты данной работы показывают возможность и, более того, необходимость детального планирования. Этот вывод проиллюстрирован с использованием методики бережливого НИОКР [3, 4] на частном случае формулировки детальных критериев необходимости и достаточности испытаний экспериментального образца инновационного продукта.

По причине чрезвычайной важности планирования для повышения результативности разработок посвятим часть работы аргументации возможности и необходимости детального планирования. Более полно данный вопрос будет изложен в последующих статьях. Здесь же отметим только обоснование возможности, специфику и основной подход к планированию инновационной разработки.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ

Главный тезис повышения результативности заключается в том, что неэффективные работы должны диагностироваться на предмет выполнения плановых характеристик на как можно более ранней стадии. План при этом должен быть полным и детальным. По неэффективным работам принимается управленческое решение вплоть до их заморозки. Таким образом уменьшаются потери ресурсов.

Инновационный продукт состоит из одной или нескольких частей – критических элементов, которые определяют его конкурентные преимущества. Поскольку разработка такого продукта ведется впервые, то риск достижения плановых характеристик конечного продукта равнозначен риску достижения плановых характеристик всеми критическими элементами. По этой причине постоянный контроль рисков по всем критическим элементам требует пошагового обоснования.

Каждый из инновационных процессов, входящих в исследование, может не дать ожидаемого результата, однако каждый критический элемент должен достичь конкретных плановых характеристик, иначе конкурентное преимущество конечного продукта на рынке может не быть достигнуто. Конкретные результаты отдельных процессов, как правило, непредсказуемы. Вполне вероятно, что какой-либо критический элемент не даст искомого результата. Что означает такой отрицательный результат для целей проекта? Сложно назвать такой результат успешным завершением разработки. Знание получено, но инновационный продукт не создан, его конкурентные преимущества спорны.

При этом лежащие в основе продукта процессы могут и должны заменяться другими по мере испытаний в случае отрицательного результата по одному из них. Отрицательный результат на каком-либо уровне, в отличие от научного исследования, является веской причиной остановки или переориентации всего проекта, если целевой продукт не может быть создан. При этом достижение целевого уровня готовности по этапу работ является необходимым условием достижения результативности НИОКР.

Из этого следует, что для повышения результативности разработок чрезвычайно важно планирование и его гармонизация с объективными критериями оценки выполнения планов.

При планировании каждый системный критерий наполняется конкретным содержанием, целевыми численными техническими характеристиками в зависимости от специфики разрабатываемого продукта и этапа разработки. Системный характер верхнеуровневых критериев дает возможность увидеть общую картину, спланировать достижение суммарного уровня готовности инновационного продукта для каждого этапа работ, не упустив важных для достижения результата аспектов.

Каждый системный критерий привязан к конкретному уровню готовности, достижение которого он характеризует. Действительно, выполнение некоторых критериев преждевременно требует на ранних уровнях готовности, в то время как выполнение других критериев рискованно откладывать на более поздние этапы. Критерий или их уникальный набор должны однозначно характеризовать уровни готовности во избежание неоднозначности оценки.

Методика бережливого НИОКР в соответствии с этим содержит требование последовательного целенаправленного достижения уровней готовности. Без выполнения этого требования создание целевого продукта является маловероятным и инвестиции в такие проекты имеют высокий риск превратиться в расходы. В случае если конечный продукт состоит из нескольких критических элементов, то для проверки их успешной интеграции они должны иметь одинаковый уровень готовности. Это налагает дополнительное условие на планирование по равномерной готовности критических элементов как мере снижения технологического риска.

В настоящей работе предлагаются верхнеуровневые критерии готовности, которые носят системный характер и справедливы применительно к отрасли знания, предметной области проектов. Системность предполагает общую метрику критериев, определяет общие рамки для необходимых и достаточных обоснований достижения результата на каждом уровне. Критерии должны быть прозрачными и объективными для

сужения диапазона экспертных оценок уровня готовности, повышения их точности.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОЦЕНКИ И ПЛАНИРОВАНИЯ НИОКР

Оценке эффективности и результативности НИОКР придается большое значение в силу основных постулатов теории управления [5, 6]. Например, в учебном пособии экономического факультета МГУ термин «планирование» употребляется более 100 раз [7].

Анализ этих работ показывает, что основные показатели эффективности и результативности в основном сформировались и остаются неизменными на протяжении последних десятилетий: объем выполненных НИОКР, публикационная активность, объекты интеллектуальной собственности. Эти показатели применяются как для фундаментальных исследований, направленных на получение знаний, так и для прикладных исследований. По этим показателям эффективность и результативность в отчетах представлена на высоком уровне [8].

Вместе с тем становится все более очевидным, что развитие инновационной экономики требует иных измерений результативности и связанных с этим методик планирования работ, направленных на повышение результативности. Все более важным становится целенаправленное получение инновационного конкурентоспособного на рынке продукта при экономном расходовании ресурсов.

Следует отметить, что в контексте данной статьи под инновационным продуктом понимается такой продукт, который за время жизненного цикла приносит выручку, покрывающую все понесенные расходы на его жизненном цикле, включая разработку, изготовление, продажи, поддержку. Для инвесторов важно, чтобы при управлении портфелями выручка покрывала также расходы на неудачные проекты, оставшиеся по причине их экономической неэффективности [9].

Современная конкуренция в инновационных отраслях промышленности, глобализация инноваций, информационная доступность, ограниченность ресурсов предъявляют новые требования к оценкам эффективности результатов

инновационных исследований, в особенности на ранних уровнях их развития, когда риски велики.

В России этот факт отмечен поручением по итогам совместного заседания Госсовета и Совета по науке и образованию [10], предусматривающим разработку механизма оценки результативности научных исследований и разработок с учетом уровней готовности технологий и необходимости установления требований к показателям, характеризующим каждый такой уровень.

Эффективность любого проекта в практическом понимании определяется по степени выполнения плана, проверки удовлетворения результата проекта всем требуемым параметрам и установленным ограничениям. Поэтому, как уже отмечалось выше, вопрос об оценке эффективности с неизбежностью приводит нас к вопросу о детальном планировании инновационных исследований и разработок/НИОКР [11].

Организация планирования и контроля в НИОКР, инновационных проектах имеет особое значение в силу того, что создание новых технологий, не применявшихся ранее, напрямую сопряжено со специфическими технологическими, производственными, инженерными, патентными, организационными, рыночными рисками [3, 4], многие из которых невозможно определить заранее и предотвратить на начальных этапах работ, основываясь на предыдущем опыте.

Традиционно планирование НИОКР осуществляется в организации путем определения направления, приоритета работ, на которые поданы заказы, и мониторинга выдачи научных результатов в соответствии с утвержденной рабочей программой [12–18].

Подчеркнем, что в рамках рассматриваемого вопроса мы делаем существенное различие между фундаментальными исследованиями, направленными на получение знаний, и прикладными исследованиями, направленными на создание на основе новых знаний востребованного рынком инновационного продукта. Отличие в плане результативности заключается в том, что от инвестиций в инновационные проекты предполагается получить прибыль в итоге последующей реализации на рынке созданных продуктов и услуг. Этот факт предопределяет особое внимание к механизмам повышения

эффективности инновационных исследований, исключение неоправданных затрат, раннюю оценку рисков, оперативное перераспределение ресурсов в пользу перспективных проектов.

Планирование инновационных исследований и разработок в практической плоскости воспринимается тождественным составлению технического задания (ТЗ) и календарного плана (КП) как его части. Решение об успешном завершении работ принимается на основании экспертной оценки соответствия результатов по составу и срокам технического задания.

Состав ТЗ определяется нормативными документами ГОСТ 15.101–98 «Порядок выполнения научно-исследовательских работ» и ГОСТ 7.32–2017 «Отчет о научно-исследовательской работе». Вместе с тем эти документы не формализуют детально результаты работ, их достаточность для обоснования создания инновационного продукта, оставляя вопрос детализации планирования, критериев достижения результатов на усмотрение заказчика.

Действительно, именно заказчик инновационного проекта в первую очередь должен быть заинтересован в получении эффективного с технико-экономической точки зрения результата, возврате инвестиций, несмотря на все сопутствующие риски. В противоположность заказчику исполнитель вполне комфортно чувствует себя при крупноблочном планировании работ с размытым описанием цели и продукта, широкими допусками или с полным отсутствием фиксированных требований к характеристикам планируемых результатов, поэтапному подтверждению достижимости цели или обоснованию ее недостижимости, необходимости и достаточности испытаний.

Ввиду отсутствия объективных детальных критериев в научном сообществе широко распространено и активно поддерживается мнение о том, что исследовательские проекты невозможно планировать детально, мониторить их выполнение на коротких интервалах времени. Возможность детального планирования результатов является остро дискуссионным вопросом. Действительно, как описать результат того, что еще никто не делал? Позволит ли Природа и мастерство исследователя достигнуть рекордных показателей критических элементов?

Именно рекордных, так как без них теряется весь смысл инноваций как рискованных вложений в надежде на то, что новый продукт существенно превзойдет на рынке конкурентов и окупит понесенные затраты.

Исследования, изложенные в данной статье, дают оптимистический ответ на этот вопрос. Да, детальное планирование по результатам возможно при условии, что ТЗ составлено на основе полного набора верхнеуровневых (системных) критериев с обязательной их детализацией численными параметрами критических элементов. Причем верхнеуровневые критерии сформулированы на системном, т. е. не зависящем от конкретной специфики проекта, уровне. Их структура обеспечивает полноту планирования необходимых и достаточных работ. Иными словами, они показывают, все ли необходимые меры приняты на данном уровне готовности для подтверждения пригодности экспериментального образца для целей проекта. Чрезвычайно важной характеристикой системных критериев является их объективность. Этому условию удовлетворяют бинарные критерии оценки с результатами «ДА» или «НЕТ». Системные критерии должны быть максимально адаптированы под конкретику проекта и каждого его критического элемента и доведены до количественной формы, например, прочность, производительность, рабочая температура, быстродействие, емкость, и т. п.

Нет возможности гарантировать в ТЗ, что результат впервые проводимого исследования будет достигнут. Однако важным является то, что недостижение результата или его недостаточное обоснование должно определяться объективно и на возможно более раннем уровне. Требование о своевременном информировании заказчика о невозможности продолжения работ при выяснении препятствующих их завершению обстоятельств, как правило, включено в типовое ТЗ. Однако автор не сталкивался в своей практике с реализацией данного условия. Наиболее вероятной причиной этого является процессная формулировка состава работ, отсутствие описания результата и критериев его достижения. А выполнение процесса исследования, даже если он не завершился плановым результатом, всегда можно обосновать. В этом, по мнению

автора, кроется корень той «болезни» инновационных разработок, которую не удается вылечить на протяжении последних лет. Имя этой болезни – недостаточная продуктивность (отчет Счетной палаты РФ) для формирования собственной научно-технологической основы для создания и реализации приоритетов [19].

Призывы сделать исследования и разработки еще более результативными, используя прежние методы, неминуемо приносят прежние результаты. Неожиданно оказывается, что рекордный результат не получен или результат не нужен промышленности, менеджеры которой не верят не подкрепленным результатами обещаниям ученых. А когда наконец достаточные данные получены, оказывается, что это решение уже не требуется или не интегрируется в производственный процесс, или оказывается менее экономически эффективно, чем существующие решения.

Для полноты направлений необходимых трансформаций планирования в ТЗ отметим, что оно должно также включать описание предмета разработки, структуры его критических элементов, начальную и конечную оценку уровня готовности по набору критериев, в т. ч. по необходимости и достаточности проведенных испытаний экспериментального образца, процедуру мониторинга и приемки работ по объективным критериям. Однако полный набор требований к трансформации ТЗ не входит в тему данной статьи и будет описан отдельно в последующих статьях на основе подхода «Бережливый НИОКР».

НЕОБХОДИМОСТЬ И ДОСТАТОЧНОСТЬ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОДУКТА

Сосредоточимся на описании одного из ключевых и дискуссионных механизмов объективного детального планирования и оценки уровня готовности инновационного продукта по результатам испытания образцов. Создание такой доказательной базы будет, несомненно, способствовать более успешному раннему взаимодействию с промышленностью, определению значения риска инвестирования в разработку, своевременному принятию решения о поддержке, остановке или переориентации проектов,

экспериментальные результаты которых недостаточно обоснованны или негативны.

Действительно, демонстрация на ранних уровнях готовности потенциальному пользователю отдельных характеристик инновационного продукта без учета других важных факторов, а также их взаимного влияния, вряд ли заинтересует пользователя. Напротив, с большой вероятностью, потребителя заинтересует демонстрация испытания всех основных и второстепенных факторов в их взаимодействии в полных диапазонах их изменения. Развивая этот тезис, можно заключить, что задача планирования создания продукта состоит в поэтапном переходе от испытания основных факторов к полному воспроизведению реальных условий.

Знание критериев оценки результатов для разных уровней готовности позволяет составить детальный план работ с указанием срока и необходимых ресурсов для выполнения каждого критерия, проводить оперативный мониторинг результативности, принимать управленческие решения, прогнозировать риски.

Результаты настоящей работы ориентированы в первую очередь на заказчиков НИОКР, нацеленных на коммерциализацию продукта, которые с помощью практической методологии планирования и контроля в рамках бережливого НИОКР определяют содержание ТЗ. Заказчики получают эффективный инструмент ранней диагностики и управления инновационными рисками с фокусом на технологические риски (достижение уровней технологической готовности, TRL), которые являются первостепенными. Планирование и мониторинг других инновационных рисков: производственных, инженерных, патентных, организационных, рыночных, а также экономической целесообразности проводится по аналогичной процедуре и будет детально рассмотрено в последующих работах.

Однако есть иной большой класс работ по созданию продукта для открытого рынка, заказчик которых неизвестен. В этом случае ТЗ составляет инициатор работ. Он является заинтересованным лицом в представлении убедительного плана работ и распределения ресурсов. Данная методология может быть использована исполнителями для этой цели.

Если обобщить сказанное, то методология бережливого НИОКР как единый язык оценки сквозной разработки инновационного продукта может быть использована всеми участниками инновационной цепочки, а именно исполнителями, руководителями проектов, стартапов, владельцами продукта, акселераторами инновационных компаний, стартап-студиями, университетами, венчурными фондами в случае их заинтересованности в повышении коммерческой ценности результатов.

Как отмечалось выше, нужно отличать НИОКР как часть инновационного проекта от работ по научным грантам. Эти работы имеют разные цели и критерии успешности. Тем не менее для научно-исследовательских работ, носящих фундаментальный характер и не являющихся предметом коммерциализации, изложенный в статье подход также может быть применен. Однако для этого нужна адаптация критериев готовности под специфику научных исследований, целью которых является получение знаний. Работа в этом направлении ведется, но выходит за рамки тематики данной статьи.

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ

Ввиду возросшей конкуренции в инновационной области успеха в первую очередь могут достичь лишь те проекты, которые представляют команды узкоспециализированных профессионалов, лидирующих специалистов мирового уровня с точки зрения как технологии, так и других аспектов коммерциализации, о которых речь пойдет в данной статье далее.

Фактически внешние эксперты должны оценить проект, подготовленный самими квалифицированными в заявляемой области специалистами. Круг таких экспертов весьма и весьма ограничен. Это зачастую приводит к ситуации, когда проекты узких специалистов оценивают эксперты из смежных областей, не погруженные в контекст решаемой проблемы как по численным значениям критических характеристик, так и доступным на рынке альтернативным решениям. Не являются исключением и случаи конфликта интересов, отмеченные, например, в рекомендациях эксперту Российского научного фонда [20].

Конкретные критерии достижения тех или иных требований, их полнота, как правило, не задаются явно, в итоге их содержание является субъективным и остается на усмотрение экспертов.

По этой причине не всегда достигается цель экспертной оценки, которая по природе своей должна быть независимой, объективной и единообразной при проверке достижения результатов работ, научной новизны, практической значимости, квалификации команды, патентной защиты, перспектив рынка, эффективности затраченных средств. Экспертам более комфортно дать положительный отзыв о «большой научной значимости результатов» и «обоснованности затрат», чем самостоятельно аргументировать по существу причины негативного отзыва, тем более что серьезной ответственности за неуспех коммерциализации эксперты не несут.

Наша задача состоит в обеспечении объективности при контроле качества выполнения НИОКР в части необходимости, достаточности и целесообразности ее проведения. Какой результат НИОКР признается успешным, а какой нет? В широко распространенной классической верхнеуровневой методологии TRL [21–26] эти критерии в явном виде не присутствуют.

Несомненно, применение верхнеуровневых критериев TRL признаны значительным шагом вперед. Однако наша цель этим не достигается.

Мы подошли к принципиально важному вопросу, к анатомии TRL. Классическое определение TRL [28] обладает несомненным преимуществом – высоким уровнем обобщения для различных предметных областей. Для TRL за последние 30 лет разработаны процедуры оценки [23] и ГОСТы [26, 27]. Показано, что в годовом интервале для крупных программ такой подход себя полностью оправдывает [4].

Однако в условиях высокой динамики инновационных проектов это преимущество оборачивается в недостаток. На оценку необходимости, достаточности и целесообразности по обобщенным требованиям накладывают отпечаток индивидуальные предпочтения экспертов. Нередки случаи, когда диапазоны оценок экспертов при классическом обобщенном описании различаются на несколько единиц TRL.

Много это или мало? С точки зрения планирования и оперативного контроля такая высокая погрешность неприемлема, особенно если учесть, что средний уровень возрастания TRL составляет около одной единицы в год [4]. Получается, что при таком разбросе оценок определить TRL можно не чаще одного раза в несколько лет. Ограниченная этим частота проверки готовности продукта не подходит для раннего мониторинга рисков, ежемесячного контроля, не говоря уже о еженедельном и еще более частом контроле, который применяется, например, в прогрессивной методологии Scrum. Выход такого продукта на рынок будет неоправданно задержан, а сам продукт теряет актуальность.

Естественным путем преодоления этой «родовой травмы» классической методологии уровней технологической готовности является, во-первых, пошаговая детализация задач по времени в пределах одного уровня, во-вторых, формулировка конкретных характеристик на основе верхнеуровневых системных требований к их достижению, обеспечивающих необходимость и достаточность испытаний. При этом непременным условием является сохранение уровня высокого обобщения, применимости к разным предметным областям.

Первый путь был реализован введением описания шагов в пределах одного уровня [4, 30]. Применение шагов в описании TRL на практике показало существенное увеличение чувствительности и «разрешающей способности» экспертизы [29]. Работы, ранее попадавшие в один уровень готовности, при применении шагов разделились на 6–7 подуровней. Появилась возможность определять динамику возрастания зрелости продукта на этапах длительностью 1 квартал и менее, определять работы с наименьшим риском коммерциализации.

Реализацию второго пути, детализацию требований к уровню готовности удалось осуществить в исследовании, излагаемом далее. Он основан на разделении требований/критериев на группы, системные по своему содержанию. Разнесение требований этих групп по уровням готовности, применение их в совокупности позволяет существенно более полно выделить необходимые и достаточные условия достижения

уровней готовности, а значит, более точно спланировать и проконтролировать процесс, снизить риск разработки инновационного продукта.

Эти группы могут использоваться выборочно или дополняться в зависимости от специфики предметной области проекта. Разработка групп системных критериев достижения технологической готовности продукта в зависимости от уровня его готовности является основным содержанием настоящей статьи.

В основе настоящей работы лежит методология бережливого НИОКР [3]. В ее рамках рассмотрен конкретный элемент – разработка и использование единой сквозной системы планирования и мониторинга необходимости и достаточности проводимых испытаний по всем уровням технологической готовности. Такие оценки наряду с оценками по другим параметрам инновационной готовности (MRL, ERL, ORL, BRL, CRL) [3] используются для принятия решения о продолжении работ по проекту.

Системообразующей при этом является линейка критериев TRL. Остальные критерии выбираются исходя из тех возможностей, которые предоставляет набор результатов, полученных на определенном уровне TRL.

В методологии предусмотрено создание единого сквозного языка при подготовке ТЗ на основе критериев оценки. Это позволяет, с одной стороны, минимизировать риски при планировании, распределить ресурсы, а с другой стороны, дать полную и достаточную информацию как для объективной экспертной оценки специалистами из смежных областей, так и для промышленности, потребителей продукта.

Критерии должны иметь несколько степеней детализации. Верхнеуровневые критерии должны иметь системный характер. Это важно для сопоставления результативности проектов из разных предметных областей. Второй уровень детализации критериев отражает специфику отрасли. И, наконец, третий уровень детализации может отражать специфику отдельной группы проектов.

Критерии готовности по этим блокам логично разнести по уровням готовности.

Действительно для каждого конкретного уровня готовности возможно сформулировать те критерии, которые следует выполнить. Имея

при этом в виду, что не все требования к экспериментальному образцу можно проверить на ранних уровнях готовности.

На основе анализа международного практического опыта, а также собственных работ и распространенных ошибок планирования можно выделить несколько блоков детальных критериев технологической готовности, которые характеризуют ее уровень с разных сторон. Блоки включают в себя в том числе масштаб экспериментального образца (от идеи и макета до демонстратора), степень полноты функционала, интеграцию образца в конечное изделие, необходимость и достаточность испытаний или степень верификации характеристик образца.

Описание критериев блока масштабирования было приведено в работе [29]. Блоки полноты функционала, интеграции и используемого материала концептуально разработаны и будут представлены в следующих публикациях.

СИСТЕМНЫЕ КРИТЕРИИ НЕОБХОДИМОСТИ И ДОСТАТОЧНОСТИ ИСПЫТАНИЙ

Разберем практические примеры системных требований к необходимости и достаточности испытаний на примере разработки приборов, оборудования, механизмов (hardware). Отметим, что для разработки программного продукта и изделий из других предметных областей подход бережливого НИОКР также подходит после соответствующей адаптации критериев.

Необходимость и достаточность как элементы доказательной базы используются разработчиками при защите проектов, при представлении потенциальным инвесторам, венчурным фондам. От того, насколько эта база полна, во многом зависит успех. Яркая и красочная презентация без наполнения убедительными фактами уже многих не устраивает [31].

Сутью планирования большинства технических заданий является проверка свойств прототипа, подтверждение результатов по согласованной программе и методике испытаний. Возникает вопрос, достаточны ли результаты для обоснования перехода на очередной уровень готовности? Существуют ли другие факторы, неучет которых приводит к увеличению

риска недостижения результата? Не закончится ли НИОКР рекомендацией о проведении дополнительных исследований на том же технологическом уровне? Полнота объема проведенных исследований при планировании, как правило, не обосновывается. Однако только корректно проведенная проверка может входить в доказательную базу для определения соответствующего уровня готовности и связанного с ним риска.

Как отличить успешную полную проверку (верификацию) от фрагментарной неуспешной? Как отличить разные степени готовности прототипа? Ответ на эти вопросы изложен далее.

Определения необходимости и достаточности в наиболее общем виде даны в логике и математике (Необходимое и достаточное условие)¹.

Для применения в методологии бережливого НИОКР адаптируем эти классические определения для условий проектного управления следующим образом.

Необходимость испытаний означает, что результат этапа/проекта может быть достигнут только в том случае, если данные исследования дали положительный результат. Иными словами, без успешного проведения каждого из необходимых испытаний для каждого критического элемента и их интеграции с другими элементами невозможно исключить значительные технологические риски. При этом могут присутствовать другие дополнительные испытания, но их результат не требуется в обязательном порядке для достижения результата этапа/проекта.

Достаточность набора исследований означает, что их совокупный положительный результат однозначно означает достижение результата этапа/проекта. Иными словами, такой набор испытаний гарантирует, что при их успешном проведении преодолены все ожидаемые на данном уровне готовности технологические риски дальнейшего создания полнофункционального полномасштабного продукта и его интеграции в финальный продукт.

¹ Суждение Р является *необходимым условием* суждения Х, когда из (истинности) Х следует (истинность) Р. То есть, если Р ложно, то заведомо ложно и Х.
Суждение Р является *достаточным условием* суждения Х, когда из (истинности) Р следует (истинность) Х, то есть в случае истинности Р проверять Х уже не требуется.
<https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/211597>

Необходимость и достаточность результатов можно рассматривать как предоставление свидетельств того, что все возможные тестовые процедуры запланированы в методике и программе испытаний, а результаты подтверждают достижение всех целевых характеристик в условиях, определяемых для каждого уровня готовности индивидуально.

Широко распространено мнение о том, что необходимость и достаточность испытаний в полной мере определяются заказчиком и формулируются в техническом задании, ГОСТах, нормативных документах, программе приемки. Это мнение в значительной степени оправдано в случае, когда речь идет о разработке конкретного изделия по известной технологии, технологический риск по которому отсутствует. Например, о применении известных технических решений в известных условиях в проверенных диапазонах изменения внутренних и внешних факторов.

Иная картина складывается в инновационных проектах, принципиально построенных на рисках [9]. В этом случае на любом этапе существует риск неудач и процесс разработки должен модифицироваться в зависимости от полученных достоверных результатов.

Заказчик инновационного продукта не всегда может предугадать, какие технологические повороты претерпит проект. Поэтому не может однозначно детально сформулировать методики и программу испытания экспериментальных макетов, моделей, демонстраторов. Заказчику важен результат. Если разработка по его конкретным требованиям заведет проект в тупик, то исполнитель сошлется на полное выполнение ТЗ и будет прав.

Понимая такую специфику высокорисковых технологических проектов, западные компании начали применять подход разделения рисков (risk sharing) при разработке элементов и компонентов инженерной системы. Например, в аэрокосмической промышленности AIRBUS и EMBRAER [32] используют такой подход для сокращения размера инвестиций и рисков. Партнеры (исполнители, поставщики решений) при этом выполняют разработку элементов системы, принимая риск ее успешной интеграции. При таком походе детали конструкции,

материалы, режимы их изготовления, методики и программы тестирования лежат в области ответственности партнеров-исполнителей.

В прикладных исследовательских работах такой подход также обеспечивает снижение риска интеграции решения в систему, поскольку он позволяет исключить на ранней стадии возможные ошибки, узкие места и неопределенности при составлении технических заданий, используя специализированные знания исполнителей. Партнер-исполнитель применяет те лучшие технологии и методики тестирования, которыми он обладает в зависимости от промежуточных результатов. При этом он отвечает за конечный результат – создание планируемого продукта и бесшовную интеграцию элемента в систему.

В отличие от ортодоксальной системы «изготовь по чертежу» сотрудничество переходит к схеме разделения рисков «разработай и изготовь».

Для исполнителя такая система приносит выгоду в виде упрощения согласования технического задания. Однако в то же время возрастает его ответственность в выборе инновационных технических решений и их альтернатив, программ и методик испытаний, обосновании их необходимости и достаточности, распределении ресурсов.

Для построения практических критериев пошагового продвижения по уровням готовности испытаний нам потребуются их некоторые системные характеристики, которые определим следующим образом.

Критические факторы/процессы/воздействия – факторы, определяющие критическое преимущество продукта.

Второстепенные факторы/процессы/воздействия – факторы, влияние которых на критические факторы незначительно, но может приводить к ограничению диапазонов параметров или областей применения продукта.

Внутренние факторы/процессы (INT) – процессы, происходящие внутри продукта, формирующие его критическое преимущество, например, все, что определяет свойства продукта как такового: взаимодействие его частей, тепловые, электромагнитные, механические, ядерные, логические, химические реакции и состав, фазовые переходы, радиационные свойства,

гидродинамика, свойства материалов, трение, износ, коррозия, внутренние исполнительные механизмы, ресурс, управляющие сигналы встроенных датчиков.

Внешние факторы/процессы/воздействия (EXT) – влияние других элементов системы и окружающей среды, последовательно воспроизводящие реальные условия эксплуатации продукта, например, все, что определяет интеграцию продукта в систему и среду: механические, тепловые, химические, радиационные воздействия, влияния окружающих сред, управляющие воздействия.

Ограниченный диапазон – диапазон изменения параметров внутренних и/или внешних факторов/процессов, не позволяющий надежно масштабировать результаты испытания на реальные условия эксплуатации продукта без проведения дополнительных исследований.

Полный диапазон – диапазон изменения параметров внутренних и/или внешних факторов/процессов, позволяющий без риска масштабировать результаты тестирования на реальные условия эксплуатации продукта.

Взаимное воздействие (MIX) – одновременное воздействие нескольких или всех внутренних и/или внешних факторов/процессов в продукте с целью последовательного приближения к реальным условиям его эксплуатации.

Применение требования необходимости и достаточности для верификации означает, что проверке подлежат все возможные для данного уровня готовности внешние и внутренние факторы в доступных диапазонах изменения, а также их взаимное влияние. Степень сложности верификации нарастает по мере возрастания уровня готовности прототипа.

При этом верификации подлежат внутренние, внешние воздействия, а также их взаимное влияние вплоть до реальных условий. Воздействия подразделяются на критические и второстепенные, изменяемые в ограниченном или в полном диапазоне.

Более детально разнесение системных требований представлено в *таблице 1*, в которой суммированы требования, предъявляемые к масштабу и необходимым и достаточным испытаниям экспериментального образца для различных уровней готовности.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты разработки критериев необходимости и достаточности испытаний экспериментального образца, присущих каждому уровню технологической готовности, представлены в *таблице 1*. Детализация проведена для критериев блоков «Масштабируемость» и «Необходимость и достаточность результатов испытаний» (TRL3-TRL6).

Таблица 2 наглядно представляет распределение критериев необходимости и достаточности испытаний экспериментального образца по уровням технологической готовности. Данные таблицы подчеркивают однозначность соотношения внутренних и внешних воздействий для составления программы и методики испытаний.

При практическом планировании результатов предстоящих работ целесообразно каждый из критериев планового уровня готовности охарактеризовать численно исходя из специфики инновационного продукта, а также указать ресурсы, требуемые для его достижения. Важно обратить внимание на предварительное составление полного перечня критических и второстепенных факторов, их взаимодействий, диапазонов изменения, а также возможностей экспериментальной техники реализовать такие испытания.

Таблица 2 представляет основной результат настоящего исследования. Воздействие различных факторов в исследуемом образце и его взаимодействие с окружающими элементами, интеграция в конечный продукт структурированы на системном уровне. В ячейках с надписью «TRL», расположенных по диагонали, показано оптимальное соотношение внутренних и внешних факторов, необходимых и достаточных для верификации на данном уровне готовности.

Разбиение на внутренние и внешние воздействия/факторы иногда условно, тем не менее весьма полезно для понимания полноты тестирования. Деление на основные и второстепенные факторы также зависит от задачи. Например, аккумуляторы для автомобиля и для смартфона могут иметь разный набор основных и второстепенных факторов. Их набор является очень важным элементом формулировки требований к конечному продукту.

Для большей наглядности приведем несколько примеров, иллюстрирующих разбиение на внешние, внутренние, основные, вспомогательные факторы для разных применений.

Пример 1. Разработка химического источника тока

а. Внутренние факторы:

1. Основные: электрохимические процессы, в том числе удельная накопленная энергия, удельная мощность, ток разряда, рост дендритов.
2. Второстепенные: удельный вес, число циклов заряд/разряд, время заряда, ток заряда, саморазряд, внутреннее сопротивление, газовыделение, скорость достижения номинальных характеристик.

Перечисление факторов не претендует на полноту, однако иллюстрирует методологический принцип. Основные и второстепенные факторы могут дополняться, переноситься из одной категории в другую в зависимости от целевого назначения продукта.

б. Внешние факторы:

1. Основные: температура, вибрация, контроль заряда, технологичность и характеристики корпусирования.
2. Второстепенные: теплоотвод от элемента, устойчивость к короткому замыканию, устойчивость к удару, влажности и агрессивным средам, коррозия электродов и проч.

с. Диапазоны изменения внутренних и внешних факторов: ограниченные (нормальные условия), лабораторно воспроизводимые условия, реальные условия.

д. Взаимодействие – тестирование при взаимодействии основных и второстепенных внутренних и внешних факторов, пошаговая верификация характеристик, приближающаяся к реальным условиям, включая полные диапазоны изменения параметров. Примеры разного уровня полноты исследования взаимодействий:

1. Неполный: исследование удельной энергии только при повышенной температуре.
2. Полный: исследование удельной энергии при повышенной температуре, вибрации, возрастании циклов

Таблица 1

**Детализация критериев группы критериев «Масштабируемость»
и «Необходимость и достаточность испытаний»
к уровням технологической готовности (пример TRL3-TRL6)**

TRL	Критерии			
	3	4	5	6
Обобщенное (классические) содержание уровня готовности	Изготовлен макет и продемонстрированы его критические характеристики.	Изготовлен лабораторный образец, подготовлен лабораторный стенд, проведены испытания базовых функций связи с другими элементами системы.	Изготовлен и испытан экспериментальный образец в реальном масштабе по полупромышленной технологии, проведена эмуляция основных внешних условий.	Изготовлен полнофункциональный полномасштабный образец на пилотной производственной линии, подтверждены рабочие характеристики в условиях, приближенных к реальности.
Масштабируемость	Лабораторный: элементы не интегрированы, проверка концепции.	Лабораторный: элементы интегрированы.	Полнофункциональный опытный образец без риска масштабирования.	Полнофункциональный полномасштабный образец (демонстратор).
Верификация: внутренние факторы, INT	Единичные критические INT в ограниченных диапазонах.	Все критические INT в близких к реальным диапазонах, оценка второстепенных INT в ограниченных диапазонах.	Все критические INT и второстепенные INT в близких к реальным диапазонах.	Максимально возможные в лабораторных условиях критические и второстепенные MIX в максимально близких к реальным диапазонах во взаимодействии.
Верификация: внешние факторы, EXT	Оценка единичных критических EXT.	Оценка всех критических EXT в ограниченных диапазонах.	Все критические EXT и второстепенные EXT в близких к реальным диапазонах (эмуляция).	
Верификация: факторы во взаимодействии, MIX	Нет требований.	Взаимодействие всех критических INT в ограниченных диапазонах, оценка единичных критических EXT в ограниченных диапазонах.	Все критические MIX в ограниченных диапазонах, оценка второстепенных MIX в близких к реальным диапазонах.	

«заряд-разряд», коррозии и всех других основных и второстепенных факторах.

Пример 2. Разработка цифровой модели процесса коррозии

Для надежного моделирования с использованием модели требуется как минимум написание алгоритма и его верификация (испытание) в условиях, воспроизводящих реальность.

а. Внутренние факторы для включения в алгоритм расчета:

1. Основные: свойства материала, химсостава поверхности, коррозионного агента.
2. Второстепенные: технология обработки поверхности, добавки к коррозионному агенту.

б. Внешние факторы:

1. Основные: температура, вибрация, радиоактивное облучение, технологичность

и характеристики корпусирования, программно-аппаратная реализация, совместимость с программно-аппаратным комплексом пользователя.

2. Второстепенные факторы для включения в алгоритм расчета.

с. Диапазоны изменения внутренних и внешних факторов определяются реальными условиями применения модели.

d. Взаимодействие – тестирование при взаимодействии основных и второстепенных внутренних и внешних факторов. Постадийное приближение к реальным условиям. Аналогично предыдущему примеру.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Если ТЗ, программа и методика испытаний составлены неполно, то им будут соответствовать ячейки, помеченные «!!!». Это означает, что исследование, даже если оно

Таблица 2

**Матрица полноты и достаточности испытаний экспериментального образца:
критерии достижения уровней готовности**

	Внутренние воздействия (расчет)			Внутренние воздействия (эксперимент)					
	Оценка	Аналит. модель		Критические		Критические+второстепенные		Реальные	
Степень учета воздействий	Диапазон параметров			Ограниченный	Полный	Ограниченный	Полный	Ограниченный	Полный
Внешние воздействия (эксперимент)	Реальные	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!	TRL8
	Ограниченный	!!!	?	!!!	!!!	!!!	!!!	TRL7	!!!
	Полный	!!!	!!!	!!!	!!!	TRL5	TRL6	!!!	!!!
	Ограниченный	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!
Внешний расчет	Критические	!!!	!!!	!!!	TRL4	!!!	!!!	!!!	!!!
	Нормальные условия	!!!	!!!	TRL3	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!
	Аналитическая модель	!!!	TRL2	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!
	Оценка	TRL1	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!	!!!

TRL – кабинетные исследования

TRL – лабораторные исследования

TRL – исследования в реальных условиях

!!!

– целесообразно скорректировать
необходимость и достаточность испытаний

выполнено полностью по техническому заданию, не дает уверенности в том, что можно переходить к финансированию достижения следующего уровня готовности. Иными словами, риски результативного завершения разработки увеличиваются.

Отметим, что предлагаемая методология определения полноты и достаточности отвечает требованиям детальности и объективности, сформулированным в разделе «Постановка задачи». К таким требованиям относились системность, т. е. независимость от предметной области, бинарность оценок, возможность наполнения критериев конкретными значениями параметров исходя из специфики разрабатываемого продукта.

Практическое применение методики состоит в следующих шагах:

- 1) определение полного перечня процессов/воздействий/факторов, влияющих на конкурентные преимущества инновационного продукта;
- 2) определение критических и второстепенных факторов;
- 3) определение диапазонов изменения факторов;
- 4) определение тех взаимодействий факторов, которые могут повлиять на конкурентные преимущества продукта;
- 5) составление программы и методики испытаний в соответствии с планируемым к достижению уровнем готовности;
- 6) корректировка задания на экспериментальный образец, испытательный стенд, метрологическое оборудование, обеспечение иных ресурсов для выполнения необходимых и достаточных испытаний для целевого уровня готовности.

Представленная в *таблице 2* матрица полноты и достаточности верификации (Матрица) составлена на основе опыта и анализа результатов большого количества проектов. Однако она не является догмой. Важен подход к созданию достаточной доказательной базы испытаний инновационного продукта. Для

отдельных проектов матрица может и должна быть адаптирована специалистами по управлению НИОКР заказчика или инициатора проекта для отражения его специфики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования приводят к важнейшему выводу о возможности и конкретных механизмах детального планирования исследований и разработок по результатам на коротких интервалах на основе бережливого НИОКР. Планирование и оперативный мониторинг результатов раскрывают потенциал повышения результативности и прозрачности инновационных исследований и разработок. Критерии необходимости и достаточности испытаний до настоящего времени не привлекали пристального внимания исследователей, несмотря на то что они являются важнейшей составляющей повышения результативности работ. В статье представлены критерии подтверждения необходимости и достаточности испытаний образца для различных уровней технологической готовности продукта. Критерии сформулированы на системном уровне и справедливы для различных предметных областей. При их практическом применении требуется конкретизация параметров, отражающих специфику продукта.

Результаты таких испытаний снижают риски разработок и формируют доказательную базу для кооперации с промышленными партнерами даже на ранних уровнях готовности.

Критерии необходимости и достаточности являются важным, но только одним из блоков критериев достижения уровня технологической готовности. Разработка критериев для других важных блоков, таких как функциональная полнота, интеграция в систему, масштабируемость образца, материал для переработки, требуют дальнейшего исследования.

Результаты настоящей работы ориентированы в первую очередь на всех участников инновационного процесса, заинтересованных в успешной коммерциализации продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Innovation Risk: How to Make Smarter Decisions / Harvard Business review, 2013. <https://hbr.org/2013/04/innovation-risk-how-to-make-smarter-decisions>.
2. Benefits and Risks of Innovation: Balancing for Success / InterObservers. <https://interobservers.com/benefits-and-risks-of-innovation>.
3. Сартори А.В., Сушков П.В., Манцевич Н.М. (2020) Принципы бережливого управления исследованиями и разработками на основе методологии уровней готовности инновационного проекта // Экономика науки. 2020;6(1-2):22-34. DOI: 10.22394/2410-132X-2020-6-1-2-22-34.
4. Сартори А.В., Гареев А.Р., Ильина Н.А., Манцевич Н.М. (2020) Применение подхода уровней готовности для различных предметных направлений в бережливом НИОКР // Экономика науки. 2020;6(1-2):118-134. DOI: 10.22394/2410-132X-2020-6-1-2-118-134.
5. Иванова Н., Савченко Н. (2019) Как оценить эффективность НИОКР // Экономика и жизнь. <https://www.eg-online.ru/article/394831>.
6. Ковков Д.В., Бичурин Х.И., Болдырев Д.А., Смолова Э.А. (2018) Анализ и оценка результативности НИОКР предприятий ракетно-космической промышленности на основе баз данных научного цитирования // Вопросы инновационной экономики. 2018;8(1):105. DOI:10.18334/vines.8.1.38868.
7. Грачева М.В., Бабаскин С.Я. (2017) Управление проектами: Учеб. пособие. М.: Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова. 148 с.
8. Показатели результативности НИР (2022) / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 19.02.2022.
9. Сартори А.В., Манцевич Н.М. (2020) Модель бережливого управления инновационными проектами на основе учета рисков и численной оценки экономической целесообразности выполнения этапов работ // Вопросы инновационной экономики. 2020;10(4). DOI: 10.18334/vines.10.4.110974.
10. Перечень поручений по итогам совместного заседания Госсовета и Совета по науке и образованию (2022) / Официальный сайт Президента России. <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/67752>.
11. Оценка эффективности проекта (2022) / Первый эксперт. <https://first-expert.ru/otsenka-effektivnosti-proekta>.
12. Планирование научно-исследовательских работ (2022) / Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова. <https://www.vmeda.org/nauck/planirovanie-i-realizaciya-nauchno-issledovatel'skix-robot>.
13. Антропов В.А., Шеломенцев А.Г. (2015) Планирование научно-исследовательской работы на университетской кафедре // Университетское управление: практика и анализ. 2015;1(95). https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/53329/1/UM_2015_1_003.pdf.
14. Методика научного исследования. Планирование научно-исследовательской работы (2022) / OzLib. <https://ozlib.com/993222/iskusstvo/metodika-nauchnogo-issledovaniya>.
15. Координация и планирование научно-исследовательской деятельности (2022) / Департамент образования и науки города Москвы. https://mgok.mskobr.ru/info_add/koordinatsiya-i-planirovanie-nauchno-issledovatel'skoy-deyatelnosti-gbpou-mgok.
16. Организация и планирование научно-исследовательских работ (2022) / Сеченовский университет. <https://www.sechenov.ru/univers/structure/departament/otdel-analiza-i-nauchnogo-prognozirovaniya/%D0%BErganizacija>.
17. Brennan T., Ernst P., Katz J., Roth E. (2022) Building an R&D strategy for modern times / McKinsey & Company, 03.11.2020. <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/building-an-r-and-d-strategy-for-modern-times>.
18. Lalienea R., Liepeb Z. (2015) R&D Planning System Approach at Organizational Level / 20th International Scientific Conference Economics and Management – 2015 (ICEM-2015). <https://publons.com/journal/126787/20th-international-scientific-conference-economics>.
19. Отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Определение основных причин, сдерживающих научное развитие в Российской Федерации: оценка научной инфраструктуры, достаточность мотивационных мер, обеспечение привлекательности работы ведущих ученых» (2020) / Счетная Палата РФ. https://fgosvo.ru/uploadfiles/Work_materials_discussion/sp.pdf.
20. Рекомендации эксперту Российского научного фонда (2020) / РНФ. <https://rscf.ru/fondfiles/documents/exp-reminder.pdf>.
21. The TRL Scale as a Research & Innovation Policy Tool (2014) / EARTO Recommendations. http://www.earto.eu/fileadmin/content/03_Publications/The_TRL_Scale_as_a_R_I_Policy_Tool_-_EARTO_Recommendations_-_Final.pdf.
22. Graettinger C.P., Caroline P. et al. (2002) Using the Technology Readiness Levels Scale to Support Technology Management in the DOD's ATD / STO Environments. <http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?assetID=5835>.
23. Technology Readiness Assessment (TRA). Guidance (2011) / United States Department of Defense.

- <http://www.acq.osd.mil/chieftechologist/publications/docs/TRA2011.pdf>.
24. Technology readiness levels (TRL) (2014) Horizon 2020 – work programme 2014–2015 General Annexes / European Commission. http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-gtrl_en.pdf.
 25. Technology Readiness Levels (2015) / Public Works and Government Services Canada. <https://buyandsell.gc.ca/initiatives-and-programs/canadian-innovation-commercialization-program-cicp/programspecifics/technology-readiness-level>.
 26. ГОСТ 15.101–98 (1998) Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Порядок выполнения научно-исследовательских работ / Техэксперт. <https://docs.cntd.ru/document/1200003945>.
 27. ГОСТ 7.32–2017 (2017) Отчет о научно-исследовательской работе / Техэксперт. <https://docs.cntd.ru/document/1200157208>.
 28. Mankins J.C. (1995) Technology readiness levels / Advanced Concepts Office of Space Access and Technology NASA. <http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/trl/trl.pdf>.
 29. Сартори А.В., Ильина Н.А., Манцевич Н.М. (2019) Концепция оценки потенциала коммерциализации результатов НИОКР в научных организациях и вузах // Высшее образование сегодня. 2019;6:11–25.
 30. Сартори А.В., Сушков П.В., Манцевич Н.М. (2018) Школа бережливого НИОКР: практика подготовки исследователей в вузе с использованием грантов эндаумент-фонда // Высшее образование сегодня. 2018; 7:2–9.
 31. Рекомендации по представлению инновационного проекта по программе «Умник» (2022). Умник. https://umnik.fasie.ru/mephi/page/slaydy_prezentatsii.
 32. Figueiredo P.S. et al. (2008) Risk Sharing Partnerships with Suppliers: The Case of Embraer // Journal of Technology Management and Innovation. 2008;3(1). DOI:10.1142/9789812770318_0017.

Информация об авторе

Сартори Андрей Владимирович – начальник отдела сетевого планирования АО «Прорыв», Государственная корпорация «Росатом», ORCID: 0000-0001-8042-2294 (Российская Федерация, 107140, г. Москва, Малая Красносельская ул., д.2/8 к.7; e-mail: sartoriandrey@gmail.com).

A.V. SARTORI,

JSC «Proryv» (Moscow, Russian Federation; e-mail: sartoriandrey@gmail.com)

IMPROVING RESEARCH PERFORMANCE THROUGH PLANNING BY READINESS LEVELS IN LEAN R&D

UDC: 338.28

<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-4-21>

Abstract: Among the factors that contribute to increasing the effectiveness of R&D, a special place is occupied by the issue of effective work planning, criteria for monitoring their effectiveness. The low research effectiveness noted at the level of state institutions hinders the innovative development of our country. The first fundamental step in solving this problem is the preparation of detailed comprehensive technical specifications based on effective work planning, the very possibility of which is a hotly debated issue in the scientific and technical community. The direct relationship between results planning and objective monitoring of the work progress, which together lead to increased effectiveness, the possibility of redistributing the budget in favor of highly effective innovative developments, is analyzed, and shown. Based on the lean R&D approach and tailored readiness levels criteria, both the possibility itself and practical step-by-step recommendations for planning and operational monitoring of results are shown. The recommendations are considered on the example of the formulation of detailed criteria for the necessity and sufficiency of pilot sample testing as the most important element of the early motivation of an industrial partner to get into cooperation. The described methodology is an important part of the lean R&D concept developed by the author, towards differentiated risk management based on numerical readiness levels criteria, early decision-making on the transformation of goals and objectives of work depending on the results obtained, and reasonable redistribution of investments. The result of the study is practical recommendations for planning and operational control of the results achieved to create competitive innovative products, early diagnosis of risks, justifications for the redistribution of resources. The article may be of interest to heads of research departments of universities, innovative companies, start-ups, venture funds, development institutions.

Keywords: effectiveness, planning, monitoring, levels of readiness, verification of results, TRL

For citation: Sartori A.V. Improving Research Performance Through Planning by Readiness Levels in Lean R&D. *The Economics of Science*. 2022; 8(1):4–21. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-4-21>

REFERENCES

1. Innovation Risk: How to Make Smarter Decisions / Harvard Business review, 2013. <https://hbr.org/2013/04/innovation-risk-how-to-make-smarter-decisions>.
2. Benefits and Risks of Innovation: Balancing for Success / InterObservers. <https://interobservers.com/benefits-and-risks-of-innovation>.
3. Sartori A. V., Sushkov P. V., Mantsevich N. M. (2020) The principles of lean research and development management based on the methodology of the innovation project readiness levels // The Economics of Science. 2020;6(1-2):22-34. DOI: 10.22394/2410-132X-2020-6-1-2-22-34.
4. Sartori A. V., Gareev A. R., Ilyina N. A., Mantsevich N. M. (2020) Application of the approach of readiness levels for various subject areas in lean R&D // The Economics of Science. 2020;6(1-2):118-134. DOI: 10.22394/2410-132X-2020-6-1-2-118-134.
5. Ivanova N., Savchenko N. (2019) How to evaluate the effectiveness of R&D // Economics and Life. <https://www.eg-online.ru/article/394831>.
6. Kovkov D. V., Bichurin Kh. I., Boldyrev D. A., Smolova E. A. (2018) Analysis and evaluation of the performance of R&D enterprises of the rocket and space industry based on scientific citation databases // Issues of innovative economics. 2018;8(1):105. DOI:10.18334/vinec.8.1.38868.
7. Gracheva M. V., Babaskin S. Ya. (2017) Project Management: Proc. allowance. M.: Faculty of Economics of Moscow State University named after M. V. Lomonosov. 148 p.
8. Performance indicators of research (2022) / Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, February 19, 2022.
9. Sartori A. V., Mantsevich N. M. (2020) A model of lean management of innovative projects based on risk accounting and an estimated assessment of the economic profitability of a number of works // Issues of innovative economics. 2020;10(4). DOI: 10.18334/vinec.10.4.110974.
10. List of instructions following the meeting of the State Council and the Council on Affairs and Collections (2022) / Official website of the President of Russia. <http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/67752>.
11. Evaluation of the effectiveness of the project (2022) First expert. <https://first-expert.ru/otsenka-effektivnosti-proekta>.
12. Planning of research work (2022) Military Medical Academy named after S. M. Kirov. <https://www.vmeda.org/nauch/planirovanie-i-realizaciya-nauchno-issledovatel'skix-rabot>.
13. Antropov V. A., Shelomentsev A. G. (2015) Planning of research work in the university department // University management: practice and analysis. 2015;1(95). https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/53329/1/UM_2015_1_003.pdf.
14. Methods of scientific research. Research planning (2022) / OzLib. https://ozlib.com/993222/iskusstvo/metodika_nauchnogo_issledovaniya.
15. Coordination and planning of research activities (2022) / Department of Education and Science of the City of Moscow. https://mgok.mskobr.ru/info_add/koordinatsiya-i-planirovanie-nauchno-issledovatel'skoy-deyatelnosti-gbpou-mgok.
16. rganization and planning of research work (2022) / Sechenov University. <https://www.sechenov.ru/univers/structure/departament/otdel-analiza-i-nauchnogo-prognozirovaniya/%D0%BEGrganizacija>.
17. Brennan T., Ernst P., Katz J., Roth E. (2022) Building an R&D strategy for modern times / McKinsey & Company, 03.11.2020. <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/building-an-r-and-d-strategy-for-modern-times>.
18. Laliena R., Liepeb Z. (2015) R&D Planning System Approach at Organizational Level / 20th International Scientific Conference Economics and Management – 2015 (ICEM-2015). <https://publons.com/journal/126787/20th-international-scientific-conference-economics>.
19. Report on the appointment of an expert-analytical event "Identification of the main reasons hindering scientific development in the Federation: assessment of scientific reliability, sufficiency of motivational measures, ensuring the requirement for work requiring scientific research" (2020) / Accounts Chamber of the Russian Federation. https://fgosvo.ru/uploadfiles/Work_materials_discussion/sp.pdf.
20. Recommendations to the expert of the Russian Science Foundation (2020) / Russian Science Foundation. <https://rscf.ru/fondfiles/documents/exp-reminder.pdf>.
21. The TRL Scale as a Research & Innovation Policy Tool (2014) / EARTO Recommendations. http://www.earto.eu/fileadmin/content/03_Publications/The_TRL_Scale_as_a_R_I_Policy_Tool_-_EARTO_Recommendations_-_Final.pdf.
22. Graettinger C. P., Caroline P. et al. (2002) Using the Technology Readiness Levels Scale to Support Technology Management in the DOD's ATD / STO Environments. <http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?assetID=5835>.
23. Technology Readiness Assessment (TRA). Guidance (2011) / United States Department of Defense. <http://www.acq.osd.mil/chieftechologist/publications/docs/TRA2011.pdf>.
24. Technology readiness levels (TRL) (2014) Horizon 2020 – work programme 2014–2015 General Annexes / European Commission. <http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/>

- wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-trl_en.pdf.
25. Technology Readiness Levels (2015) / Public Works and Government Services Canada. <https://buyandsell.gc.ca/initiatives-and-programs/canadian-innovation-commercialization-program-cicp/programspecifics/technology-readiness-level>.
 26. GOST 15.101–98 (1998) System for the development and production of products (SRPP). The procedure for performing research work / Tekhekspert. <https://docs.cntd.ru/document/1200003945>.
 27. GOST 7.32–2017 (2017) Report on research work / Tekhekspert. <https://docs.cntd.ru/document/1200157208>.
 28. Mankins J.C. (1995) Technology readiness levels / Advanced Concepts Office of Space Access and Technology NASA. <http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/trl/trl.pdf>.
 29. Sartori A.V., Ilyina N.A., Mantsevich N.M. (2019) The concept of assessing the potential for the commercialization of R&D results in scientific organizations and universities // Higher education today. 2019;6:11–25.
 30. Sartori A.V., Sushkov P.V., Mantsevich N.M. (2018) School of Lean R&D: the practice of training researchers at the university using grants from the endowment fund // Higher education today. 2018;7:2–9.
 31. Recommendations for the presentation of an innovative project under the Umnik program (2022). Umnik. https://umnik.fasie.ru/mephi/page/slaydy_prezentatsii.
 32. Figueiredo P.S. et al. (2008) Risk Sharing Partnerships with Suppliers: The Case of Embraer // Journal of Technology Management and Innovation. 2008;3(1). DOI:10.1142/9789812770318_0017.

Author

Andrey V. Sartori – Head of Network Scheduling Department, JSC “Proryv”, State Atomic Energy Corporation “Rosatom”, ORCID: 0000-0001-8042-2294 (Russian Federation, Moscow, Malaya Krasnoselskaya st., 2/8 building 7; e-mail: sartoriandrey@gmail.com).

КУРСЫ АКАДЕМИИ ВОИС



Всемирная организация интеллектуальной собственности (World Intellectual Property Organization) на базе Академии ВОИС проводит регулярное обучение, подготовку и повышение квалификации в области интеллектуальной собственности (ИС). Обучение на курсах организовано для государств – членов ВОИС на электронной учебной платформе на семи языках. В 2022 г. На русском языке можно пройти обучение на 12 курсах, в том числе:

- DL-101 Основы интеллектуальной собственности
- DL101 PCT Введение в Договор о патентной кооперации
- DL-177 Курс электронного обучения «Использование патентной информации»
- DL-201 Авторское право и смежные права
- DL-203 Интеллектуальная собственность, традиционные знания и традиционные выражения культуры
- DL-301 Патенты
- DL-302 Товарные знаки, промышленные образцы и географические указания
- DL-302 Товарные знаки, промышленные образцы и географические указания
- DL-317 Арбитраж и медиация по правилам ВОИС
- DL-320 Основы подготовки патентной документации
- DL-450 Управление интеллектуальной собственностью
- DL501 Коллективное управление авторскими и смежными правами» для практикующих юристов
- DL502 Коллективное управление авторскими и смежными правами» для правообладателей
- DL503 Курс по коллективному управлению авторскими и смежными правами для организаций коллективного управления (ОКУ)
- DL506 Курс по коллективному управлению авторскими и смежными правами» для сотрудников директивных органов

Подробную информацию о сроках проведения курсов ВОИС и условиях обучения можно найти на сайте Академии ВОИС по адресу <https://welc.wipo.int/acc/index.jsf?lang=ru>.

Д.И. СУНЦОВА,

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: darysunt@gmail.com)

В.А. ПАВЛОВ,

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: viktor.pavlov.1998@list.ru)

З.В. МАКАРЕНКО,

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: 337857@niuitmo.ru)

П.П. БАХОЛДИН,

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: bakholdin@niuitmo.ru)

А.С. ПОЛИЦИНСКИЙ,

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: dojomen4ik@yandex.ru)

А.С. КРЕМЛЕВ,

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: kremlev_artem@mail.ru)

А.А. МАРГУН,

Университет ИТМО (Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: alexeimargun@gmail.com)

РАЗРАБОТКА TELEGRAM-БОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ГОТОВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ»

УДК: 338.28, 004.4

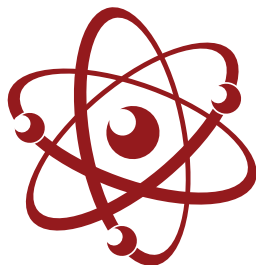
<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-22-30>

Аннотация: В статье предложен Telegram-бот для автоматизации процесса оценки уровня готовности технологии. Представлены блок-схемы, отражающие алгоритм работы бота, и изображения, демонстрирующие внешний вид его интерфейса. Для подтверждения корректной работы Telegram-бота взят случайный проект, выделены его основные характеристики, и на их основе двумя способами сделан вывод об уровне готовности технологии: путем экспертной оценки в соответствии с национальным стандартом и с помощью бота, запущенного на персональном компьютере с операционной системой Windows и на мобильном устройстве с операционной системой Android. При равных входных данных заключение об уровне готовности технологии, полученное на выходе алгоритма, совпадает с результатом экспертной оценки. Предлагается использовать Telegram-бот в качестве источника второго мнения об уровне технологической готовности проекта.

Ключевые слова: Technology Readiness Level, калькулятор TRL, уровень готовности технологии, инновационный проект, экспертная оценка

Благодарность: работа поддержана проектом «Методы искусственного интеллекта для киберфизических систем» (№ 620164).

Для цитирования: Сунцова Д.И., Павлов В.А., Макаренко З.В., Бахолдин П.П., Полицинский А.С., Кремлев А.С., Маргун А.А. Разработка Telegram-бота «Определение уровня готовности технологии». Экономика науки. 2022; 8(1):22-30. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-22-30>



© Д.И. Сунцова, В.А. Павлов,
З.В. Макаренко, П.П. Бахолдин,
А.С. Полицинский,
А.С. Кремлев, А.А. Маргун,
2022 г.

ВВЕДЕНИЕ

Стратегия научно-технологического развития России [1] ставит задачу повышения конкурентоспособности как на государственном уровне, так и для частных компаний. Одним из средств обеспечения преимущества в сфере новых технологий служат инновационные проекты. Однако реализация технологических инноваций всегда сопряжена с рисками, поскольку невозможно с абсолютной точностью предсказать успешность результатов того или иного проекта. Чтобы оценить и минимизировать риски, разрабатываются различные программы, методики, бизнес-стратегии [2–8]. В частности, в работах [3–8] описываются подходы к применению предложенной NASA шкалы уровней готовности технологии TRL (Technology Readiness Level) [9].

Метрика TRL (в отечественной литературе может также обозначаться как УГТ-уровень готовности технологии) предназначена в первую очередь для оценки достигнутых результатов проекта, но может также применяться при планировании этапов разработки, необходимых ресурсов, контрольных точек с целью уменьшения стоимости работ, их продолжительности и риска незавершения в срок.

Для оценки уровня TRL разрабатываются автоматизированные средства – калькуляторы. Известны инструменты на базе программного продукта Microsoft Office Excel и на базе свободно распространяемого пакета программ OpenOffice, к которым относятся разработанный исследовательской лабораторией BBC США AFRL TRL, калькулятор NASA TRL (рисунк 1) [10], калькуляторы уровней готовности технологий повышенной точности [11, 12]. Указанные инструменты решают проблему автоматизации подсчета численных значений показателей готовности технологии и позволяют сохранять результаты опроса по указанному проекту, но обладают недружелюбным, интуитивно непонятным интерфейсом и требуют установки дополнительного программного обеспечения.

В калькуляторе, созданном IMATEC как веб-сайт (рисунк 2) [13], оценка TRL происходит поэтапно. Сначала пользователь загружает или создает на сайте свой проект, отмечая существующие стадии и документы. После этого появляется возможность провести оценку TRL проекта путем прохождения опроса, в котором без положительного ответа невозможен переход с более низкой стадии на более высокую, таким образом исключается присвоение заведомо ложновысокого уровня готовности технологии. Несмотря на свою простоту, предложенное решение недоступно для широкой аудитории из-за языкового барьера: сайт существует только на португальском языке, без знания которого многие инструкции неочевидны.

В варианте калькулятора, написанном на языке программирования C# и использующем базы данных Microsoft SQL Server [14], была достигнута большая точность определения TRL, однако указанный инструмент адаптирован для использования в программах оборонной промышленности и не является универсальным. Разрабатываются калькуляторы на основе клиент-серверных технологий [15] с целью проведения комплексной оценки

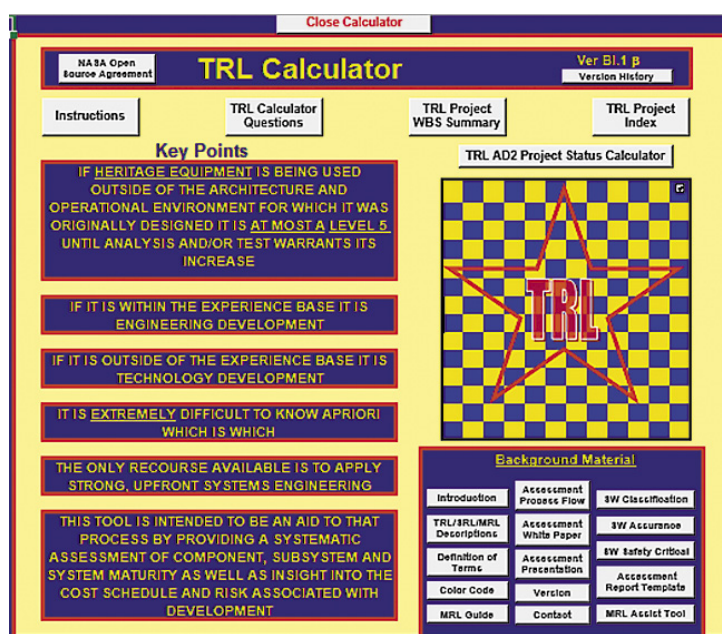


Рисунок 1. Вид стартового окна TRL Calculator Ver BI.1 beta

Источник: DAU Tools

Criar Novo Produto

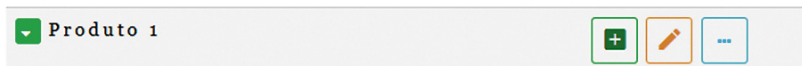


Рисунок 2. Интерфейс онлайн-калькулятора IMATEC

Источник: IMATEC lite

технологической готовности проекта в целом, включая каждую входящую в него технологию.

Низкий уровень осведомленности о существующих программных решениях по автоматизации оценки уровня TRL, а также недостатки этих калькуляторов являются причиной того, что на практике определение уровня технологической готовности проекта осуществляется обычно экспертным методом [16]. Так, стандарт [17] предлагает опросник, содержащий в общей сложности 274 показателя готовности технологии. От эксперта требуется дать оценку в процентах, насколько соответствует состояние рассматриваемой технологии каждому показателю, относящемуся к виду данной технологии и выбранной области анализа. Таким образом, несмотря на четко определенные методическим документом показатели, решение о соответствии или несоответствии технологии конкретному уровню готовности остается субъективным, поскольку опирается на слабо формализованные знания конкретных людей.

Административные сложности, связанные с формированием рабочей группы специалистов для проведения экспертизы [18], большие трудовые и временные затраты на проведение оценки уровня TRL вручную и недочеты существующих программных решений в этой области делают актуальной задачу разработки альтернативного инструмента для автоматизации проверки готовности технологии. В настоящей работе предлагается калькулятор TRL на базе мессенджера Telegram. Такая реализация алгоритма в отличие от существующих решений позволяет пользователям проводить оценку технологии в любой момент, когда это необходимо, без привязки к рабочему месту со специальным программным обеспечением. Ни один из существующих на данный момент

калькуляторов TRL не предполагает возможности полноценной работы с мобильного устройства, и эта проблема решается предлагаемой разработкой. Наконец, по сравнению с практикуемым экспертным подходом время, затраченное на определение уровня TRL, с помощью Telegram-бота будет существенно сокращено.

ОПИСАНИЕ TELEGRAM-БОТА ДЛЯ ОЦЕНКИ TRL

Алгоритм бота (рисунки 3–5) выполнен в соответствии со стандартами [19] и [20], которые устанавливают общие положения разработки концепции изделия и технологий в условиях проектного управления созданием продукта на начальной стадии его жизненного цикла. В отличие от основных аналогов логика приложения построена на системе «вопрос – ответ», а не на методе сравнения оценок. Метод сравнения оценок заключается во внесении пользователем данных о готовности этапов проекта или прохождении дополнительного опроса. Система «вопрос – ответ» подразумевает прохождение пользователем нескольких вопросов, ответы на которые служат основанием для вывода об уровне готовности технологии.

Согласно таблице А.1 стандарта [19], существует девять уровней готовности технологии. TRL-бот с помощью ключевых вопросов, задаваемых пользователю, оценивает, на каком уровне сейчас находится проект, а также дает подсказку о том, каких документов или испытаний не хватает для перехода на следующий уровень. При необходимости пользователь может получить ссылку на указанный ранее стандарт, нажав в главном меню на кнопку «Ссылка на ГОСТ». В случае если пользователю требуется информация о шкале

технологической готовности, ему достаточно нажать на кнопку «Уровни TRL?». Чтобы получить помощь по использованию бота, необходимо в главном меню нажать на кнопку «Помощь/инструкции». Для активации процесса оценивания готовности технологии по принципу «вопрос – ответ» нужно нажать на

кнопку «Оценить уровень TRL». При необходимости можно перейти в главное меню (рисунк 6), нажав на кнопку «Вернуться в начальное меню».

Ниже представлен пример использования бота (рисунк 7). Вопросы алгоритма направлены на то, чтобы установить факт проведения

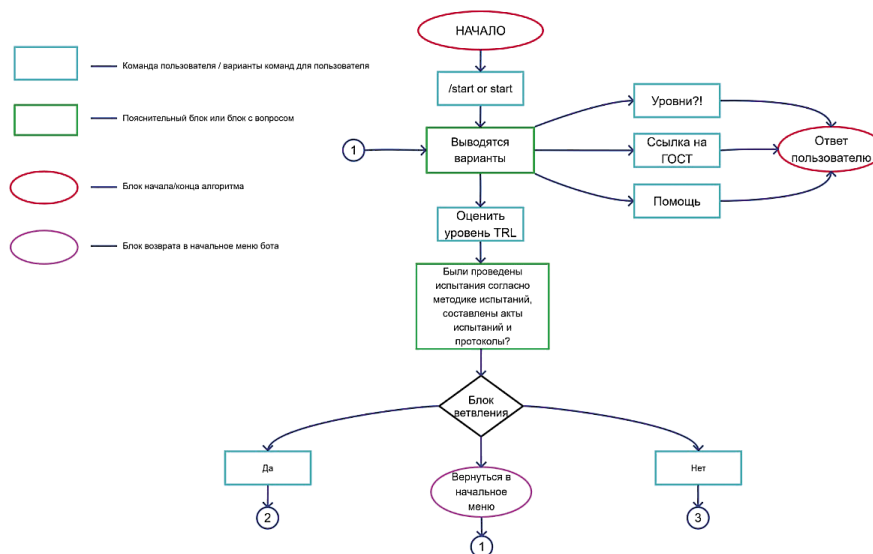


Рисунок 3. Блок-схема главной ветви алгоритма TRL-бота

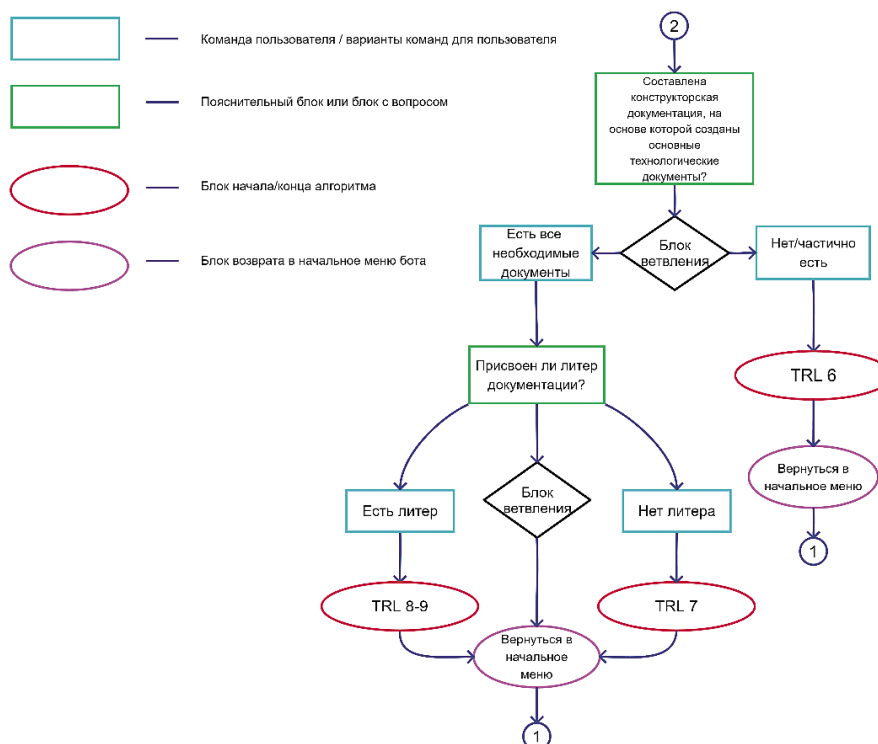


Рисунок 4. Блок-схема 2-ой ветви алгоритма работы TRL-бота

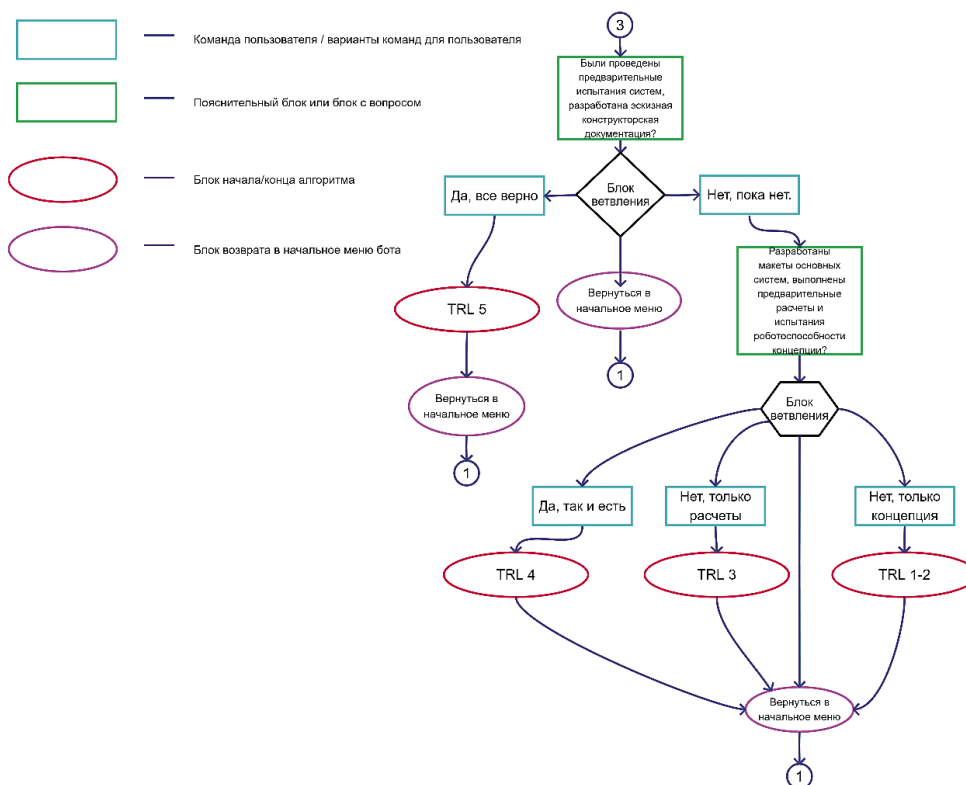


Рисунок 5. Блок-схема 3-й ветви алгоритма работы TRL-бота

Оценить уровень TRL
Уровни TRL ?
Ссылка на ГОСТ
Помощь/инструкции

Рисунок 6. Начальное меню TRL-бота

испытаний (или их отсутствия), условия проведения испытаний, наличие и состав сопроводительной документации. В представленном примере в первую очередь пользователю задается вопрос о проведении испытаний на сертифицированном оборудовании и наличии

актов и протоколов к ним. При отрицательном ответе уточняется факт проведения предварительных испытаний системы и наличие эскизной конструкторской документации. Если хотя бы одно из этих условий не соблюдено, пользователю задается вопрос о том,

Таблица 1

Соответствие показателей для принятия решения ботом стандарту [19] на примере уровня TRL 4

Уровень TRL	Ключевые показатели для принятия решения ботом	Описание и примерный состав работ согласно стандарту [19]
4	- разработаны макеты основных систем - выполнены предварительные расчеты - испытана работоспособность концепции	- продемонстрирована работоспособность на подробных макетах - применены трехмерные модели с высоким масштабом и точностью моделирования - подробно описана конструкция устройства на основе новой технологии

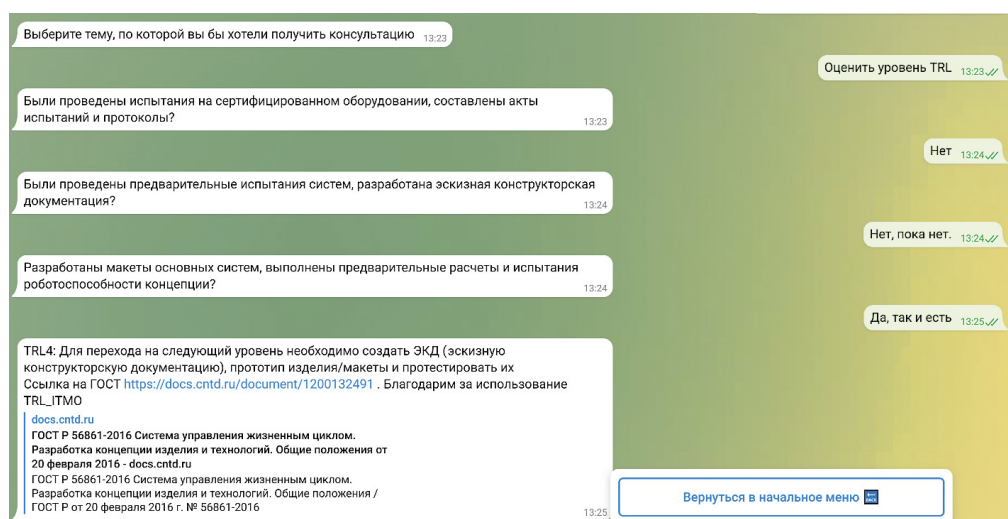


Рисунок 7. Обработка алгоритма TRL-бота

разработаны ли макеты основных систем, а также выполнены ли расчеты и испытания работоспособности концепции. При положительном ответе бот делает вывод о достижении технологией уровня TRL 4. Таким образом, ответив на три вопроса, пользователь получает представление о готовности проекта. Ключевые показатели, на основании которых бот принимает решение, соответствуют рекомендациям стандарта (таблица 1) [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный Telegram-бот решает задачу автоматизации определения TRL. Объективная оценка уровня технологической готовности инновационных проектов стратегически важна как для научно-исследовательских организаций, занимающихся их подготовкой, так и для заказчиков проектов, инвесторов и бенефициаров.

Бот представляет из себя простой, удобный и доступный способ провести проверку разрабатываемой технологии. Проверка проводится в соответствии с утвержденными в России стандартами и при этом избавлена от субъективности, так или иначе присущей любой оценке технологий экспертным методом. Быстрота принятия решений в ходе выполнения алгоритма, отсутствие потребности в специфических ресурсах или специальным образом подготовленных специалистах также являются неоспоримыми преимуществами Telegram-бота.

На данном этапе рекомендуется рассматривать предложенный алгоритм как источник второго мнения об уровне технологической готовности проекта. В перспективе планируется усовершенствовать алгоритм таким образом, чтобы претендовать на полную замену экспертной оценки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 01.12.2016 г. № 642 (2016) О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации / Официальный сайт Президента России. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>.
2. Бурков Е.А., Падерно П.И., Сатторов Ф.Э., Толкачева Е.А. (2021) Методологическая поддержка рабочей группы при решении задачи прогнозирования результатов классификационной экспертизы // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 21(3):426–432.
3. Комаров А.В., Пихтарь А.Н., Гриневский И.В., Комаров К.А., Голицын Л.В. (2021) Концептуальная модель оценки технологической готовности научно-технологического проекта и его потенциала на ранних стадиях разработки // Экономика науки. 7(2):111–134.
4. Сартори А.В., Сушков П.В., Манцевич Н.М. (2019) Принципы бережливого управления

исследованиями и разработками на основе методологии уровней готовности инновационного проекта // Экономика науки. 6(1–2):22–34.

5. Сартори А.В., Гареев А.Р., Ильина Н.А., Манцевич Н.М. (2020) Применение подхода уровней готовности для различных предметных направлений в бережливом НИОКР // Экономика науки. 6(1–2):118–134.
6. Hicks B., Larsson A., Culley S., Larsson T. (2009) A Methodology for Evaluating Technology Readiness During Product Development / International Conference of Engineering Design. Stanford, USA.
7. Sauser B., Verma D., Ramirez-Márquez J., Gove R. (2006) From TRL to SRL: The Concept of Systems Readiness Levels / Conference on Systems Engineering Research. Los Angeles, CA, USA.
8. Graettinger C.P., Caroline P. et al. (2002) Using the Technology Readiness Levels Scale to Support Technology Management in the DOD's ATD/STO Environments / Carnegie Mellon University. 41 p.
9. Hirshorn S., Sharon J. (2016) Final Report of the NASA Technology Readiness Assessment (TRA) Study Team / NASA. 63 p.
10. Портал DAU Tools (2022) <https://www.dau.edu/cor/stm/lists/tools/allitems.aspx>.
11. Дмитренко И.П. (2016) Вариант калькулятора уровней готовности технологий повышенной точности // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 12–1:103–107.
12. Дмитренко И.П. (2017) Вариант калькулятора уровней готовности технологий повышенной точности на базе открытого программного продукта // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 1–1:64–66.
13. Xavier Jr A., Veloso A., Souza J., Kaled Cás P., Cappelletti C. (2020) AEB Online Calculator for Assessing Technology Maturity: IMATEC // Journal of Aerospace Technology and Management. 12.
14. Altunok T., Cakmak T. (2010) A technology readiness levels (TRLs) calculator software for systems engineering and technology management tool // Advances in Engineering Software. 41:769–778.
15. Жебель В.В., Комаров А.В., Комаров К.А., Шуртаков К.В. (2018) Программное средство для комплексной оценки технологической готовности инновационных научно-технологических проектов // Экономика науки. 4(1):58–68.
16. Бухарин С.Н., Гукасов В.М., Лазаренко Н.Е. (2011) Теоретические и методические основы экспертизы фундаментальных и прикладных научно-технических проектов // Инноватика и экспертиза. 2(7):58–66.
17. ГОСТ Р 58048–2017 (2017) Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий / Кодекс. <https://docs.cntd.ru/document/1200158331>.
18. Кравец А.Г., Дроботов А.С. (2011) Применение имитационного моделирования для оценки качества бизнес-планов инновационных проектов // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2(72).
19. ГОСТ Р 56861–2016 (2016) Система управления жизненным циклом. Разработка концепции изделия и технологий. Общие положения / Кодекс. <https://docs.cntd.ru/document/1200132491>.
20. ГОСТ Р 56862–2016 (2016) Система управления жизненным циклом. Разработка концепции изделия и технологий. Термины и определения / Кодекс. <https://docs.cntd.ru/document/1200132492>.

Информация об авторах

Сунцова Дарья Игоревна – инженер лаборатории киберфизических систем, Университет ИТМО; ORCID: 0000-0001-6219-3475 (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: darysunt@gmail.com).

Павлов Виктор Андреевич – инженер лаборатории киберфизических систем, Университет ИТМО; ORCID: 0000-0001-6417-776X (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: viktor.pavlov.1998@list.ru).

Макаренко Зинаида Владимировна – инженер лаборатории киберфизических систем, Университет ИТМО; ORCID: 0000-0002-8220-3818 (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: 337857@niuitmo.ru).

Бахолдин Петр Павлович – инженер лаборатории киберфизических систем, Университет ИТМО; ORCID: 0000-0002-6373-0364 (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: bakholdin@niuitmo.ru).

Полицинский Александр Сергеевич – инженер лаборатории киберфизических систем, Университет ИТМО; ORCID: 0000-0002-9001-9949 (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: dojomen4ik@yandex.ru).

Кремлев Артем Сергеевич – ординарный доцент факультета систем управления и робототехники, Университет ИТМО; Scopus Author ID: 8670923900, ORCID: 0000-0002-7024-3126 (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: kremlev_artem@mail.ru).

Маргун Алексей Анатольевич – ординарный доцент факультета систем управления и робототехники, Университет ИТМО; Scopus Author ID: 55521791600, ORCID: 0000-0002-5333-0594 (Российская Федерация, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А; e-mail: alexeimargun@gmail.com).

D.I. SUNTSOVA,

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: darysunt@gmail.com)

V.A. PAVLOV,

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: viktor.pavlov.1998@list.ru)

Z.V. MAKARENKO,

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: 337857@niuitmo.ru)

P.P. BAKHOLDIN,

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: bakholdin@niuitmo.ru)

A.S. POLITSINSKY,

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: dojomen4ik@yandex.ru)

A.S. KREMLEV,

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: kremlev_artem@mail.ru)

A.A. MARGUN,

ITMO University (Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: alexeimargun@gmail.com)

DEVELOPMENT OF A TELEGRAM BOT TO DETERMINE THE LEVEL OF TECHNOLOGICAL READINESS

UDC: 338.28, 004.4

<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-22-30>

Abstract: The article proposes a Telegram bot to automate the process of assessing the readiness level of the technology. Flowcharts reflecting the algorithm of the bot, and images demonstrating the appearance of its interface are presented. To confirm the correct operation of the Telegram bot, a random project was taken, its main characteristics were highlighted, and based on them, a conclusion about the technology readiness level was made in two ways: by expert evaluation in accordance with the national standard and using a bot running on a personal computer with the Windows operating system and on a mobile device with the Android operating system. With equal input data, the conclusion about the readiness level of the technology obtained at the output of the algorithm coincides with the result of the expert assessment. It is proposed to use the Telegram bot as a source of an additional opinion about the level of technological readiness of the project.

Keywords: *Technology Readiness Level, TRL calculator, innovative project, expert assessment*

Acknowledgements: The research is supported by the project «Artificial Intelligence Methods for Cyber-Physical Systems» (No. 620164).

For citation: Suntsova D.I., Pavlov V.A., Makarenko Z.V., Bakholdin P.P., Politsinsky A.S., Kremlev A.S., Margun A.A. Development of a Telegram Bot to Determine the Level of Technological Readiness. *The Economics of Science*. 2022; 8(1):22-30. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-22-30>

REFERENCES

1. Decree of the President of the Russian Federation dated 01.12.2016 No. 642 (2016) Strategy for the Scientific and Technological Development of the Russian Federation / Official website of the President of Russia. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>. (In Russ.)
2. Burkov E.A., Paderno P.I., Sattorov F.E., Tolkacheva E.A. (2021) Methodological Support of the Working Group in Solving the Problem of Predicting the Results of a Classification Examination // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. 21(3):426–432. (In Russ.)
3. Komarov A.V., Pikhtar A.N., Grinevsky I.V., Komarov K.A., Golitsyn L.V. (2021) A Conceptual Model for Assessing the Technological Readiness of a R&D Project and its Potential at the Early Stages of Development // The Economics of Science. 7(2):111–134. (In Russ.)
4. Sartori A.V., Sushkov P.V., Mantsevich N.M. (2020) The Principles of Lean Research and Development Management Based on the Methodology of the Innovation Project Readiness Levels // The Economics of Science. 6(1–2):22–34. (In Russ.)
5. Sartori A.V., Gareev A.R., Ilyina N.A., Mantsevich N.M. (2020) Application of the Approach of Readiness Levels for Various Subject Areas in Lean R&D // The Economics of Science. 6(1–2):118–134. (In Russ.)
6. Hicks B., Larsson A., Culley S., Larsson T. (2009) A Methodology for Evaluating Technology Readiness During Product Development / International Conference of Engineering Design. Stanford, USA.

7. *Sausser B., Verma D., Ramirez-Márquez J., Gove R.* (2006) From TRL to SRL: The Concept of Systems Readiness Levels / Conference on Systems Engineering Research. Los Angeles, CA, USA.
8. *Graettinger C.P., Caroline P. et al.* (2002) Using the Technology Readiness Levels Scale to Support Technology Management in the DOD's ATD/STO Environments / Carnegie Mellon University. 41 p.
9. *Hirshorn S., Sharon J.* (2016) Final Report of the NASA Technology Readiness Assessment (TRA) Study Team / NASA. 63 p.
10. DAU Tools (2022) <https://www.dau.edu/cop/stm/lists/tools/allitems.aspx>.
11. *Dmitrenko I.P.* (2016) A Variant of the Calculator of Readiness Levels of High-Precision Technologies // Actual Problems of the Humanities and Natural Sciences. 12–1:103–107. (In Russ.)
12. *Dmitrenko I.P.* (2017) A Variant of the Calculator of Readiness Levels of High-Precision Technologies Based on an Open Software Product // Actual Problems of the Humanities and Natural Sciences. 1–1:64–66. (In Russ.)
13. *Xavier Jr A., Veloso A., Souza J., Kaled Cás P., Cappelletti C.* (2020) AEB Online Calculator for Assessing Technology Maturity: IMATEC // Journal of Aerospace Technology and Management. 12.
14. *Altunok T., Cakmak T.* (2010) A technology readiness levels (TRLs) calculator software for systems engineering and technology management tool // Advances in Engineering Software. 41:769–778.
15. *Jebel' V.V., Komarov A.V., Komarov K.A., Shurtakov K.V.* (2018) Software for Integrated Assessment of Technological Readiness of Innovative Scientific and Technological Projects // The Economics of Science. 4(1):58–68. (In Russ.)
16. *Bukharin S.N., Gukasov V.M., Lazarenko N.E.* (2011) Theoretical and Methodological Foundations Examination of Fundamental and Applied Scientific Technical Projects // Innovation and Expertise. 2(7):58–66. (In Russ.)
17. GOST R58048–2017 (2017) Technology transfer. Methodological guidelines for assessing the level of maturity of technologies / Kodeks. <https://docs.cntd.ru/document/1200158331>. (In Russ.)
18. *Kravets A.G., Drobotov A.S.* (2011) The Use of Simulation Modeling to Assess the Quality of Business Plans for Innovative Projects // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. 2(72). (In Russ.)
19. GOST R56861–2016 (2016) Life cycle management system. Development of the product concept and technologies. General provisions / Kodeks. <https://docs.cntd.ru/document/1200132491>. (In Russ.)
20. GOST R56862–2016 (2016) Life cycle management system. Product concept and technology development. Terms and definitions / Kodeks. <https://docs.cntd.ru/document/1200132492>. (In Russ.)

Authors

Darya I. Suntsova – Engineer of the Cyber-Physical Systems Laboratory, ITMO University; ORCID: 0000-0001-6219-3475 (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: darysunt@gmail.com).

Viktor A. Pavlov – Engineer of the Cyber-Physical Systems Laboratory, ITMO University; ORCID: 0000-0001-6417-776X (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: viktor.pavlov.1998@list.ru).

Zinaida V. Makarenko – Engineer of the Cyber-Physical Systems Laboratory, ITMO University; ORCID: 0000-0002-8220-3818 (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: 337857@niuitmo.ru).

Petr P. Bakholdin – Engineer of the Cyber-Physical Systems Laboratory, ITMO University; ORCID: 0000-0002-6373-0364 (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: bakholdin@niuitmo.ru).

Alexander S. Politsinsky – Engineer of the Cyber-Physical Systems Laboratory, ITMO University; ORCID: 0000-0002-9001-9949 (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: dojomen4ik@yandex.ru).

Artem S. Kremlev – Docent of the Faculty of Control Systems and Robotics, ITMO University; Scopus Author ID: 8670923900, ORCID: 0000-0002-7024-3126 (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: kremlev_artem@mail.ru).

Alexey A. Margun – Docent of the Faculty of Control Systems and Robotics, ITMO University; Scopus Author ID: 55521791600, ORCID: 0000-0002-5333-0594 (Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverksky Pr., 49, bldg. A; e-mail: alexeimargun@gmail.com).

А.В. ТУЛУПОВ,

Центр инновационного развития ОАО «РЖД» (Москва, Российская Федерация;
e-mail: tulupovav@center.rzd.ru)

И.П. ВАСИЛЬЕВ,

Центр инновационного развития ОАО «РЖД» (Москва, Российская Федерация;
e-mail: vasilevip@center.rzd.ru)

И.А. ИОНОВ,

Центр инновационного развития ОАО «РЖД» (Москва, Российская Федерация;
e-mail: ionovda@center.rzd.ru)

Е.В. ПАЛАТКИНА,

Центр инновационного развития ОАО «РЖД» (Москва, Российская Федерация;
e-mail: palatkinaev@center.rzd.ru)

А.Н. ПЕТРОВ,

ФГБНУ «Дирекция НТП» (Москва, Российская Федерация; e-mail: petrov@fcntp.ru)

Е.В. ЧЕЧЕТКИН,

ФГБНУ «Дирекция НТП» (Москва, Российская Федерация; e-mail: echechetkin@fcntp.ru)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТРИК УРОВНЕЙ ГОТОВНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗРЕЛОСТИ ПРОДУКТА ИЛИ ТЕХНОЛОГИИ К ПРИМЕНЕНИЮ В ОАО «РЖД»

УДК: 338.2:001.89

<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-31-45>

Аннотация: Статья посвящена методике оценки зрелости инновационного продукта (технологии) к внедрению на предприятиях ОАО «РЖД» и оценки рисков недостижения уровня готовности инновационных проектов.

Отмечены основные принципы, сфера применения и результаты использования методики.

Методика разработана в интересах ОАО «РЖД» на основе методологии комплексной оценки уровня технологической готовности проекта TPRL с усовершенствованием порядка и правил выполнения и математической модели оценки в соответствии с процессами управления в железнодорожной отрасли.

Выполнена апробация применимости предложенных подходов на примерах перспективных инновационных предложений, поступивших в «Единое окно инноваций ОАО «РЖД».

Методика может быть использована: а) при оценке уровня освоения технологий в ОАО «РЖД» и сопоставлении уровня технологического развития холдинга «РЖД» с зарубежными компаниями-аналогами;

б) при принятии управленческого решения о финансировании проекта разработки или о закупке инновационного продукта и (или) технологии и внедрении в производственный процесс ОАО «РЖД»;

в) для построения и верификации дорожных карт по разработке и внедрению продукта (технологии);

г) при контроле выполнения проекта разработки и внедрения продукта (технологии) и др.

Применение методики позволит повысить эффективность инновационной деятельности в ОАО «РЖД».

Ключевые слова: уровень готовности, уровень технологической готовности проекта, TPRL, методика, оценка зрелости, технология, продукт, риски.

Для цитирования: Тулупов А.В., Васильев И.П., Ионов Д.А., Палаткина Е.В., Петров А.Н., Чечеткин Е.В.

Использование метрик уровней готовности при оценке зрелости продукта или технологии к применению в ОАО «РЖД». *Экономика науки*. 2022; 8(1):31-45. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-31-45>

ВВЕДЕНИЕ

В процессе развития любой технологической системы крупной транспортной компании ответственным руководителям необходимо периодически принимать решение о включении нового образца оборудования и (или) встраивании новой технологии, опираясь на оценку зрелости нововведения, получаемых преимуществ и рисков для функционирования всей целевой системы. Также в целях дальнейшего развития транспортной компании необходимо оценивать зрелость перспективных предложений, сформированных сектором исследований и разработок отрасли или поступающих от внешних компаний-инноваторов.

Для оценки зрелости технологии в мировой практике наиболее часто используется шкала уровней готовности TRL (Technology Readiness Level). Впервые шкала TRL была представлена в конце 80-х гг. прошлого столетия Национальным аэрокосмическим агентством США NASA [1], широко известным стало описание шкалы 1995 г. [2]. Использование шкалы TRL оказалось успешным благодаря таким преимуществам, как универсальность и наглядность, легкость восприятия информации о развитии технологии от научной идеи до практического применения. Счетная палата США (The US Government Accountability Office, GAO) с начала 2000-х годов исследовала возможности анализа с помощью шкалы TRL результатов заказных разработок и коммерческих продуктов для системы закупок федерального правительства США. Результатом исследования стала методология оценки готовности технологии TRA (Technology Readiness Assessment) [3], ставшая стандартом де-факто оценки зрелости технологий и продуктов, готовности к интеграции в целевые системы государственного заказчика в США, а также была поддержана и Европе [4].

В настоящее время за рубежом [5] и в России [6–8] действует ряд нормативных документов по оценке зрелости технологии с применением шкалы уровней готовности. Процесс оценивания зрелости построен на представлении доказательств выполнения набора требований, предъявляемых к оцениваемому объекту

на определенном уровне шкалы, например, шкалы TRL, что соответствует определению оценки соответствия в ГОСТ ISO/IEC17000–2012 [9]. В общем случае демонстрация соответствия может проводиться с разной степенью достоверности с учетом прямых и косвенных доказательств как компромисс между потребностью в точности оценки, требуемыми для этого ресурсами и текущими возможностями выполнения оценки.

Вторая по распространенности метрика – шкала уровней готовности производства MRL (Manufacturing Readiness Level). Метрики TRL и MRL включены в основные зарубежные методологии ([3, 10]) и российские нормативные документы [8].

Для сравнения уровней инновационного и технологического развития ОАО «РЖД» с зарубежными железнодорожными предприятиями-аналогами в соответствии с методическими рекомендациями Минэкономразвития России [11] также нужно применять основную метрику TRL и дополнительную метрику MRL.

В общем случае практическое применение, например на предприятиях железнодорожной отрасли, инновационной технологии и (или) разработанного на ее основе продукта предполагает встраивание нововведения в систему более высокого уровня – целевую систему – для выполнения задач с заданными характеристиками функциональности, производительности и стоимости. Объектом оценивания может быть вновь разрабатываемая или улучшаемая технология (продукт на ее основе) или же известная, зарекомендовавшая себя технология (продукт), которую предполагается использовать в новых условиях. Для оценки зрелости объекта необходимо учитывать ряд технических, экономических, коммерческих и организационных характеристик, которые выходят за рамки шкал TRL и MRL. Поэтому в Центре инновационного развития – филиале ОАО «РЖД» (Центр инновационного развития) и ФГБНУ «Дирекция НТП» для применения в разрабатываемой методике были рассмотрены известные подходы к созданию комплексной системы оценки зрелости технологии (продукта) к применению в целевой системе, включающие не только шкалы TRL и MRL.

В зависимости от постановки задачи заказчиком, например, используются шкалы уровней:

- инженерной готовности ERL (Engineering Readiness Level);
- готовности производства IRL (Integration Readiness Level);
- организационной готовности ORL (Organization Readiness Level);
- коммерческой готовности CRL (Commercial Readiness Level);
- готовности системы SRL (System Readiness Level) и другие, всего десятки частных метрик (см., например, [12]).

В качестве примера применения набора метрик готовности зарубежными железнодорожными компаниями можно отметить подход владельца и оператора железнодорожной инфраструктуры Network Rail, Великобритания [13–14]. Компания Network Rail в 2016–2020 гг. разработала комплексный индекс готовности Rail Industry Readiness Level (RIRL) для оценки зрелости и принятия решения о закупке и применении перспективной инновационной продукции в собственных технологических системах. Каждому индексу RIRL (шкала уровней от 1 до 9) в соответствии ставится достижение определенных уровней готовности TRL, MRL, IRL, SRL и др., а также достижение определенных уровней готовности спроса (потребности) Demand Readiness Level (DRL) и надежности Reliability Readiness Level (RRL).

Модель, предложенная компанией Network Rail своим поставщикам инновационной продукции, сложна в представлении информации и трудоемка в оценивании. Однако сам комплексный подход является целесообразным и перспективным для развития методологии оценки зрелости технологий и продуктов.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ ПРОДУКТА В ОАО «РЖД»

В 2021 г. при участии авторов была разработана и утверждена руководством ОАО «РЖД» методика оценки зрелости инновационного продукта (технологии) к внедрению на предприятиях холдинга «РЖД» и рисков недостижения уровня готовности инновационных

проектов (далее – методика). Документ был разработан на основе методологии комплексной оценки уровня технологической готовности проекта TPRL (Technology Project Readiness Level, [15–17]) с усовершенствованием порядка выполнения и математической модели оценки в соответствии с процессами управления в ОАО «РЖД». В частности, оценка зрелости технологии или продукта выполняется с применением следующих унифицированных параметров, характеризующих развитие и сбалансированность инновационного проекта: технологической (TRL), производственной (MRL), инженерной (ERL), организационной (ORL) и рыночной (CRL) готовности. Отдельно, на основе рассчитанных численных значений параметров готовности, оцениваются риски недостижения следующего уровня готовности.

Методика разработана в целях установления унифицированного подхода и единых правил определения и оценки уровней готовности технологии и (или) продукта¹ – результатов выполненного в интересах ОАО «РЖД» инновационного (научно-технического) проекта. Оценка зрелости продукта – это основанный на фактах и соответствующей доказательной документации систематизированный процесс, позволяющий определить готовность результатов проекта для практического применения.

Для успешного внедрения важно, чтобы развитие результата проекта разработки было сбалансированным. Методика выявляет игнорирование исполнителями проекта какого-то из параметров готовности, что может привести к риску недостижения ожидаемых характеристик и возможной неудачи в практическом применении, коммерциализации продукта.

Предполагается использование методики в филиалах и структурных подразделениях ОАО «РЖД» с целью повышения эффективности инновационной деятельности в российской железнодорожной отрасли.

1. Проект как комплекс задач

В методике инновационный проект на всем протяжении жизненного цикла рассматривается

¹ Далее для сокращения будем говорить об оценке зрелости продукта или результатов проекта разработки продукта.

как комплекс мероприятий – последовательность выполняемых работ, направленных на разработку, подготовку производства, вывод на рынок, включение в технологический процесс заказчика и т. д. нового либо улучшенного продукта. Пример укрупненного описания выполненных работ на уровнях готовности по параметру CRL приведен в *таблице 1*.

По каждому параметру проекта на отдельном уровне готовности укрупненное описание выполняемых работ декомпозируется на список отдельных задач, сформированных на основе требований национальных и отраслевых стандартов по разработке и промышленному производству продукции с помощью определенных показателей. В частности, для параметра CRL определены следующие показатели:

- потребители (для каждого способа потребления);
- анализ рынка в натуральном и денежном выражении;
- тенденции спроса и предложения;
- продукты-аналоги;
- бизнес-модель;
- обратная связь с потребителями;
- план использования финансовых средств;
- модель ценообразования и др.

Один уровень по какой-то из шкал готовности может включать разное количество задач. Состав показателей параметров и список задач являются открытыми и могут быть уточнены

заказчиком на основе определенных атрибутов инновационного проекта, сгруппированных следующим образом:

- общая информация о проекте;
- общие сведения о продукте/технологии, создаваемом в проекте;
- сведения об аналогах;
- подготовка производства для выпуска технологии или продуктов на ее основе;
- рыночные и маркетинговые исследования;
- сведения о патентном и информационном поиске;
- управление проектом;
- ключевые участники проектной команды исполнителя;
- сведения о партнерах и др.

Примеры атрибутов группы «Общие сведения о продукте, создаваемом в проекте»:

- назначение продукта;
- описание технологии;
- ключевые свойства технологии;
- область использования и эффекты применения технологии;
- критические компоненты продукта;
- новизна продукта;
- продукция;
- эксплуатационные характеристики продукта;
- специфика/ограничения применения технологии;
- предполагаемые потребители и др.

Таблица 1

Уровни готовности результатов проектов для параметра CRL

<i>Уровень готовности</i>	<i>Укрупненное описание выполненных работ</i>
1	Определены потенциальные потребители продукта. Оценен общий потенциал рынка
2	Уточнен целевой рынок, определен его общий объем и сегментирован по способам потребления. Получены предварительные оценки полной стоимости владения создаваемым продуктом
3	Выявлены предпочтения возможных потребителей в отношении ключевых характеристик, в том числе срока появления и цены продукта
4	Определены конкуренты, конкурентные преимущества. Уточнен доступный объем рынка
5	Разработана бизнес-модель. Определена конкурентоспособная цена. Показана положительная маржинальность коммерциализации создаваемого продукта
6	Уточнена бизнес-модель и оценки прибыльности от коммерциализации создаваемого продукта
7	Уточнен и сегментирован реально достижимый целевой рынок, определен его общий объем
8	Осуществлены первые продажи – предварительный вывод продукта на рынок
9	Осуществлен вывод созданного продукта на рынок

Также уникальность отдельного проекта может быть отражена в весовых характеристиках значимости каждой задачи.

2. Исходные данные для выполнения оценки

Исходными данными для выполнения оценки уровня зрелости инновационного продукта являются установленные проектные документы и формы сбора информации о проекте, фиксирующие полученные результаты (документация, образцы, готовый продукт) в соответствии с требованиями нормативно-распорядительных документов ОАО «РЖД». В документах и формах для описания каждого результата используются установленные атрибуты.

В качестве примера, комплект документов для рассмотрения предложения о предлагаемом к реализации инновационном проекте должен содержать:

- заполненный паспорт инновационного предложения в соответствии с установленным порядком;
- документы, обосновывающие технико-экономическую эффективность инновационного предложения;
- документы, подтверждающие права на содержащиеся в инновационном предложении результаты интеллектуальной деятельности (в случае наличия таковых).

3. Порядок и правила выполнения оценки уровня зрелости и применяемая математическая модель

Оценку уровня зрелости инновационного продукта выполняет назначенный ответственный специалист – сотрудник подразделения ОАО «РЖД», который обладает практическим опытом

коммерциализации инновационных продуктов в предметной области проекта.

В качестве примера использования методики в Центре инновационного развития: менеджер проектов выполняет с помощью заложенных в методике подходов оперативную оценку зрелости стартап-проектов, поступающих в «Единое окно инноваций» [18].

Порядок выполнения оценки уровня зрелости – шаги и краткое описание действий – приведен в *таблице 2*.

Каждая задача, решаемая на различных уровнях готовности любого из параметров, может иметь статусы «решена», «не решена» или «не применима», если решение данной задачи для оцениваемого проекта не требуется.

Выполнение некоторой задачи приводит к уточнению описания результата в документах и формах проекта, что, в свою очередь, отражается на повышении численного значения готовности по определенному параметру.

Определенный уровень готовности результата проекта по заданному параметру проекта считается достигнутым, когда все отнесенные задачи имеют статусы «решена» или «не применима».

Для оценки зрелости инновационного продукта важен факт выполнения задач, а не хронология их выполнения.

Расчет численного значения готовности по шкалам TRL, MRL, ERL, ORL, CRL выполняется с учетом следующих допущений:

- целочисленное значение оцениваемого уровня готовности, равное L , означает, что все задачи на уровнях от 0 до $L-1$ включительно ($[1; L-1]$) имеют статусы «решена» или «не применима»;
- численное (в общем случае – дробное) значение готовности будет равно

Таблица 2

Порядок выполнения оценки уровня зрелости

Шаг	Описание действия
1	Сбор проектных документов и форм сбора информации, систематизация информации о результатах проекта
2	Верификация и подтверждение выполнения требуемых задач в соответствии с внутренним регламентом филиала или структурного подразделения ОАО «РЖД»
3	Расчет уровня зрелости инновационного продукта к внедрению в ОАО «РЖД»

номеру предыдущего уровня (L-1) плюс дробная оценка доли выполненных задач на уровне L с учетом веса задач.

Например, если, для упрощения, веса задач равны, то расчет численного значения RL представлен в формуле 1.

$$RL = L - 1 + \frac{N}{(K-M)} \quad (1),$$

где:

RL – численное значение готовности по одной из шкал, например RL_{TRL} , целая часть RL дает значение уровня готовности результата по данному параметру проекта;

L – номер уровня готовности оцениваемого параметра проекта;

N – количество выполненных задач оцениваемого уровня готовности параметра проекта;

K – общее количество задач, которые должны быть выполнены на оцениваемом уровне готовности параметра проекта;

M – количество задач на оцениваемом уровне со статусом «не применима».

Численное (в общем случае – дробное) значение зрелости инновационного продукта к внедрению в ОАО «РЖД» рассчитывается как среднее арифметическое по значениям готовности параметров проекта – RL_{TRL} , RL_{MRL} , RL_{ERL} , RL_{ORL} , RL_{CRL} , но с предусмотренным методикой существенным уточнением результата расчета в случае несбалансированного развития проекта. Описание уровней зрелости инновационного

продукта к внедрению в ОАО «РЖД» (шкала уровней зрелости) представлено в таблице 3.

4. Контрольные точки проекта

Оценка зрелости продукта с применением шкал уровней готовности выполняется в контрольных точках двух типов:

- в ключевые контрольные точки проекта – для принятия управленческих решений о дальнейшей судьбе всего проекта и результатов проекта;
- в промежуточные контрольные точки проекта – для определения динамики развития проекта и результатов проекта в течение жизненного цикла.

Состав и периодичность ключевых и промежуточных контрольных точек проекта фиксируется в плане-графике выполнения работ в составе договора, соглашения о намерениях или ином двустороннем документе между заказчиком и исполнителем.

В числе ключевых контрольных точек проекта можно выделить следующие:

- 1) заказчик принимает решение о поддержке научно-технического проекта, например, в качестве индустриального партнера через софинансирование прикладного научного исследования и экспериментальной разработки;
- 2) заказчик принимает решение о финансировании инновационного проекта разработки продукта для встраивания в целевую систему;

Таблица 3

Шкала уровней зрелости инновационного продукта для внедрения в ОАО «РЖД»

Уровень зрелости	Описание уровня зрелости
1	Выявлены и опубликованы фундаментальные принципы
2	Сформулированы технологическая концепция и (или) применение возможных концепций для перспективных продуктов
3	Даны аналитические и экспериментальные подтверждения по важнейшим функциональным возможностям и (или) характеристикам выбранной концепции для создания продукта
4	Компоненты и (или) макеты проверены в лабораторных условиях
5	Компоненты и (или) макеты подсистем продукта испытаны в условиях, близких к реальным
6	Модель или прототип продукта и его элементов продемонстрированы в условиях, близких к реальным
7	Прототип продукта прошел демонстрацию в эксплуатационных условиях
8	Продукт создан как штатная система, которая освидетельствована (квалифицирована) посредством испытаний и демонстраций
9	Продemonстрирована работа продукта в условиях реальной эксплуатации

3) заказчик принимает решение о вводе в эксплуатацию разработанного инновационного продукта.

5. Принципы оценки рисков на основе шкал готовности

В рамках известных методологий (например, GAO TRA [3]) нет готового инструмента, который бы давал возможность численного измерения рисков реализации и финансирования инновационных проектов через уровни готовности. Также на сегодняшний день не существует общепринятых методик оценки бюджета, продолжительности плана-графика реализации конкретного инновационного проекта или расчета математической вероятности достижения ожидаемой функциональности и производительности в рамках запланированного бюджета и плана-графика выполнения работ. Как правило, органы управления инновационных программ (НИОКР) делают такие оценки на основе собственного опыта сопровождения проектов и базы данных о выполненных проектах.

В методике ОАО «РЖД» рассматриваются риски недостижения заданного уровня готовности по параметрам проекта. Чем больше выполнено задач по определенному параметру проекта (TRL, MRL, ERL, ORL и CRL), тем ниже мера неопределенности характеристик результата и тем меньше вероятность реализации риска недостижения заданного уровня готовности.

В ОАО «РЖД» процесс управления рисками недостижения заданного уровня готовности для результатов инновационного проекта осуществляется согласно внутренним нормативно-методическим документам в области управления рисками и внутреннего контроля. Риски недостижения заданного уровня готовности могут выявляться и оцениваться до начала реализации задач, присущих соответствующему уровню готовности.

Периодический мониторинг рисков недостижения уровня готовности рекомендуется осуществлять ежеквартально либо по достижении контрольных точек инновационного проекта, он включает актуализацию описания, оценок рисков, мероприятий по воздействию на риски. Оценка выявленных рисков может использоваться для принятия управленческих решений

в ключевых контрольных точках проекта, а также в промежуточных контрольных точках – для мониторинга развития результатов, снижения выявленных рисков инновационного проекта.

Оценка риска недостижения следующего уровня готовности L по любому параметру вычисляется как произведение значения вероятности реализации риска недостижения уровня L на численное значение уровня влияния риска недостижения уровня готовности L по этому параметру готовности. Численное значение (от 0 до 1 включительно) оценки риска недостижения следующего уровня готовности L по каждому параметру рассчитывается через долю невыполненных задач на уровне L с учетом веса и прогноза своевременного исполнения каждой требуемой еще невыполненной задачи. Численное значение прогноза своевременного выполнения задачи (от 0 до 1 включительно) устанавливается на основе доступных статистических данных по аналогичным проектам разработки и внедрения инновационных продуктов.

Таким образом, для построения достоверной модели оценки рисков недостижения следующего уровня готовности по любому параметру необходимы накопление технических данных о завершенных и выполняемых проектах и система классификации проектов-аналогов для компромисса между точностью и затратами на детализацию учета проектных особенностей.

ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТ РАСЧЕТА УРОВНЯ ЗРЕЛОСТИ ПРОДУКТА

Для автоматизации предусмотренных методикой расчетных процедур и, таким образом, упрощения процесса выполнения оценки уровня зрелости продукта разработано и используется программное приложение-калькулятор TPRL Calculator. Калькулятор разработан на языке Python версии 3. Системные требования приложения: операционная система Microsoft Windows 7 и выше, объем оперативной памяти от 2 Гбайт, объем пространства на жестком диске – не менее 185 Мбайт.

Примеры интерфейсов и краткие комментарии по работе приложения TPRL Calculator приведены ниже (рисунки 1–3 и 5).

Рисунок 1. Начало работы с новым проектом

Приложение TPRL Calculator позволяет:

- зарегистрировать нового пользователя;
- авторизовать пользователя;
- ввести новый проект для выполнения расчета уровня зрелости продукта (вкладка «Новый»);
- сохранять данные незавершенных расчетов по проектам в информационной базе приложения с возможностью возвращаться к работе с любым незавершенным расчетом (вкладка «Черновики»);
- сохранять информацию о проектах и результаты завершенных расчетов в информационной базе приложения (вкладка «Завершённые»).

Вкладка «Калькулятор» позволяет выбрать шкалы (параметры) для дальнейшей оценки проекта и загрузить задачи по выбранным шкалам (кнопка «Установить параметры»). В соответствии с методикой каждой задаче можно присвоить статус «Решена» («Да»), «Не решена» («Нет») или «Не применимо».

Выставленные статусы всех задач можно сбросить нажатием кнопки «Сбросить задачи».

Для расчета значений готовности по выбранным шкалам (параметрам) необходимо

нажать кнопку «Рассчитать», после чего откроется вкладка «Оценка зрелости», а также станет активной вкладка «Оценка рисков».

Во вкладке «Оценка зрелости» пользователь может ознакомиться с полученными результатами по отдельным выбранным параметрам и по комплексной оценке зрелости проекта TPRL. На рисунке 3 представлен результат двух вариантов расчета комплексной оценки зрелости проекта:

- TPRLav – рассчитанное значение в соответствии с методикой; в данном случае проект развивается сбалансированно, значение комплексной оценки равно среднему арифметическому оценки готовности по всем параметрам;
- TPRLmin – целое значение, определяющее реально достигнутый уровень зрелости проекта.

На данном этапе все вкладки приложения доступны пользователю. Например, можно изменить статус отдельных задач на вкладке «Калькулятор» и, нажав кнопку «Рассчитать», получить новые значения в результатах.

Пользователь может сохранить проект и отметки задач по выбранным параметрам, не отмечая «как черновик» – тогда проект попадет

TPRL Calculator

Расчёт оценки зрелости инновационного продукта/технологии к внедрению в ОАО «РЖД» и рисков недостижения уровня готовности инновационных проектов в ОАО «РЖД» с их применением через соответствующие уровни готовности

Новый Черновики Завершённые **Калькулятор** Оценка зрелости Оценка рисков Справка

Параметры оценки

☒ Технологическая готовность (TRL)
☒ Производственная готовность (MRL)
☒ Инженерная готовность (ERL)
☒ Организационная готовность (ORL)
☒ Коммерческая готовность (CRL)

Номер проекта: **2019-РЖД-01-2875**
 Эксперт: **Чечеткин Евгений Владимирович**

Установить параметры

TRL	MRL	ERL	ORL	CRL
Параметр	Задачи			
Уровень 1	Сформулирована фундаментальная концепция технологии и обоснована полезность технологии			
Уровень 2	Определены целевые области применения технологии и ее критические элементы			
Уровень 3	Изготовлен макетный образец и продемонстрированы его ключевые характеристики			
Уровень 4	Получен лабораторный образец, подготовлен лабораторный стенд, проведены испытания базовых функций взаимодействия и связи с другими элементами системы			
Да	Лабораторный образец/Модель изготовлен(а), есть акт приемки и допуска его/ее к испытаниям.			
Да	Подсистемы модели, состоящие из нескольких компонентов, протестированы в лабораторных/настоенных масштабах с использованием имитаторов внешней среды/систем.			
Да	Результаты тестирования модели в расширенном диапазоне параметров соответствуют ТЗ и одобрены Владелец продукта (Заказчиком).			
Да	Определены области ограничений применения технологии (где применять нецелесообразно или запрещено), в т.ч. законодательные ограничения, рыночные ограничения, научно-технические и технологические ограничения, ограничения, связанные с использованием предшествующей и получаемой интеллектуальной собственностью, экологические ограничения и др.			
Уровень 5	По полупромышленной технологии изготовлен и испытан экспериментальный образец в реальном масштабе, проведена эмуляция основных внешних условий			
Нет	Изготовлен экспериментальный образец в масштабе близком к реальному по полупромышленной технологии.			
Нет	Основные компоненты разрабатываемой технологии/продукта интегрированы между собой.			

Рассчитать Сбросить задачи

Рисунок 2. Вкладка «Калькулятор»

TPRL Calculator

Расчёт оценки зрелости инновационного продукта/технологии к внедрению в ОАО «РЖД» и рисков недостижения уровня готовности инновационных проектов в ОАО «РЖД» с их применением через соответствующие уровни готовности

Новый Черновики Завершённые **Калькулятор** **Оценка зрелости** Оценка рисков Справка

Номер проекта: **2019-РЖД-01-2875**
 Эксперт: **Чечеткин Евгений Владимирович**

TPRLmin: 3
TPRLav: 3.6

TRL	MRL	ERL	ORL	CRL
4.0	3.4	4.0	3.6	3.0

Даны аналитические и экспериментальные подтверждения по важнейшим функциональным возможностям и/или характеристикам выбранной концепции для создания продукта/технологии

TRL	Получен лабораторный образец, подготовлен лабораторный стенд, проведены испытания базовых функций взаимодействия и связи с другими элементами системы
MRL	Принято решение «производить/заказать» на основе анализа средств производства у производителей
ERL	Свойства и интерфейс продукта/технологии определены и согласованы для анализа его интеграции в систему
ORL	Проведен анализ реализуемости проекта. Заказчик подтвердил достаточность функционала продукта
CRL	Выявлены предпочтения потенциальных потребителей в отношении характеристик, сроков появления на рынке и цены создаваемого продукта/технологии

Сохранить ☐ черновик Создать заключение

Рисунок 3. Вкладка «Оценка зрелости»

во вкладку «Завершенные». В случае, когда пользователь устанавливает отметку «как черновик», проект попадет во вкладку «Черновики». При нажатии на кнопку «Создать заключение» появится заполненная форма экспертного заключения, на которую будет перенесена вся ключевая информация выполненного расчета; экспертное заключение можно распечатать. Кроме того, экспертное заключение автоматически сохраняется в виде файла формата Adobe Systems PDF (Portable Document Format), см. рисунок 4, в заданной папке на персональном компьютере пользователя.

Во вкладке «Оценка рисков» отображаются результаты, полученные при оценке рисков недостижения заданного уровня готовности (рисунок 5).

При нажатии на кнопку «Создать заключение» на экране пользователя появится заполненная форма экспертного заключения по оценке рисков, которую можно отправить

на печать. Кроме того, экспертное заключение автоматически сохраняется в виде файла формата Adobe Systems PDF (см. рисунок 6) в заданной папке.

При необходимости адаптации калькулятора TPRL Calculator под конкретный инновационный проект в расчете оценки зрелости и рисков требуется уточнить состав задач, соответствующих уровням готовности по всем параметрам, и установить веса для каждой из задач.

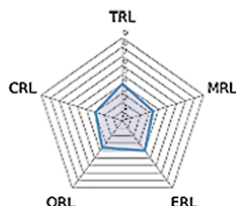
Приложение TPRL Calculator – это первая простая модель перспективной информационной системы оценки зрелости инновационного продукта к внедрению в ОАО «РЖД» и рисков недостижения уровня готовности инновационных проектов.

Апробация методики и приложения TPRL Calculator была выполнена на примерах перспективных инновационных предложений, поступивших в «Единое окно инноваций ОАО «РЖД» [18].

Экспертное заключение № _____
по оценке информации о результатах
проекта для различных параметров

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Дата проведения экспертного оценивания: | 06.04.2022 16:14 |
| 2. Идентификационный номер проекта: | 2019-РЖД-01-2875 |
| 3. ФИО эксперта: | Чечеткин Евгений Владимирович |
| 4. Тип параметра: | TRL, MRL, ERL, ORL, CRL |

Уровень 3. Даны аналитические и экспериментальные подтверждения по важнейшим функциональным возможностям и/или характеристикам выбранной концепции для создания продукта/технологии



5. Статус выполнения оцениваемого уровня и его подуровней
Установленный уровень готовности параметра TRL - 4.0

Уровень	Наименование задачи	Статус
Уровень 4	Получен лабораторный образец, подготовлен лабораторный стенд, проведены испытания базовых функций взаимодействия и связи с другими элементами системы	
№ 1	Лабораторный образец/Модель изготовлен(а), есть акт приема и допуска его/ее к испытаниям	Да
№ 2	Подсистемы модели, состоящие из нескольких компонентов, протестированы в лабораторных/испытательных масштабах с использованием имитаторов внешней среды/систем	Да
№ 3	Результаты тестирования модели в расширенном диапазоне параметров соответствуют	Да

Рисунок 4. Вкладка «Оценка зрелости». Формат экспертного заключения

TPRL Calculator

Расчёт оценки зрелости инновационного продукта/технологии к внедрению в ОАО «РЖД» и рисков недостижения уровня готовности инновационных проектов в ОАО «РЖД» с их применением через соответствующие уровни готовности

Новый Черновики Завершённые Калькулятор Оценка зрелости Оценка рисков Справка

Номер проекта: 2019-РЖД-01-2875 Эксперт: Чететкин Евгений Владимирович

TRL MRL ERL ORL CRL

Уровень 4. Решен вопрос по недостающим мощностям, условиям поставок

Задача	Прогноз своевременного исполнения задачи	Вероятность реализации риска, %
Проверено наличие базовых средств производства у производителя/субподрядчика. Решение вопроса по недостающим мощностям.	1	19,6%
Определены поставщики и условия поставки.	1	
Проведен анализ вариантов получения в распоряжение средств производства.	0,93	
Технологический процесс производства предварительно согласован с Владелец продукта (Заказчиком).	0,96	
Определены сроки готовности мелкосерийного производства.	0,90	

Итоговая оценка риска недостижения уровня готовности 4 по параметру MRL: 0.12

Создать заключение

Рисунок 5. Вкладка «Оценка рисков»

Экспертное заключение № _____
по оценке рисков недостижения уровня готовности
инновационных проектов в ОАО «РЖД» с их применением
через соответствующие уровни готовности

- Дата проведения экспертного оценивания: 06.04.2022 16:35
- Идентификационный номер проекта: 2019-РЖД-01-2875
- ФИО эксперта: Чететкин Евгений Владимирович
- Тип параметра: TRL, MRL, ERL, ORL, CRL
- Оценка рисков недостижения уровней готовности по параметрам:

Итоговая оценка риска недостижения уровня готовности 5 по параметру TRL: 0.29

Уровень 5. По полупромышленной технологии изготовлен и испытан экспериментальный образец в реальном масштабе, проведена эмуляция основных внешних условий

Задача	Прогноз своевременного исполнения задачи	Вероятность реализации риска, %
Изготовлен экспериментальный образец в масштабе близком к реальному по полупромышленной технологии.	0,96	29,1%
Основные компоненты разрабатываемой технологии/продукта интегрированы между собой.	0,96	
Изготовлен испытательный стенд для проведения испытания расширенного набора функций.	0,96	
Программа и методика испытаний (ПМИ) расширенного набора функций	0,99	

Рисунок 6. Вкладка «Оценка рисков». Формат экспертного заключения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ОАО «РЖД» с 2021 г. используется методика оценки зрелости инновационного продукта к внедрению в производственные процессы железнодорожной отрасли и рисков недостижения уровня готовности инновационных проектов, разработанная на основе принципов сбалансированной комплексной оценки проекта с обоснованным и неизбыточным набором шкал готовности – параметров. Оценка уровней готовности результатов инновационных проектов по каждому из параметров осуществляется на основе проектной документации.

В системе управления инновационной деятельностью и научно-технологическим развитием ОАО «РЖД» методика используется для сопоставления уровня технологического развития и значений ключевых показателей эффективности предприятий российской железнодорожной отрасли с показателями ведущих компаний-аналогов в соответствии с методическими рекомендациями Минэкономразвития

России [11]. На основе такого сравнения выполняется подготовка предложений и обоснований по ключевым направлениям инновационного развития в рамках комплексной программы инновационного развития холдинга «РЖД» (среднесрочного плана ее реализации) и долгосрочной программы развития, исходя из принципа максимально возможного сокращения отставания от компаний-аналогов либо их опережения.

Кроме того, требования по оценке уровней готовности включены в такие процедуры технологического развития холдинга «РЖД», как отбор инновационных проектов в программу поддержки инноваций, пополнение реестра инновационной и (или) высокотехнологичной продукции, формирование портфеля сквозных (цифровых) технологий.

Минэкономразвития России и Минтранс России верифицировали разработанную методику и рекомендовали к внедрению в практику работы ОАО «РЖД».

ЛИТЕРАТУРА

1. Sadin S.R., Povinelli F.P., Rosen R. (1989) The NASA technology push towards future space mission systems // *Acta Astronautica*. 1989; 20:3–77.
2. Mankins J.C. (1995) Technology readiness levels / Advanced Concepts Office of Space Access and 1995. http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf.
3. Technology Readiness Assessment Guide. Best Practices for Evaluating the Readiness of Technology for Use in Acquisition Programs and Projects (GAO-20-48G) (2020) / U.S. Government Accountability Office, 07.01.2020.
4. Technology Readiness Level: Guidance Principles for Renewable Energy technologies. Final Report (2017) / European Commission. EUR27988 EN. November 2017.
5. ISO 16290:2013 (2013) Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment.
6. ГОСТ Р 56861–2016. Система управления жизненным циклом. Разработка концепции изделия и технологий. Общие положения (2016) / Техэксперт. <https://docs.cntd.ru/document/1200132491>.
7. ГОСТ Р 57194.1–2016. Трансфер технологий. Общие положения (2016) / Техэксперт. <https://docs.cntd.ru/document/1200141164>.
8. ГОСТ Р 58048–2017. Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий (2017) / Техэксперт. <https://docs.cntd.ru/document/1200158331>.
9. ГОСТ ISO/IEC17000–2012 Оценка соответствия. Словарь и общие принципы (2012) / Техэксперт. <https://docs.cntd.ru/document/1200100949>.
10. Manufacturing Readiness Level (MRL) Deskbook (2011) / U.S. Department of Defense. <https://www.dodmrl.com/>.
11. Методические рекомендации по сопоставлению уровня технологического развития и значений ключевых показателей эффективности акционерных обществ с государственным участием, государственных корпораций, государственных компаний и федеральных государственных унитарных предприятий с уровнем развития и показателями ведущих компаний-аналогов (2017) / Минэкономразвития России.
12. Nolte W., Kruse R. (2011) Readiness Level Proliferation / AFRL. https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2011/system/13132_NolteWednesday.pdf.
13. Rail Industry Readiness Levels (RIRLs) defined and explained (2019) / Rail Engineer, 09.02.2019. <https://www.railengineer.co.uk/rail-industry-readiness-levels-rirls-defined-and-explained>.
14. Product Acceptance Service. Guidance Note (2020) / Network Rail Limited, The Rail Industry Readiness Level. <https://www.networkrail.co.uk/>

wp-content/uploads/2020/10/Product-Acceptance-Service-Technical-Services-Guidance-Note-v4.2-Oct-2020.pdf.

15. Петров А.Н., Сартори А.В., Филимонов А.В. (2016) Комплексная оценка состояния научно-технических проектов через уровень готовности технологий // Экономика науки. 2016; 2(4): 244–260.
16. Комаров А.В., Петров А.Н., Сартори А.В. (2018) Модель комплексной оценки технологической

готовности инновационных научно-технологических проектов // Экономика науки. 2018; 4(1): 47–57.

17. Петров А.Н., Комаров А.В. (2020) Оценка уровня технологической готовности конкурсных заявок с использованием методологии TPRL // Экономика науки. 2020; 6(1–2): 88–99.
18. Единое окно инноваций для приема инновационных перспективных предложений, которые могут быть применены в интересах ОАО «РЖД» (2022) / РЖД. <https://eoi.rzd.ru/front>.

Информация об авторах

Тулупов Андрей Викторович – заместитель начальника, Центр инновационного развития ОАО «РЖД» (Российская Федерация, 107078, г. Москва, ул. Каланчевская, 15; e-mail: tulupovav@center.rzd.ru).

Васильев Иван Павлович – ведущий эксперт, Центр инновационного развития ОАО «РЖД» (Российская Федерация, 107078, г. Москва, ул. Каланчевская, 15; e-mail: vasilevip@center.rzd.ru).

Ионов Денис Александрович – кандидат технических наук, заместитель начальника отдела, Центр инновационного развития ОАО «РЖД» (Российская Федерация, 107078, г. Москва, ул. Каланчевская, 15; e-mail: ionovda@center.rzd.ru).

Палаткина Елена Викторовна – начальник отдела, Центр инновационного развития ОАО «РЖД» (Российская Федерация, 107078, г. Москва, ул. Каланчевская, 15; e-mail: palatkinaev@center.rzd.ru).

Петров Андрей Николаевич – кандидат химических наук, руководитель отдела аналитических исследований, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дирекция научно-технических программ»; Scopus Author ID: 7401780289, ORCID: 0000-0002-2719-9596 (Российская Федерация, 123557, г. Москва, ул. Пресненский Вал, д. 19, стр. 1; e-mail: petrov@fcntp.ru).

Чечеткин Евгений Владимирович – главный специалист отдела статистики, оценки и прогноза, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дирекция научно-технических программ»; Scopus Author ID: 57209973765, ORCID: 0000-0003-0862-8030 (Российская Федерация, 123557, г. Москва, ул. Пресненский Вал, д. 19, стр. 1; e-mail: echechetkin@fcntp.ru).

A.V. TULUPOV,

Center of Innovative Development JSCo “RZD” (Moscow, Russian Federation; e-mail: tulupovav@center.rzd.ru)

I.P. VASILIEV,

Center of Innovative Development JSCo “RZD” (Moscow, Russian Federation; e-mail: vasilevip@center.rzd.ru)

D.A. IONOV,

Center of Innovative Development JSCo “RZD” (Moscow, Russian Federation; e-mail: ionovda@center.rzd.ru)

E.V. PALATKINA,

Center of Innovative Development JSCo “RZD” (Moscow, Russian Federation; e-mail: palatkinaev@center.rzd.ru)

A.N. PETROV,

SSTP Directorate (Moscow, Russian Federation; e-mail: petrov@fcntp.ru)

E.V. CHECHETKIN,

SSTP Directorate (Moscow, Russian Federation; e-mail: echechetkin@fcntp.ru)

USING METRICS OF READINESS LEVELS IN MATURITY ASSESSMENT OF A PRODUCT OR TECHNOLOGY FOR APPLICATION IN JSCO “RZD”

UDC: 338.2:001.89

<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-31-45>

Abstract: The article is devoted to the methods for maturity assessment of an innovative product or technology for implementation at the enterprises of JSCo “RZD” and assessing the risks of not achieving the readiness level of innovative projects. The main principles, scope and effects of using methods are noted.

The method was developed for JSCo "RZD" and based on the TPRL methodology for a complex assessment of the technological project readiness level with the improvement of the procedure, rules and the mathematical model of assessment in accordance with the management processes in the railway industry. Approbation of the proposed assessment methods was carried out on the examples of promising innovative proposals received by the "Single-Window of Innovations of JSCo "RZD".

The methods can be used for: a) assessing the level of technology development in JSCo "RZD" and comparing the level of technological development of the Russian Railways holding with foreign analogue companies; b) making a management decision on financing a development project, or on purchasing an innovative product and (or) technology and introducing it into the production process of JSCo "RZD"; c) building and verifying a product (technology) development and implementation roadmaps; d) monitoring the implementation of a project for the development and implementation of a product (technology), etc.

The application of the methods will improve the efficiency of innovation activities in JSCo "RZD".

Keywords: readiness level, technology project readiness level, TPRL, methods, maturity assessment, technology, product, risks

For citation: Tulupov A.V., Vasiliev I.P., Ionov D.A., Palatkina E.V., Petrov A.N., Chechetkin E.V. Using Metrics of Readiness Levels in Maturity Assessment of a Product or Technology for Application in JSCo "RZD". *The Economics of Science*. 2022; 8(1):31-45. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-31-45>

REFERENCES

1. Sadin S.R., Povinelli F.P., Rosen R. (1989) The NASA technology push towards future space mission systems // *Acta Astronautica*. 1989; 20:3–77.
2. Mankins J.C. (1995) Technology readiness levels / Advanced Concepts Office of Space Access and 1995. http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf.
3. Technology Readiness Assessment Guide. Best Practices for Evaluating the Readiness of Technology for Use in Acquisition Programs and Projects (GAO-20-48G) (2020) / U.S. Government Accountability Office, 07.01.2020.
4. Technology Readiness Level: Guidance Principles for Renewable Energy technologies. Final Report (2017) / European Commission. EUR27988 EN. November 2017.
5. ISO 16290:2013 (2013) Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment.
6. GOST R56861–2016. Life cycle management system. Development of the product concept and technologies. General provisions (2016) / Tekhekspert. <https://docs.cntd.ru/document/1200132491>. (In Russ.)
7. GOST R57194.1–2016. Technology transfer. General provisions (2016) / Tekhekspert. <https://docs.cntd.ru/document/1200141164>. (In Russ.)
8. GOST R58048–2017. Technology transfer. Guidelines for assessing the level of technology maturity (2017) / Tekhekspert. <https://docs.cntd.ru/document/1200158331>. (In Russ.)
9. GOST ISO/IEC17000–2012 Conformity assessment. Dictionary and general principles (2012) / Tekhekspert. <https://docs.cntd.ru/document/1200100949>. (In Russ.)
10. Manufacturing Readiness Level (MRL) Deskbook (2011) / U.S. Department of Defense. <https://www.dodmrl.com/>.
11. Guidelines for comparing the level of technological development and the values of key performance indicators of joint-stock companies with state participation, state corporations, state-owned companies and federal state unitary enterprises with the level of development and indicators of leading peer companies (2017) / Ministry of Economic Development of Russia. (In Russ.)
12. Nolte W., Kruse R. (2011) Readiness Level Proliferation / AFRL. https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2011/system/13132_NolteWednesday.pdf.
13. Rail Industry Readiness Levels (RIRLs) defined and explained (2019) / Rail Engineer, 09.02.2019. <https://www.railengineer.co.uk/rail-industry-readiness-levels-rirls-defined-and-explained>.
14. Product Acceptance Service. Guidance Note (2020) / Network Rail Limited, The Rail Industry Readiness Level. <https://www.networkrail.co.uk/wp-content/uploads/2020/10/Product-Acceptance-Service-Technical-Services-Guidance-Note-v4.2-Oct-2020.pdf>.
15. Petrov A.N., Sartory A.V., Filimonov A.V. (2016) Comprehensive assessment of the status scientific and technical projects using Technology Project Readiness Level // *The Economics of Science*. 2016; 2(4): 244–260. (In Russ.)
16. Komarov A.V., Petrov A.N., Sartory A.V. (2018) The model of integrated assessment of technological readiness of innovative scientific and technological projects // *The Economics of Science*. 2018; 4(1): 47–57. (In Russ.)
17. Petrov A.N., Komarov A.V. (2020) stimulation of technology readiness level of tender proposal in terms of methodology TPRL // *The Economics of Science*. 2020; 6(1–2): 88–99. (In Russ.)
18. Single window of innovations for receiving innovative promising proposals that can be applied in the interests of JSCo "RZD" (2022) / RZD. <https://eoi.rzd.ru/front>. (In Russ.)

Authors

Andrey V. Tulupov – Deputy Head, Center of Innovative Development of JSCo «RZD» (Russian Federation, 107078, Moscow, Kalanchevskaya str., 15; e-mail: tulupovav@center.rzd.ru).

Ivan P. Vasiliev – Leading expert, Center of Innovative Development of JSCo «RZD» (Russian Federation, 107078, Moscow, Kalanchevskaya str., 15; e-mail: vasilievip@center.rzd.ru).

Denis A. Ionov – Deputy Head of Division, Center of Innovative Development of JSCo «RZD» (Russian Federation, 107078, Moscow, Kalanchevskaya str., 15; e-mail: ionovda@center.rzd.ru).

Elena V. Palatkina – Head of Division, Center of Innovative Development JSCo «RZD» (Russian Federation, 107078, Moscow, Kalanchevskaya str., 15; e-mail: palatkinaev@center.rzd.ru).

Andrey N. Petrov – Head of Analytical Research Department, Directorate of State Scientific and Technical Programmes; Scopus Author ID: 7401780289, ORCID: 0000-0002-2719-9596 (Russian Federation, 123557, Moscow, Presnensky Val str., 19, bldg. 1; e-mail: petrov@fcntp.ru).

Evgeniy V. Chechetkin – Chief Specialist of the Department of Statistics, Evaluation and Forecast, Directorate of State Scientific and Technical Programmes; Scopus Author ID: 57209973765, ORCID: 0000-0003-0862-8030 (Russian Federation, 123557, Moscow, Presnensky Val str., 19, bldg. 1; e-mail: echechetkin@fcntp.ru).

ОБНОВЛЕНИЕ ПРИБОРНОЙ БАЗЫ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ



В 2022 г. 205 научных и образовательных организаций России получают гранты на обновление приборной базы на сумму 11,8 млрд руб. в рамках федерального проекта «Развитие инфраструктуры для научных исследований и подготовки кадров» национального проекта «Наука и университеты». Обязательным условием получения гранта является то, что не менее 15% всего приобретаемого оборудования должно быть российского производства. Всего за последние три года на обновление приборной базы правительством России направлено более 25 млрд руб. в 268 научно-образовательных организаций.

Всего на получение грантов в 2022 году было подано 209 заявок, включающих программу обновления приборной базы, а также обоснование по научно-лабораторным приборам или оборудованию. Размер гранта в каждом случае определялся исходя из ряда параметров: объема приборной базы, направления научной деятельности организации, ее результативности, техновооруженности, фондоотдачи и численности исследователей.

В число получателей грантов в этом году вошли: Физический институт им. Лебедева РАН, Московский государственный университет им. Ломоносова, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Физико-технический институт им. Иоффе РАН, Институт прикладной физики РАН и другие научно-исследовательские организации.

Физический институт им. Лебедева РАН (ФИАН) получит грант в размере 339,5 млн руб., он будет направлен на развитие многофункционального экспериментального комплекса Тянь-Шаньской высокогорной станции ФИАН. Благодаря господдержке общее количество детекторов в составе системы достигнет 200, что позволит повысить точность проводимых исследований.

Томскому национальному исследовательскому медицинскому центру Российской академии наук (Томский НИМЦ) в 2022 г. на обновление приборной базы направят 203,7 млн руб. Эти средства позволят приобрести двадцать приборов для научных лабораторий и клиник, в том числе рентгеновский компьютерный томограф и ультразвуковую систему для малых лабораторных животных для доклинических исследований новых терапевтических молекул, сервер для биоинформатического анализа генетических данных, криохранилище и другие.

Источник: https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/?ELEMENT_ID=45794

Т.А. БУРЦЕВА,

Российский технологический университет – МИРЭА (Москва, Российская Федерация;
e-mail: burceva_t@mirea.ru)

А.Р. АХМАДОВ,

Министерство финансов Чеченской Республики (Грозный, Российская Федерация;
e-mail: mr.ahmadov.a@mail.ru)

МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ СОЗДАНИЯ НОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ПРОМЫШЛЕННОЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ

УДК: 334.75

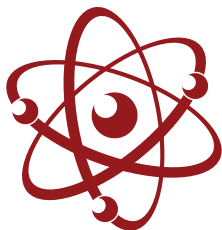
<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-46-57>

Аннотация: В статье представлены результаты исследования, обосновывающие эффективность создания новых промышленных предприятий на основе кластеров, индустриальных парков и технопарков в регионах России для их развития. Авторы предложили метод, который позволяет с помощью авторитетных национальных рейтингов и авторского рейтинга региональной новой промышленной инфраструктуры количественно измерить влияние создания новых промышленных предприятий в регионе на социально-экономическое положение регионов и их экологическую ситуацию. К достоинствам метода следует отнести его надежность и объективность, информационную обеспеченность. В результате обоснованы выводы: созданные технопарки, кластеры и индустриальные парки играют значимую роль для развития промышленности регионов, улучшения экологической обстановки и ускорения социально-экономического развития, но процесс создания промышленных предприятий с помощью новой промышленной инфраструктуры требует интенсификации. Полученные результаты будут способствовать решению проблемы измерения эффективности развития и функционирования региональных промышленных систем.

Ключевые слова: новая экономика, субъект федерации, целевая эффективность, региональная производственная система, статистические показатели эффективности

Благодарность: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00330.

Для цитирования: Бурцева Т.А., Ахмадов А.Р. Метод оценки влияния создания новой промышленной инфраструктуры на промышленное и социально-экономическое развитие регионов. *Экономика науки*. 2022; 8(1):46-57. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-46-57>



ВВЕДЕНИЕ

Промышленность региона в современных условиях представляет собой симбиоз новых и традиционных форм организации и функционирования предприятий. За последние несколько десятилетий в регионах нашей страны с целью роста конкурентоспособности региональных промышленных систем и привлечения ресурсов их развития в виде иностранных инвестиций созданы технопарки, инновационные и промышленные кластеры, особые экономические и промышленные зоны, индустриальные парки и т. д. Многочисленные рейтинги новой промышленной инфраструктуры, например национальный рейтинг технопарков России, оценивают ее сравнительную эффективность, влияние деятельности ее резидентов на развитие высокотехнологичного сектора страны в целом. Однако большую часть затрат на создание и функционирование новой промышленной инфраструктуры несут регионы, в то время как эффекты в виде

налоговых поступлений в большей степени получает федеральный бюджет. Так, в работе Бурцевой Т.А. и Савельева А.А. показано, что эффективность для регионального бюджета Калужской области создания промышленных парков на порядок ниже федеральной эффективности [1, с. 241]. Поэтому актуально исследование эффективности создания новой промышленной инфраструктуры для устойчивого развития регионов, их промышленных систем с учетом обеспечения и поддержания экологической безопасности.

Целью исследования является количественное измерение влияния создания предприятий новой экономики на развитие промышленности регионов и их социально-экономическое развитие. Задачами исследования являются поиск актуальной информации, характеризующей развитие новой экономики в регионах, и разработка метода такой оценки. Авторы полагают, что решение данных задач будет способствовать оперативному принятию решений по повышению региональной эффективности новой промышленной инфраструктуры именно для регионов России, где она пока не представлена.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Важность развития новой индустриализации для развивающихся стран обосновывал James R. Tybout, выделяя как один из главных недостатков традиционной промышленности ее неэффективность [2]. В работе S. Lall [3] обосновывается ведущая роль государства в формировании конкурентоспособной экономики. Принципы проведения результативной национальной промышленной политики сформулированы в работе Rodrick D. [4]. Проблемам измерения показателей эффектов и затрат уделено внимание в работе Williams D. [5], который предлагал оценивать эффективность промышленной политики на основе объемов производства, также в работе подчеркивается необходимость реализации данной политики для достижения стратегических целей социально-экономического развития региона. Важность реализации проектов для создания предприятий полного производственного цикла для устойчивого развития региона обосновывается в статье

S. Massari, G. Sonnemann и F. Balkau [6]. В работе [7] уделяется огромное значение экологическим эффектам при оценке эффективности деятельности промышленных парков. Критерии оценки эффективности кластеров определены Бурцевой Т.А., Гранковым П.Ю. [8, с. 5]. В диссертации Симченко О.Л. предложена комплексная методика ресурсоемкости резидентов промышленного парка с использованием Евклидовой метрики.

Охарактеризованные работы определили гипотезу исследования, которая заключается в предположении наличия причинно-следственной связи между формированием новой промышленной инфраструктуры региона и его устойчивым развитием, в том числе для улучшения экологической ситуации. Все это позволило обосновать перечень рейтингов регионов, на основе которых построен авторский интегральный измеритель и рейтинг регионов по уровню развития новой промышленной инфраструктуры.

Таким образом, для достижения цели исследования необходимо построение интегрального критерия оценки, включающего разнокачественные частные показатели. В этом случае для построения интегрального показателя используются следующие методы [9, с. 10–11]:

- метод сумм;
- метод по сумме средневзвешенных арифметических групповых показателей;
- метод по произведению средневзвешенных геометрических групповых показателей;
- метод геометрической средней;
- метод коэффициентов;
- метод суммы мест;
- метод расстояний.

Интегральная оценка может быть получена с помощью *метода сумм* путем простого суммирования индексов частных показателей для каждого i -го объекта, где $i = 1..n$, по формуле 1:

$$K_i = \sum_{j=1}^m \frac{x_{ij}^1}{x_{ij}^0} \quad (1).$$

В данном случае x_{ij}^1 и x_{ij}^0 – соответственно, фактическое и базисное значение j -го частного показателя на i -м объекте, m – число частных показателей ($j = 1..m$), n – число объектов.

Метод по сумме средневзвешенных арифметических групповых показателей позволяет

получить интегральную оценку с учетом важности частных показателей, которая оценивается как вес показателя. Формула имеет вид:

$$K_i = \sum_{j=1}^m w_j x_{ij} \quad (2),$$

где w_j – оценка веса частного показателя в совокупности отобранных показателей. Чаще всего на практике используют нормированные значения (весов), т. е. их сумма должна быть равной единице. Присвоение веса – основное отличие рейтинга от ранжирования. Веса несут в себе оценочную информацию, увеличивают значения одних частных показателей по отношению к другим. Для измерения веса часто применяется коэффициент линейной корреляции [10].

Метод геометрической средней предполагает расчет коэффициентов a_{ij} для оцениваемых частных показателей, находящихся в пределах $0 < a_{ij} < 1$. За единицу принимается значение, соответствующее наиболее высокому уровню частного показателя или средней величине частного показателя. Интегральная оценка считается в этом случае по формуле 3:

$$K_i = \left[\prod_{j=1}^m a_{ij} \right]^{\frac{1}{m}} \quad (3).$$

Этот метод целесообразно применять при относительно малом числе оцениваемых частных показателей и в случае, если большинство их значений близко к единице.

Метод по произведению средневзвешенных геометрических групповых показателей предполагает использование для расчета интегральной оценки формулы 4:

$$K_i = \prod_j x_{ij}^{w_j} \quad (4),$$

где w_j – вес j -го частного показателя. Данное выражение путем логарифмирования преобразуется в линейную зависимость.

Метод коэффициентов применим в случаях, когда интегральная оценка получается перемножением соответствующих коэффициентов (a_{ij}). Данный метод практически не отличается от метода средней геометрической, в этом случае интегральная оценка получается по формуле 5:

$$K_i = \prod_{j=1}^m a_{ij} \quad (5).$$

Использование для сравнения экономических объектов на макроуровне нелинейных

методов свертки частных показателей рекомендовано в работе [11].

Метод суммы мест предполагает предварительное ранжирование всех объектов по частным показателям. Составляется матрица рангов $\{s_{ij}\}$, а на основе этой матрицы рассчитывается конкретное значение интегральной оценки по формуле 6:

$$K_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} s_{ij} \quad (6).$$

Следует отметить, что применение методов сумм, суммы мест, коэффициентов и геометрической средней возможно только в случае однонаправленности влияния всех оцениваемых частных показателей. В противном случае при расчете показателя интегральной оценки в качестве критериев берутся обратные к исходным величинам показателя.

Основой метода расстояний является учет близости объектов по сравниваемым частным показателям к объекту-эталону. За эталон принимают условный объект с наилучшими значениями частных показателей (a_e). Исходные частные показатели стандартизируются по формуле 7:

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_{eij}} \quad (7).$$

Интегральная оценка получается в этом случае по формуле 8:

$$K_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (1 - x_{ij})^2} \quad (8).$$

В случае учета веса частного показателя формула имеет вид:

$$K_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (1 - x_{ij})^2} \quad (9).$$

Также применяются методы интеллектуального анализа, например, метод двумерного шкалирования, позволяющий учитывать кроме абсолютных значений частных показателей и степени их варьирования, механизм влияния отдельных факторов [12]. Во многих случаях задачу построения интегральных оценок можно успешно решать, используя экспертно-статистические методы и метод компонентного анализа. В первом случае самостоятельное значение имеет интегральная оценка $\varphi(x)$, характеризующая достижение заданных уровней частных показателей, то есть целевая функция. Задание целевой функции дает возможность интегрально оценить различные стороны объекта

в сравнении с конечной целью их оптимизации. Также широко используются модели рейтинга рейтингов, когда обобщаются не частные показатели, а рейтинги объектов по частным показателям или группам показателей. Модели могут иметь функциональную, статистическую и эконометрическую основу, а также использовать статистические методы обработки результатов опросов аудитории [13, с. 10]. Модели рейтингов или рейтинг рейтингов – новое направление в исследовании экономических процессов. Их использование дает возможность на основе зарекомендовавших себя рейтингов измерять латентные экономические процессы, не обладая первичной информацией об их развитии. Авторы настоящего исследования применяют данный подход для достижения цели исследования.

Несмотря на многообразие методических подходов к расчету интегрального показателя, можно выделить общие этапы:

- постановка цели;
- формирование системы показателей;
- отбор исходной информации;
- распределение отобранных показателей по группам, соответствующим субиндексам (если это необходимо);
- приведение данных в сопоставимый вид с использованием различных методов;
- расчет интегральных показателей на основе разнообразных математических методов [14, с. 9].

Реализация данного алгоритма обеспечивает возможность построения рейтингов и применения непараметрических статистических методов для измерения причинно-следственных взаимосвязей, что, в свою очередь, является важным преимуществом, так как в данном случае нет необходимости выполнения ряда известных предпосылок для распределения используемых показателей – однородности и нормальности распределения.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Новая экономика в регионе, под которой понимается совокупность новых промышленных компаний, созданных с помощью современной промышленной инфраструктуры, должна обеспечивать достижение целей

социально-экономического развития региона за счет более высокой эффективности новых промышленных компаний. С 1960-х гг. ключевую роль в разработке критериев оценки эффективности промышленных проектов и предприятий играет методология таких международных организаций, как ОЭСР, Центр международного промышленного сотрудничества ООН (ЮНИДО). ОЭСР предложены универсальные критерии оценки государственной эффективности (основные технико-экономические и социально-экономические показатели промышленных комплексов и регионов), бюджетной эффективности (сокращение расходов, рост отчислений, налогов, сборов), коммерческой эффективности (прибыль, рентабельность, доля рынка, высвобождение мощностей, рост доходов территорий). ЮНИДО разработала критерии эффективности реализации промышленных бизнес-планов (показатели прибыльности, окупаемости, рентабельности инвестиций, а также критерий внутренней ставки доходности и чистого дисконтированного дохода).

Национальный подход к данному вопросу отражен в «Методике расчета совокупной добавленной стоимости, получаемой на территории индустриального парка и технопарка», утвержденной приказом Минфина России № 20-н от 30.01.2015 г. В методике с использованием кумулятивного метода формируется совокупная добавленная стоимость технопарка или индустриального парка из добавленной стоимости каждого резидента. В данном случае принцип оценки добавленной стоимости не отличается от принципа расчета показателей эффектов системы национальных счетов, применяемого в международной методологии. При оценке эффективности технопарков в России используется «Методика оценки эффективности использования средств федерального бюджета, направляемых на создание технопарков в сфере высоких технологий». Перечисленные методики не используют интегральный единый критерий оценки. Авторами предлагается построение единого критерия на основе существующих национальных рейтингов промышленной инфраструктуры – индустриальных парков и технопарков, а также информации о среднем числе работников

на одного участника кластера в регионе, рассчитанном по данным карты кластеров России. Использование в интегральных показателях развития регионов рейтингов регионов является широко распространенной практикой. Например, при построении индекса конкурентоспособности регионов (AV RCI) консорциума Леонтьевский центр – AV Group используется большой объем открытой статистической информации, публичные авторитетные рейтинги и оценки. К методологическим достоинствам рейтингового подхода относят снижение размерности массива данных при сохранении информационной плотности, а также наглядность и презентабельность результатов [15, с. 44].

Авторский рейтинг региональной промышленной инфраструктуры представляет собой среднее значение из рейтинговых мест региона среди регионов России. В случае если в регионе нет технопарков, промышленных парков или кластеров, региону присваивается последнее место. Таким образом, в регионах, где нет новой промышленной инфраструктуры, место в рейтинге одинаковое. Это предполагает использование коэффициентов ранговой корреляции со связными рангами [16, с. 251].

Получение авторского рейтинга региона как простого среднего из суммы частных рейтингов этого региона является довольно распространенным подходом [13]. Он применяется, например, при расчете интегрального индекса инновационного развития регионов России. Методология расчета данного индекса отвечает современным статистическим стандартам, применяемым как в российской государственной статистике, так и в практике ведущих зарубежных стран и международных организаций (ОЭСР, Евростата и др.). Итоговый индекс и значения субиндексов формируются как среднее нормализованных значений всех включенных показателей, при этом все показатели имеют равную значимость [17, с. 204]. Расчеты индекса при составлении рейтинга инновационных регионов России осуществляются путем усреднения нормализованных значений 29-ти индикаторов методом простого среднего, без взвешивания. Данный

рейтинг составляет Ассоциация инновационных регионов России совместно с Министерством экономического развития Российской Федерации. В нашем случае нормализация не требуется, так как осредняемые значения представлены в порядковой шкале.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для достижения цели исследования авторами проведены расчеты на основе авторитетных рейтингов за 2020 г.:

- рейтинга социально-экономического положения регионов России – данный ежегодный рейтинг характеризует место региона по социально-экономическому положению, что позволяет определить степень достижения целей развития региона. Для построения рейтинга используются данные с официальных интернет-сайтов Росстата, Министерства финансов России и Федерального казначейства. Разработчик рейтинга – РИА «Рейтинг»;
- рейтинга регионов по динамике промышленного производства – данный ежегодный рейтинг характеризует эффективность развития региональной промышленной системы. Разработчик рейтинга – РИА «Рейтинг»;
- национального экологического рейтинга регионов – данный рейтинг оценивает экологическую ситуацию в регионах России. Разработчик рейтинга – Общероссийская общественная организация «Зеленый патруль». Организация участвует в защите экологических и стратегических интересов страны, оказывает профессиональную экспертную поддержку в сфере экологии при реализации крупнейших проектов. Результаты экологического рейтинга регионов размещаются в открытом доступе на интернет-портале организации. Экологический рейтинг регионов публикуется 4 раза в год. В концептуальном отношении рейтинг опирается на принципы устойчивого развития в соответствии с Декларацией конференции ООН по окружающей среде и развитию;
- национального рейтинга промышленных парков России – алгоритм ежегодного рейтинга предполагает оценку состояния инфраструктуры, коммуникаций, логистики, перспективы развития территории, качества

сервиса управляющей компании, привлекательности с точки зрения ведения бизнеса, общего потенциала, текущего статуса и другие параметры. Рейтинг строится по эффективности и привлекательности промышленных парков, перевод данного рейтинга в рейтинг регионов по промышленным паркам осуществлялся по авторской методике;

– национального рейтинга технопарков Ассоциации кластеров и технопарков России – методика рейтинга оценивает технопарки, поэтому авторами на его основе построен рейтинг регионов по эффективности технопарков.

В кодексе профессиональной этики рейтинговых агентств даны такие критерии качества рейтинга: объективность, честность, независимость, прозрачность, обоснованность, непрерывность во времени, конфиденциальность. Доверие к рейтингу обеспечивается надежностью данных, оптимальным соотношением количественных (статистических) данных и качественных (опросные мнения, экспертные оценки), открытостью методики расчета. Для практиков качество рейтинга определяется публичностью (то есть информация, на основе которой построен рейтинг, имеется в открытом доступе), стабильностью (рейтинг существует более трех лет), массовостью (рейтинг охватывает не менее 100 объектов), периодичностью (публикуется ежегодно). Участвующие в исследовании рейтинги имеют национальный уровень, что говорит об их авторитетности. Также данные рейтинги публикуются периодически в открытых источниках и составляются на основе открытых данных и методик ежегодно авторитетными организациями и ведомствами. Также авторами составлен рейтинг регионов по числу работников на участника кластера, причем учитывались все кластеры региона. Если в регионе нет кластеров, то присваивалось одинаковое последнее место в рейтинге, таких регионов в России тридцать восемь.

В результате составлен сводный рейтинг регионов России за 2020 г. по развитию новой промышленной инфраструктуры (таблица 1). Тем регионам, в которых нет кластеров, промышленных парков или технопарков, присвоено последнее одинаковое место, таких регионов двадцать шесть. Кроме того, получены

одинаковые результаты в сводном авторском рейтинге для двенадцати случаев, поэтому при расчете рангового коэффициента корреляции Спирмена применялась формула, в которой учитывается, что в данных есть одинаковые ранги (связные) ранги.

Для измерения влияния создания предприятий новой экономики в регионах с помощью новой промышленной инфраструктуры на их социально-экономическое развитие рассчитан коэффициент ранговой корреляции Спирмена между авторским сводным рейтингом регионов и рейтингом регионов по социально-экономическому положению. Величина коэффициента Спирмена составила $\rho = 0,5$, расчетное значение критерия Стьюдента составляет в этом случае $t = 5,25$, что больше критического значения 3,4 при уровне значимости 0,1%. Таким образом, обосновано, что на данный момент создание промышленной инфраструктуры положительно влияет на улучшение социально-экономического развития регионов России, так как значение коэффициента корреляции больше нуля и оно статистически значимо отлочно от нуля с вероятностью 99,9%.

Для измерения влияния создания предприятий новой экономики на развитие промышленности регионов рассчитан коэффициент ранговой корреляции Спирмена между авторским сводным рейтингом регионов и рейтингом регионов по динамике промышленного производства. Величина коэффициента Спирмена составила $\rho = 0,23$, расчетное значение критерия Стьюдента составляет в этом случае $t = 2,17$, что больше критического значения 1,99 при уровне значимости 5%. Таким образом, обосновано, что создание промышленной инфраструктуры положительно влияет на динамику промышленного производства в региональной экономике России, так как значение коэффициента корреляции больше нуля и оно статистически значимо отлочно от нуля с вероятностью 95%.

Для измерения влияния создания предприятий новой экономики на экологическую обстановку в регионах рассчитан коэффициент ранговой корреляции Спирмена между авторским сводным рейтингом регионов и национальным экологическим рейтингом регионов. Величина

Таблица 1

Рейтинг региональной промышленной инфраструктуры регионов России, 2020 г.

<i>№</i>	<i>Регион</i>	<i>Рейтинг</i>
1	Свердловская область	1
2	г. Москва	2
3	Самарская область	3
4	Республика Татарстан	4
5	Ульяновская область	5
6	Ленинградская область	6
7	Московская область	6
8	г. Санкт-Петербург	7
9	Челябинская область	7
10	Воронежская область	8
11	Тульская область	9
12	Краснодарский край	10
13	Хабаровский край	11
14	Пермский край	12
15	Республика Башкортостан	12
16	Калужская область	13
17	Нижегородская область	13
18	Республика Мордовия	14
19	Новосибирская область	15
20	Удмуртская Республика	15
21	Кемеровская область	16
22	Липецкая область	16
23	Архангельская область	17
24	Вологодская область	17
25	Омская область	17
26	Тюменская область	17
27	Иркутская область	18
28	Ростовская область	18
29	Республика Бурятия	19
30	Псковская область	20
31	Астраханская область	21
32	Курганская область	21
33	Волгоградская область	22
34	Пензенская область	22
35	Томская область	22
36	Ивановская область	23
37	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	23
38	Калининградская область	24
39	Костромская область	24
40	Орловская область	24
41	Республика Коми	24

42	Республика Марий Эл	24
43	Чувашская Республика	24
44	Республика Дагестан	25
45	Республика Саха (Якутия)	25
46	Ставропольский край	25
47	Алтайский край	26
48	Красноярский край	26
49	Белгородская область	27
50	Владимирская область	27
51	Рязанская область	27
52	Смоленская область	28
53	Кировская область	29
54	Новгородская область	29
55	Республика Адыгея	29
56	Республика Хакасия	29
57	Брянская область	30
58	Мурманская область	30
59	Севастополь	30
60	Амурская область	31
61	Еврейская автономная область	31
62	Забайкальский край	31
63	Кабардино-Балкарская Республика	31
64	Камчатский край	31
65	Карачаево-Черкесская Республика	31
66	Курская область	31
67	Магаданская область	31
68	Ненецкий автономный округ	31
69	Оренбургская область	31
70	Приморский край	31
71	Республика Алтай	31
72	Республика Ингушетия	31
73	Республика Калмыкия	31
74	Республика Карелия	31
75	Республика Крым	31
76	Республика Северная Осетия – Алания	31
77	Республика Тыва	31
78	Саратовская область	31
79	Сахалинская область	31
80	Тамбовская область	31
81	Тверская область	31
82	Чеченская Республика	31
83	Чукотский автономный округ	31
84	Ямало-Ненецкий автономный округ	31
85	Ярославская область	31

Источник: составлено авторами

коэффициента Спирмена составила $\rho = 0,21$, расчетное значение критерия Стьюдента составляет в этом случае $t = 1,92$, что больше критического значения 1,9 при уровне значимости 6%. Таким образом, обосновано, что создание промышленной инфраструктуры положительно влияет на экологическую ситуацию в регионах России в целом.

Авторами проведено аналогичное исследование на совокупности регионов, которые имеют в структуре региональной промышленной системы технопарки, кластеры или индустриальные парки (пятьдесят восемь регионов).

Величина коэффициента ранговой корреляции Спирмена между авторским сводным рейтингом регионов и рейтингом регионов по социально-экономическому положению составила $\rho = 0,66$, а расчетное значение критерия Стьюдента в этом случае равно $t = 7,99$, что намного больше критического значения 3,4 при уровне значимости 0,1%. Таким образом, статистически обосновано, что создание промышленной инфраструктуры положительно влияет на улучшение социально-экономического положения именно тех регионов, в которых она создана.

Величина коэффициента ранговой корреляции Спирмена между авторским сводным рейтингом регионов и рейтингом регионов по динамике промышленного производства составила $\rho = 0,34$, расчетное значение критерия Стьюдента составляет в этом случае $t = 3,28$, что больше критического значения 2,88 при уровне значимости 0,5%. Таким образом, обосновано с вероятностью 99,5%, что создание промышленной инфраструктуры положительно влияет на динамику промышленного производства в регионах, в которых она была создана.

Величина коэффициента ранговой корреляции Спирмена между авторским сводным рейтингом регионов и национальным экологическим рейтингом регионов составила $\rho = 0,24$, расчетное значение критерия Стьюдента составляет в этом случае $t = 2,29$, что больше критического значения при уровне значимости 5%. Таким образом, обосновано, что создание

промышленной инфраструктуры положительно влияет на экологическую ситуацию в регионах, в которых она создана.

ВЫВОДЫ

Представленные результаты исследования подтверждают, что для регионального промышленного и социально-экономического развития предприятия, созданные на основе новой промышленной инфраструктуры, являются позитивным фактором развития. Также обосновано, что новая промышленная инфраструктура играет более весомую роль для развития регионов, в которых она создана. На данный момент двадцать шесть регионов России не имеют на своей территории и в промышленной региональной системе элементов новой промышленной инфраструктуры. Поэтому можно сделать вывод о необходимости расширения практики создания промышленных предприятий на основе технопарков, индустриальных парков и других прогрессивных элементов промышленной инфраструктуры.

Данная статья носит поисковый характер. Применяемая методология не лишена недостатков. Конструирование интегральных измерителей предполагает допущения на многих этапах: обоснования теоретической базы, подбора индикаторов, взвешивания и агрегирования, проверки устойчивости результатов, содержательной интерпретации сильных и слабых сторон, выявления взаимосвязи с другими социально-экономическими индексами и показателями [18, с. 20–21]. Решение названных проблем требует применения математико-статистических методов для обоснования весовых коэффициентов [19, с. 1089] и валидации полученных результатов [20, с. 30]. В данной статье представлены результаты, подтверждающие гипотезу исследования, а также доказывающие перспективность применения модели рейтинга, полученной на основе рейтинга рейтингов, в новой для отечественной практики сфере регионального анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурцева Т.А., Савельев А.А. (2017) Эффективность создания индустриальных парков в регионах России // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. № 1–2 (49). С. 234–244.
2. Tybout James R. (2000) Manufacturing Firms in Developing Countries: How Well Do They Do, and Why? // Journal of Economic Literature. 2000; 38(1):11–44.
3. Lall S. (2004) Reinventing Industrial Strategy: The Role of Government Policy in Building Industrial Competitiveness // G-24 Discussion Paper. 2004; 28.
4. Rodrick D. (2004) Industrial Policy for the Twenty First Century / <http://www.hks.harvard.edu/fs/drodrik/Research%20papers/UNIDOSep.pdf>.
5. Williams D. (2010) Industrial Policy // Local economy: the journal of the Local Economy Policy. 2010; 8:612–621.
6. Massari S., Sonnemann G., Balkau F. (2016) Life cycle approaches to sustainable regional development / edited by Stefania Massari, Guido Sonnemann and Fritz Balkau. 2016. London: Routledge.
7. Fan Yupeng et al. (2017) Emergy analysis on industrial symbiosis of an industrial park – A case study of Hefei economic and technological development area // Journal of cleaner production. 2017; 141:791–798.
8. Гранков П.Ю., Бурцева Т.А. (2020) Классификация региональных кластеров и критерии их эффективности // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. № 3 (63). С. 5.
9. Ключникова Е.В., Шитова Е.М. (2016) Методические подходы к расчету интегрального показателя, методы ранжирования / ИнноЦентр. [http://innoj.tversu.ru/Vipusk1\(10\)2016/2%20-%20%D0%9A%D0%BB%D1%8E%D1%88%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf](http://innoj.tversu.ru/Vipusk1(10)2016/2%20-%20%D0%9A%D0%BB%D1%8E%D1%88%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf)
10. Paruolo P., Saisana M., Saltelli A. (2013) Ratings and rankings: voodoo or science? // Journal of the Royal Statistical Society: Series A – Statistics in Society. 2013; 176 (3): 609–634. DOI: 10.1111/j.1467-985X.2012.01059.x.
11. Munda G. (2009) Non-compensatory/Non-Linear composite indicators for ranking countries: a defensible setting / G. Munda, M. Nardo // Applied Economics. 2009; 41:1513–1523. JRC34883. DOI: 10.1080/00036840601019364.
12. Сибурина Т.А., Князев А.А., Лохтина Л.К., Мирошникова Ю.В. (2012) Базовая методология и практика рейтинговых оценок в здравоохранении // Социальные аспекты здоровья населения. № 5 (27): URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/427/30/lang,ru/>
13. Рыбинец А.Г. (2019) Мировой опыт методологии построения рейтингов / А.Г. Рыбинец. М.: Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист». 224 с. – ISBN978-5-00077-976-7.
14. Васильева Л.В. (2017) Анализ методических подходов к построению интегральных экономических показателей // Экономические исследования и разработки. № 12. С. 8–18.
15. Домнич Е.Л. (2019) О типичных рейтингах инновационного развития стран и регионов // Регионалистика. № 3 (6). С. 42–65. DOI 10.14530/reg.2019.3.42.
16. Ефимова М.Р., Петрова Е.В., Румянцев В.Н. (1999) Общая теория статистики: учебник. М.: Инфра-М. 416 с.
17. Гохберг Л.М. (2011) Статистика науки и инноваций. Курс социально-экономической статистики / Учебник для вузов. М.: Омега-Л. 586 с.
18. Hand D.J. (2009) Measurement Theory and Practice: The World Through Quantification. New York: John Wiley and Sons. 332 p.
19. Burtseva T.A., Frenkel A.A., Tikhomirov B.I., Surkov A.A. (2020) Integral index is an effective tool for measuring regional labor productivity // Labor economics. 2020; 11:1085–1102.
20. Стежкин А.А. (2015) О методах валидации рейтинговых систем в рамках подхода внутренних рейтингов к оценке кредитного риска банков // Финансовая аналитика: проблемы и решения. № 32. С. 29–41.

Информация об авторах

Бурцева Татьяна Александровна – доктор экономических наук, профессор, Российский технологический университет – МИРЭА (Российская Федерация, 119454, Москва, проспект Вернадского, д.78; e-mail: tbur69@mail.ru).

Ахмадов Аслан Русланович – главный специалист – эксперт отдела планирования и прогнозирования бюджета, Министерство финансов Чеченской Республики (Российская Федерация, 364061, г. Грозный, ул. Гаражная, 2а; e-mail: mr.ahmadov.a@mail.ru).

T.A. BURTSEVA,

Russian Technological University – MIREA (Moscow, Russian Federation;
e-mail: burceva_t@mirea.ru)

A.R. AKHMADOV,

Ministry of Finance of the Chechen Republic (Grozny, Russian Federation;
e-mail: mr.ahmadov.a@mail.ru)

METHOD FOR ASSESSING THE IMPACT OF CREATING A NEW INDUSTRIAL INFRASTRUCTURE ON THE INDUSTRIAL AND SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE REGIONS

UDC: 334.75

<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-46-57>

Abstract: The article presents the results of a study that substantiates the effectiveness of creating new industrial enterprises based on clusters, industrial parks and technology parks in the regions of Russia for their development. The authors proposed a method that allows using authoritative national ratings and the author's rating of the regional new industrial infrastructure to quantify the impact of the creation of new industrial enterprises in the region on the socio-economic situation of the regions and their environmental situation. The advantages of the method include its reliability and objectivity, information security. As a result, the conclusions are substantiated: the created technology parks, clusters and industrial parks play a significant role for the development of the industry of the regions, improving the environmental situation and accelerating socio-economic development, but the process of creating industrial enterprises using a new industrial infrastructure requires intensification. The results obtained will contribute to solving the problem of measuring the effectiveness of the development and functioning of regional industrial systems.

Key words: *new economy, subject of the federation, target efficiency, regional production system, statistical indicators of efficiency*

Acknowledgment: The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research within the framework of the scientific project No. 20-010-00330.

For citation: Burtseva T.A., Akhmadov A.R. Method for Assessing the Impact of Creating a New Industrial Infrastructure on the Industrial and Socio-Economic Development of Regions. *The Economics of Science*. 2022; 8(1):46-57. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-46-57>

REFERENCES

1. Burtseva T.A., Savelyev A.A. (2017) Efficiency of creation of industrial parks in the regions of Russia // *Regional Economics and Management: electronic scientific journal*. 1–2 (49): 234–244. (In Russ.)
2. Tybout James R. (2000) Manufacturing Firms in Developing Countries: How Well Do They Do, and Why? // *Journal of Economic Literature*. 38(1):11–44.
3. Lall S. (2004) Reinventing Industrial Strategy: The Role of Government Policy in Building Industrial Competitiveness // *G-24 Discussion Paper*. 28.
4. Rodrick D. (2004) Industrial Policy for the Twenty First Century / <http://www.hks.harvard.edu/fs/dr-drodrik/Research%20papers/UNIDOSep.pdf>
5. Williams D. (2010) Industrial Policy // *Local economy: the journal of the Local Economy Policy*. 8: 612–621.
6. Massari S., Sonnemann G., Balkau F. (2016) Life cycle approaches to sustainable regional development / edited by Stefania Massari, Guido Sonnemann and Fritz Balkau. London: Routledge.
7. Fan Yupeng et al. (2017) Emergy analysis on industrial symbiosis of an industrial park – A case study of Hefei economic and technological development area // *Journal of cleaner production*. 141:791–798.
8. Grankov P.Yu., Burtseva T.A. (2020) Classification of regional clusters and criteria for their effectiveness // *Regional Economics and Management: Electronic scientific journal*. 3 (63):5. (In Russ.)
9. Klyushnikova E.V., Shitova E.M. (2016) Methodological approaches to the calculation of the integral indicator, ranking methods / *Innocenter*. 1.:

[http://innoj.tversu.ru/Vipusk1\(10\)2016/2%20-%20%D0%9A%D0%BB%D1%8E%D1%88%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf](http://innoj.tversu.ru/Vipusk1(10)2016/2%20-%20%D0%9A%D0%BB%D1%8E%D1%88%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf) (Accessed 12.03.2021) (In Russ.)

10. *Paruolo P., Saisana M., Saltelli A.* (2013) Ratings and rankings: voodoo or science? // *Journal of the Royal Statistical Society: Series A – Statistics in Society*. 176 (3): 609–634. DOI: 10.1111/j.1467–985X.2012.01059.x.
11. *Munda G.* (2009) Non-compensatory/Non-Linear composite indicators for ranking countries: a defensible setting / G. Munda, M. Nardo // *Applied Economics*. 41: 1513–1523. JRC34883. DOI: 10.1080/00036840601019364.
12. *Siburina T.A., Knyazev A.A., Lokhtina L.K., Miroshnikova Yu.V.* (2012) Basic methodology and practice of rating assessments in healthcare // *Social aspects of public health*. 5 (27): URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/427/30/lang, ru>. (In Russ.)
13. *Rybinets A.G.* (2019) World experience in the methodology of building ratings / A.G. Rybinets. M.: Limited Liability Company “Sam Polygraphist”. 224 p. – ISBN 978-5-00077-976-7. (In Russ.)
14. *Vasilyeva L.V.* (2017) Analysis of methodological approaches to the construction of integral economic indicators // *Economic research and development*. 12: 8–18. (In Russ.)
15. *Domnich E.L.* (2019) About typical ratings of innovative development of countries and regions // *Regionalistics*. 3 (6): 42–65. DOI 10.14530/reg.2019.3.42. (In Russ.)
16. *Efimova M.R., Petrova E.V., Rumyantsev V.N.* (1999) *General theory of statistics: textbook*. M.: Infra-M. 416 p. (In Russ.)
17. *Gokhberg L.M.* (2011) *Statistics of science and innovation. Course of socio-economic statistics / Textbook for universities*. M.: Omega-L. 586 p. (In Russ.)
18. *Hand D.J.* (2009) *Measurement Theory and Practice: The World Through Quantification*. New York: John Wiley and Sons. 332 p.
19. *Burtseva T.A., Frenkel A.A., Tikhomirov B.I., Surkov A.A.* (2020) Integral index is an effective tool for measuring regional labor productivity // *Labor economics*. 11:1085–1102. (In Russ.)
20. *Stezhkin A.A.* (2015) On the methods of validation of rating systems within the framework of the internal ratings approach to assessing the credit risk of banks // *Financial analytics: problems and solutions*. 32.: 29–41. (In Russ.)

Authors

Tatyana A. Burtseva – Professor, MIREA – Russian Technological University (Russian Federation, 119454, Moscow, Vernadsky pr., 78; e-mail: tbur69@mail.ru).

Aslan A. Akhmadov – Chief Specialist-Expert of the Budget Planning and Forecasting Department, Ministry of Finance of the Chechen Republic (Russian Federation, 364061, Grozny, Garajnaya Str., 2a; e-mail: mr.ahmadov.a@mail.ru).

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО



Российский научный фонд (РНФ) и Государственный фонд естественных наук Китая (NSFC) начинают прием заявок на второй совместный конкурс международных научных проектов. Ранее в рамках двустороннего партнерства уже было поддержано 30 российско-китайских научных коллективов.

В конкурсе могут принять участие исследования международных научных коллективов по всем отраслям знаний. Экспертиза проектов будет осуществляться как с российской, так и с китайской стороны независимо друг от друга. Рассчитывать на финансирование смогут только те коллективы, которым удастся получить положительную оценку экспертов обеих стран. Размер одного гранта со стороны РНФ составит от 4 до 7 млн. руб. ежегодно, а сами трехлетние научные проекты планируются к реализации в 2023–2025 гг. Заявки на конкурс представляются до 16 мая 2022 г. в виде электронного документа через Информационно-аналитическую систему РНФ в соответствии с действующим соглашением между Фондом и организацией о признании простой электронной подписи равнозначной собственноручной подписи. Результаты конкурса будут подведены до 31 октября 2022 г.

Подробная информация о конкурсе и требования к участникам представлены в разделе «Конкурсы» официального сайта РНФ по адресу <https://www.rscf.ru/contests>.

Источник: Российский научный фонд

А.И. ТЕРЕХОВ,Центральный экономико-математический институт РАН
(Москва, Российская Федерация; e-mail: alex.i.terekhov@gmail.com)

О РАЗВИТИИ НАУЧНОЙ БАЗЫ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

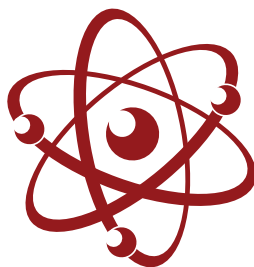
УДК: 001

<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-58-72>

Аннотация: Цель статьи – изучить развитие исследований в области квантовых технологий, опираясь на библиометрический анализ публикаций, проиндексированных в БД Web of Science Core Collection с 1990 по 2020 г. Рассмотрен глобальный выход публикаций, продуктивность отдельных стран и организаций, показатели международной научной кооперации. Выявлены характерные для области черты мировых исследований: высокая концентрация в группе лидеров, заметное участие корпораций и военно-научных структур, растущая международная кооперация. Значительное внимание уделено позициям России, которая к концу периода вернулась в первую десятку стран по продуктивности. Российская академия наук – шестая среди научных организаций мира по производству публикаций в области квантовых технологий за весь период; отечественные ученые активно сотрудничают с зарубежными, в том числе из ведущих западных стран. Для внутреннего ландшафта характерно существенное преобладание «центра», где находятся ведущие НИИ и университеты страны, и пока еще малый исследовательский вклад российского коммерческого сектора.

Ключевые слова: квантовые технологии, квантовая обработка информации, научная публикация, база данных, библиометрический анализ

Для цитирования: Терехов А.И. О развитии научной базы квантовых технологий. *Экономика науки*. 2022; 8(1):58-72. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-58-72>



ВВЕДЕНИЕ

Слово «информация», пожалуй, один из наиболее емких символов нашего времени. В научном понимании любая информация на фундаментальном уровне имеет квантовую природу, а квантовые компьютеры, каналы связи и датчики представляют собой те устройства, которые способны достигать конечных пределов ее обработки. История зарождения квантовой обработки информации (КОИ) – междисциплинарной области, изучающей, как информация собирается, преобразуется и передается на квантовом уровне, – многократно излагалась (например, [1, 2]). Теоретические возможности квантового компьютера стали обсуждаться с начала 1980-х гг. Идею квантового компьютера как способа эффективно моделировать квантово-механические системы в 1982 г. высказал американский физик Р. Фейнман, хотя были и более ранние работы [1, 2]. Следующий шаг сделал британский физик Д. Дойч, который в 1985 г. предложил общие рамки для квантовых вычислений, описал, как будет выглядеть квантовый алгоритм, и предположил технологическую возможность создания квантовых компьютеров в будущем. Долгое время эти идеи оставались практически не востребуемыми, пока американский математик П. Шор в 1994 г. не показал, что разложение целого числа на простые множители может быть эффективно выполнено на квантовом компьютере, а индо-американский математик Л. Гровер в 1995 г. – что квантовый компьютер способен ускорить проведение поиска в неструктурированном поисковом пространстве [1]. Именно эти два практических применения, в особенности первое, имеющее отношение к взлому криптографических

кодов, стимулировали взрывной интерес к КОИ. В [1] отмечен значимый вклад отечественных ученых в развитие этой области: математика Ю.И. Манина (один из первых предложил идею квантового компьютера в 1980 г.); математика А.С. Холево («теорема Холево», дающая верхнюю границу количества классической информации, которую можно извлечь из ансамбля квантовых состояний с помощью квантовых измерений; опубликована в 1973 г.); физика А.Ю. Китаева (в 1997 г. предложил концепцию топологического квантового компьютера). Позднее в своем эссе М. Нильсен назвал концепцию Китаева одной из самых радикальных новых идей в физике за последние сто лет [3].

К началу 2000-х гг. идея квантового компьютера стала обретать черты практической достижимости (см., например, [4]), а разработка все новых квантовых алгоритмов [5] сместила центр внимания квантовых вычислений на борьбу за «квантовое превосходство» (когда возможности квантового компьютера превзойдут возможности любого классического) для стимулирования новых достижений в разных областях: от материаловедения, химии, фармацевтики до кибербезопасности, искусственного интеллекта, перспективного производства, оптимизации трафика, банковского дела, оборонной сферы и т. д. [6–8].

Многообещающие рыночные возможности, как и серьезное влияние КОИ на вопросы безопасности, побудили правительства стран по всему миру к выработке национальной политики или стратегий поддержки исследований и разработок в этой области (см. обзор [9]). К началу 2000-х гг. относятся первые крупные госинвестиции в центры квантовых исследований, а одной из первых скоординированных национальных квантовых стратегий была Национальная программа Великобритании по квантовым технологиям, принятая в 2013 г. К настоящему моменту, по оценке [9], 17 стран имеют скоординированные национальные квантовые стратегии (еще 3 готовят их), 12 – значимые правительственные инициативы, 14 – участвуют в международных квантовых партнерствах. Наибольшие инвестиции в КОИ предполагает сделать Китай

(~15 млрд долларов в течении 5 лет), бюджет Национальной квантовой инициативы США составляет ~ 1.3 млрд долларов [9]. КОИ находится в центре внимания российского правительства: создан Российский квантовый центр (2011 г.); утверждена дорожная карта квантовых технологий с пятилетним бюджетом 51.1 млрд рублей (2019 г.), создана Национальная квантовая лаборатория (2020 г.) и т. д. Как отмечено в [10], интенсивный глобальный интерес, внутренние знания и опыт, существенная финансовая поддержка правительства и промышленности создают предпосылки для заметного роста квантовой науки и технологий в стране в предстоящие пять лет.

Поскольку КОИ относительно небольшая область, не требующая масштабных капитальных затрат, сопоставление инвестиционных показателей мало о чем говорит. Высокая наукоемкость и тот факт, что только путем дальнейших исследований можно разрешить все еще значительные неопределенности технологического и рыночного характера, подчеркивают необходимость внимания к формированию и развитию научной базы КОИ. Полезным инструментом могла бы стать библиометрия, занимающаяся количественным анализом развития науки и ее областей на основе публикаций. Такая работа начата в последние годы серией публикаций [11–21], которые отличаются по: а) *широте охвата проблематики квантовых технологий*: КОИ в целом [14–18], квантовые вычисления [11, 12, 19], квантовая криптография [20], квантовое машинное обучение [21]; б) *используемым источникам информации*: Web of Science [12–18], Scopus [11, 19–21]; в) *степени проработки поискового запроса*: без детализации (с использованием небольшого числа или единственного поискового термина общего характера) [11–12, 20–21], с детализацией (более глубокой разработкой стратегии поиска и широким набором поисковых терминов) [14–19]. Несколько особняком стоит работа [13], где квантовые технологии идентифицируются с помощью максимально широкого поискового термина «quantum*». Упомянутые публикации отличают также разные временные рамки исследования и используемый библиометрический инструментарий.

В настоящей статье внесены улучшения в методы поиска, направленные на более широкий охват и углубленную детализацию основных тематик КОИ. Это позволит уточнить некоторые из библиометрических оценок, полнее отразить «картину» развивающихся исследований в области.

ДАННЫЕ И МЕТОДЫ

Как отдельная широко признанная область научных исследований КОИ возникла в начале 1990-х гг. Сообразуясь с этим и важностью отражения новых трендов, настоящий анализ охватывает период 1990–2020 гг. Источником информации для него послужили две базы данных из Web of Science Core Collection (WoS_CC): Science Citation Index Expanded (БД SCIE) и Conference Proceedings Citation Index – Science (БД CPCI-S); использование других БД из этой коллекции (как, например, в [13, 15, 17, 18]) в настоящей работе сочтено нецелесообразным. Ввиду пока еще слабой структуризации рассматриваемой области построение стратегии поиска играет важную роль. В предшествующих работах для целей поиска использовались, как правило, наборы поисковых терминов разной степени полноты и точности. В работах автора [14, 16] для формирования исходной выборки был применен комбинированный подход, сочетающий сплошной отбор публикаций в тематических журналах WoS_CC («*Quantum Information & Computation*», «*Quantum Information Processing*», «*International Journal of Quantum Information*», «*npj Quantum Information*») с поиском по 85 ключевым терминам в остальных. В настоящей статье поиск осуществлялся только по ключевым терминам, в том числе и потому, что указанные журналы в 1990–2000 гг. не выходили. Первоначальный список поисковых терминов был сформирован на основе авторских и добавленных ключевых слов в публикациях из 4-х тематических журналов; затем он подвергся ряду экспертных дополнений и корректировок. Например, стремясь ограничить попадание в выборку нерелевантных публикаций, мы решили не включать в запрос такие важные для КОИ, но достаточно общие термины, как «quantum entanglement»,

«quantum superposition»¹ и др. В итоге построенный поисковый запрос по тематике КОИ включал более 240 ключевых терминов, которые охватывали:

– **квантовые компьютеры и вычисления:** а) “quantum hardware” (qubit*², “quantum gate*”, “quantum register*”, “quantum bus”, “quantum chip*”, “quantum circuit*”, “quantum integrate circuit*”, “quantum memor*”, “quantum RAM”, “quantum processor*”, “quantum device*”, “quantum comput*”, “quantum-mechanical comput*”, “quantum parallel comput*”, “quantum (NISQ) computer*”, “quantum* supercomput*”, “quantum server*” и др.); б) “quantum software” (“quantum language*”, “quantum program*”, “quantum algorithm*”, “quantum-inspired algorithm*”, “quantum annealing”, “quantum optimization”, “Grover’s search algorithm*”, “quantum eigensolver*”, “quantum machine learning”, “quantum random walk*”, “quantum game*” и др.);

– **квантовую связь и криптографию:** “quantum information”, “quantum Fisher information”, “quantum mutual information”, “Holevo bound*”, “quantum communication*”, “quantum channel*”, “quantum network*”, “quantum transmission*”, “quantum teleportation”, “quantum coding”, “quantum encoder*”, “quantum decoder*”, “quantum error correct*”, “quantum cryptograph*”, “quantum key distribution”, “BB84 protocol”, “quantum bit commitment”, “quantum secret sharing”, “quantum signature*”, “quantum fingerprint*”, “quantum coin toss*”, “quantum random number generator*”, “quantum oracle”, “quantum repeater*”, “quantum authentication”, “quantum encryption*”, “quantum attack*”, “quantum code breaking”, “quantum resistant encryption” и др.;

– **квантовую метрологию и зондирование:** “quantum metrology”, “quantum precision measurement*”, “quantum sens*”, “quantum detect*”, “quantum magnetometer*”, “quantum gyroscope*”, “quantum accelerometer*”, “quantum* radar*” и др.

Для оценки «мощности» запроса был выполнен ряд тестовых сравнений. Так, при

¹ Постфактум отметим, что построенным запросом были охвачены 53% случаев встречаемости в базах данных первого из названных терминов и 41% – второго.

² * здесь означает усечение термина.

одинаковых параметрах выборки он позволил выявить на 22% больше публикаций, чем в [15, 17], на 12% – чем в [18] и на 1.5% – чем в [16]. С его помощью из БД SCIE и CPCI-S совокупно (поиск проводился в названиях, аннотациях и ключевых словах) за период 1990–2020 гг. было извлечено 80962 публикации (типа: *article, review, proceedings paper, letter*), которые послужили исходной выборкой для настоящего анализа. Далее приведены его основные результаты.

ПУБЛИКАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА ОБЛАСТИ

Выделим условно всю совокупность «квантовых» публикаций двумя поисковыми терминами: «quant» и «quantum», тогда доля работ по тематике КОИ в период 1990–2020 гг., согласно нашему запросу, составляет в ней около 11%. *Рисунок 1* показывает динамику интереса ученых, изучающих квантовый мир (профильных ученых), в целом и по ряду стран. Можно видеть, что глобальное сообщество профильных ученых уделяло КОИ все возрастающее внимание, за исключением небольшого промежутка 2008–2012 гг. Длительный «спурт» Китая привел его к лидерству по доле

КОИ в общем количестве «квантовых» публикаций, которая в 2008 г. превысила 21%. Однако затем, видимо, перегревшись (или перейдя в режим закрытости), этот интерес заметно снизился и установился в районе 15%-ой доли публикаций. У США после длительной паузы стабильности (2003–2012 гг.) долевой вклад КОИ-публикаций вновь возобновил экспоненциальный рост, обогнав в 2014 г. общемировой тренд. Практически устойчивый рост соответствующего показателя у Германии, долгое время уступавший общемировому тренду, позволил выйти стране на его траекторию. Россия, занимающая по количеству «квантовых» публикаций 6-е место в мире, значительно уступает ему в интересе профильных ученых к проблематике КОИ, хотя в последние годы этот интерес стал заметно повышаться.

Согласно *рисунку 2*, с 1990 по 2011 г. имел место логистический рост глобального производства КОИ-публикаций с выходом на короткое «плато» к 2009 г. Уже с 2011 г. благодаря новым технологическим достижениям (так, в 2011 г. канадская компания «D-Wave Systems Inc.» анонсировала первый коммерчески доступный квантовый компьютер, а в 2012 г. физики создали одноатомный

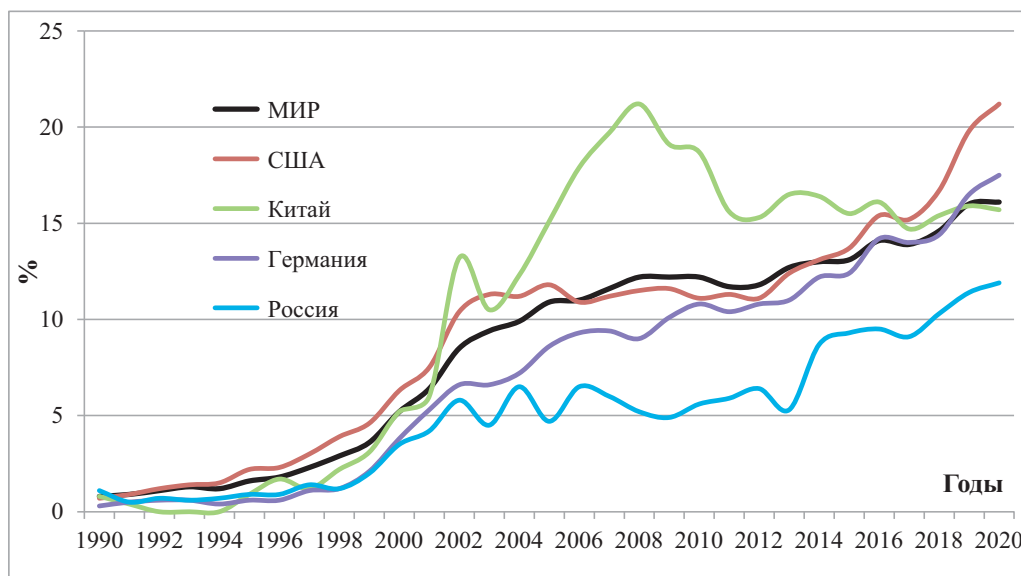


Рисунок 1. Доля публикаций по тематике КОИ в общем количестве «квантовых» публикаций: изменение по годам

Источник: Web of Science Core Collection, данные на 25.09.2021 г.

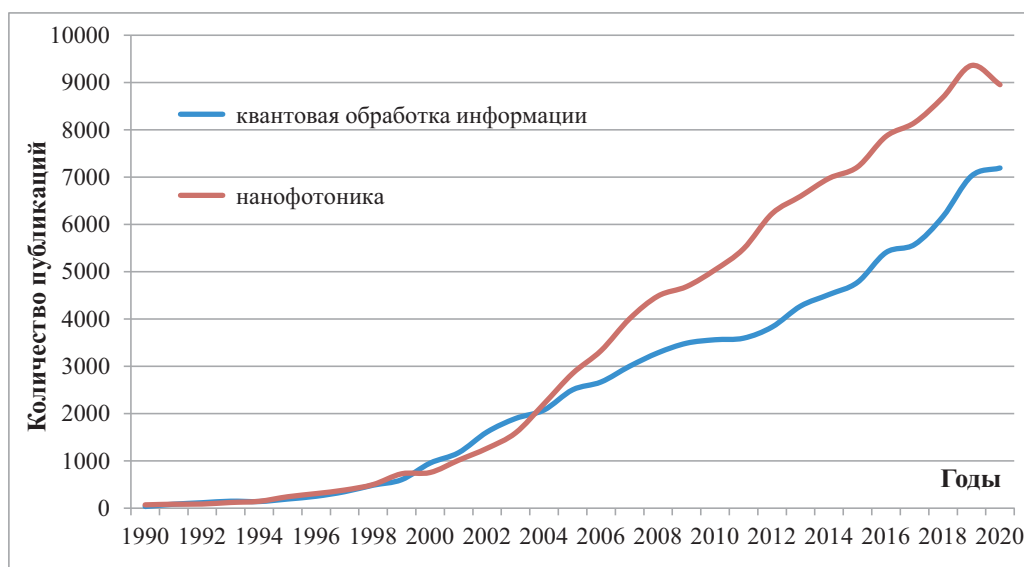


Рисунок 2. Динамика мирового выхода публикаций в области КВИ и нанопотоники

Источник: Web of Science Core Collection, данные на 25.09.2021 г.

транзистор), серьезному увеличению финансирования (по оценке [22], достигло к 2021 г. почти 25 млрд долларов) он опять перешел на экспоненциальную траекторию. Тем не менее этот рост все же уступал росту в другой появляющейся высокотехнологичной области — нанопотонике (рисунок 2), хотя здесь могла сыграть роль и большая степень закрытости исследований по КВИ.

ОСНОВНЫЕ УЧАСТНИКИ МИРОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (СТРАНЫ И ОРГАНИЗАЦИИ)

В исследованиях за весь период хотя бы минимально участвовали более 120 стран, 25 из которых можно отнести к значимым участникам: публикационный вклад каждой превысил 1%. Десять наиболее продуктивных стран представлены на рисунке 3. Показательно, что в их числе все промышленно развитые члены группы G7. Начиная с 1996 г., совокупный доленой вклад первой десятки стран в мировые публикации по КВИ лишь слегка колебался вокруг 80%, тогда как вклад двух лидеров (США и Китая) между 2004 и 2020 гг. заметно увеличился: с 40 до 53%. Этот рост, очевидно, подстегивало соперничество двух стран между собой. На рисунке 4 показана его динамика. Стартовав

с 6-го в 2000 г., уже в 2008 г. Китай вышел на 1-е место, не уступив его в дальнейшем США. Вообще, с 2008 г. в лидирующей тройке установился статус-кво: 1-е место у Китая, 2-е — у США, 3-е — у Германии. Россия, занимая в 2000 г. 7-е место, в условиях острого соперничества стран опустилась к 2020 г. на 10-е. Тем не менее с 310 публикациями в этом году она заметно опередила Испанию (246 публикаций) и вплотную приблизилась к Франции (325). Сначала рывками, а затем последовательно к своему успеху шла Индия (рисунок 4).

На рисунке 5 представлена первая десятка академических, правительственных и университетских организаций мира, внесших наибольший вклад в исследования по КВИ. О значительных коммерческих ожиданиях говорит также участие в исследованиях крупных корпораций и компаний, в число которых входят, например, «Nippon Telegraph Telephone Corporation» (Япония; 622 публикации); «International Business Machines IBM» (США; 615); «Microsoft Corporation» (США; 296); «Toshiba Corporation» (Япония; 259); «Hewlett-Packard» (США; 240); «Nippon Electric Corporation» (Япония; 259); «Google Inc.» (США; 165); «AT&T Inc.» (США; 164); «Raytheon Technologies Corporation» (США; 116); «Intel Corporation»

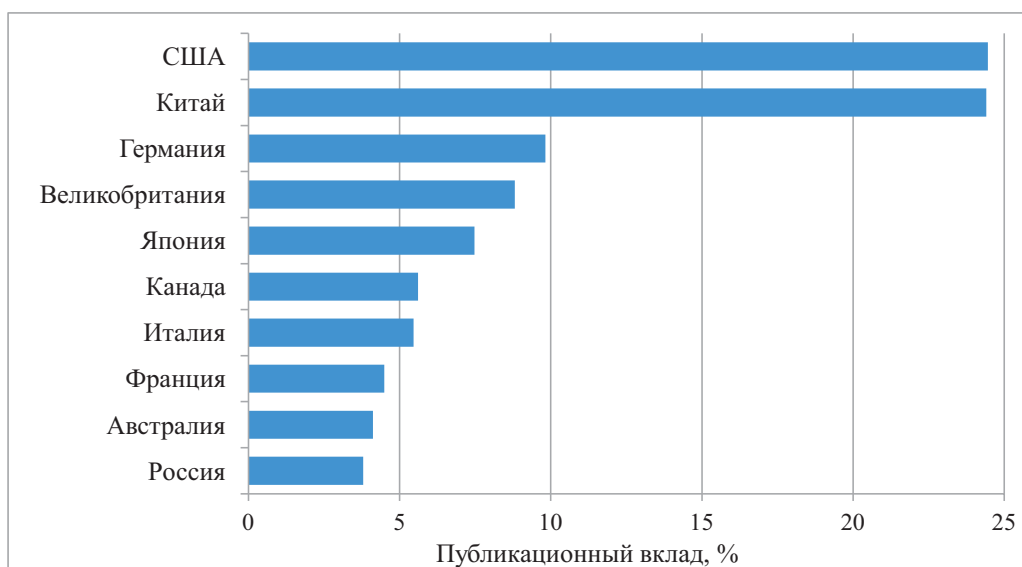


Рисунок 3. Публикационный вклад первой десятки стран, 1990–2020 гг.

Источник: Web of Science Core Collection, данные на 25.09.2021 г.

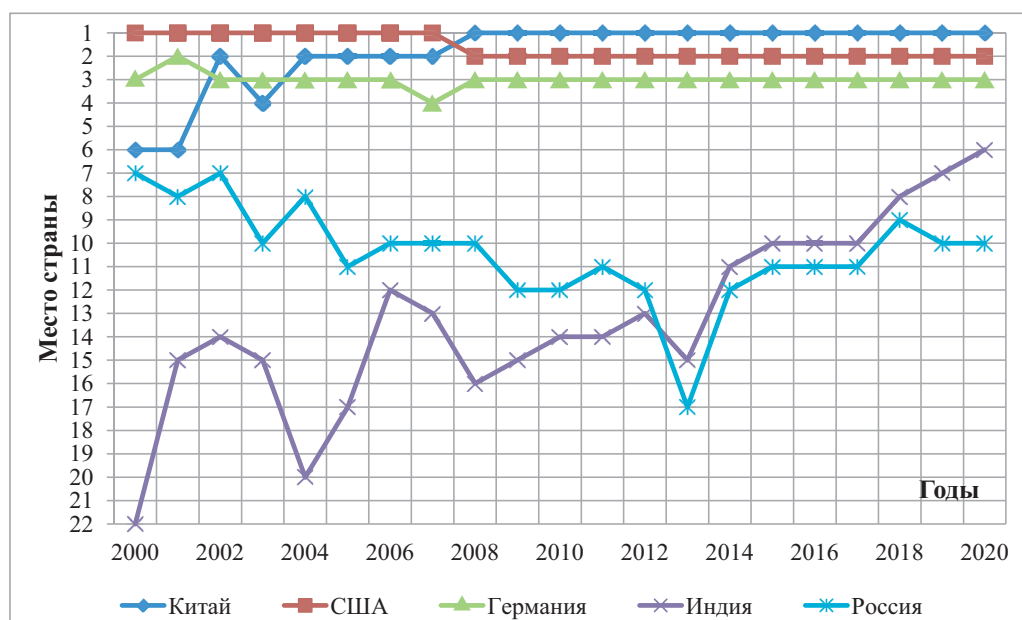


Рисунок 4. Изменение положения стран по количеству публикуемых работ

Источник: Web of Science Core Collection, данные на 25.09.2021 г.

(США; 99). Как видим, в списке преобладают ИКТ-компании из США и Японии. Активно участвуя в исследованиях, они стремятся разрешить имеющиеся неопределенности в развитии квантовых технологий, что могло бы дать им в перспективе стратегические и коммерческие преимущества. На долю корпоративного сектора совокупно приходится более

4.2% мировых публикаций по КОИ, в Японии – около 20%, США – около 10%. Эти значения превышают, например, аналогичные показатели для нанопотоники [23].

Примечательна высокая исследовательская активность японских корпораций в квантовой криптографии. Если в Китае и России внутренние рейтинги по количеству

публикаций в этой подобласти возглавляют академии наук этих стран, а в США – Массачусетский технологический институт, то в Японии это «Nippon Telegraph Telephone Corporation».

Другой пример: значительный вклад в публикационный выход Великобритании по квантовой криптографии принадлежит Кембриджской исследовательской лаборатории, которая является важной частью всемирной сети исследований и разработок «Toshiba Corporation». Даже в открытой части американские исследования по КОИ заметно милитаризованы. Так, на долю Министерства обороны и военно-исследовательских структур (таких как исследовательские лаборатории видов вооруженных сил или командование исследований, разработок и инженерии армии США) пришлось 3.4% публикационного выхода страны, а более 9% публикаций за 2008–2020 гг. спонсировались такими организациями, как DARPA и IARPA³. Кроме того, 8.4% составляет публикационный вклад Министерства энергетики США вместе с национальными лабораториями, многие из которых работают на военные цели. Например, Лос-Аламосская национальная лаборатория, ведущая

в США работы по ядерному оружию, участвовала в 2.7% всех американских публикаций по КОИ и 31.8% публикаций самого министерства. Военно-промышленные компании («Raytheon Technologies Corporation», «Northrop Grumman Corporation» и др.) также вносят свою лепту.

Тем не менее основной вклад в исследования все же за университетами, в первую очередь ведущими: помимо лидеров – системы Калифорнийского университета и Массачусетского технологического института (рисунок 5) – 11.6% национальных публикаций на счете восьми престижных университетов из Лиги плюща. Хотя вклад Китайской академии наук (КАН) в публикационный выход страны превысил 23%, основными участниками публикуемых исследований и здесь выступают университеты. Да и участником более половины публикаций самой КАН является входящий в ее структуру Научно-технический университет Китая. Тем не менее в ряде стран проведение исследований по КОИ довольно централизовано: так, во Франции и России на долю Национального центра научных исследований и Российской академии наук приходится 69 и 54% национальных публикаций соответственно.



Рисунок 5. Наиболее продуктивные организации в области КОИ, 1990–2020 гг.

Источник: Web of Science Core Collection, данные на 25.09.2021 г.

³ DARPA – Агентство передовых оборонных исследовательских проектов; IARPA – Агентство передовых исследований в сфере разведки.

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КООПЕРАЦИЯ (СОВАВТОРСТВО)

Характерной чертой современных исследований является расширение глобальной научной сети и рост международной кооперации [24], которые способствуют мобилизации талантливых ученых разных стран на развитие прорывных направлений. Учитывая деликатность решаемых задач и высокую конкуренцию, интересно представить, насколько это свойственно исследованиям по КОИ. Наш расчет показал рост доли мировых КОИ-публикаций, выполняемых международными коллективами ученых: с 21.5% в 2000 г. до 30.0% в 2010 и 33.8% – в 2020 гг. Это означает, что, несмотря на конфиденциальность, все большая часть исследований в области проводилась на глобальном уровне. Однако даже страны из 1-й десятки заметно отличаются по степени международной научной кооперации в КОИ (таблица 1). Наиболее замкнут Китай, открыта Канада. Аналогично другим областям высок показатель сотрудничества у европейских стран, к которым примыкает Австралия. В относительно умеренной степени сотрудничают с другими странами США, Россия и Япония. Заметим, что большая конфиденциальность работ по криптографии не для всех стран сопровождается снижением международной кооперации; тем не менее в случаях России и Китая такое

снижение выглядит значительным (таблица 1). Острое соперничество в верхнем эшелоне не помешало, однако, США и Китаю быть наиболее предпочтительными партнерами друг для друга с растущей силой соавторских связей в терминах показателя Солтона (см. [23]). Международное сотрудничество существенно повышает видимость отечественных КОИ-публикаций: а) международно-соавторские работы России цитировались в среднем от 3 до 18 раз (по годам выхода) чаще автономных; б) из 168 российских работ по КОИ, вошедших в состав 10% наиболее цитируемых мировых публикаций, ~92% имели международное соавторство.

Россия за весь период имела кооперационные связи с 65 странами, причем в списке ее партнеров первые семь – это члены G7. «Выгоду» от сотрудничества с разными странами помогает оценить рисунок 6, на котором страны – партнеры России упорядочены по доле совместных работ, попавших в мировой Топ-10% сегмент по цитированию. Из рисунка, в частности, следует: сотрудничество с США несколько предпочтительнее, чем с Германией; сотрудничество с Францией, Великобританией и Италией дает заметный и примерно одинаковый выигрыш в «качестве»; самый малозаметный выигрыш для России от сотрудничества со Швецией; наконец, наиболее эффективно с точки зрения попадания в Топ-10% сегмент

Таблица 1

Показатели научной кооперации первой десятки стран

№	Страна	Доля публикаций с международным соавторством, %	
		КОИ	Криптография
1	США	44.4	42.2
2	Китай	23.7	17.5
3	Германия	66.7	61.4
4	Великобритания	63.4	58.7
5	Япония	41.5	36.3
6	Канада	67.5	69.6
7	Италия	55.1	54.4
8	Франция	63.7	64.1
9	Австралия	64.7	66.4
10	Россия	43.4	25.4

Источник: Web of Science Core Collection, данные на 25.09.2021 г.

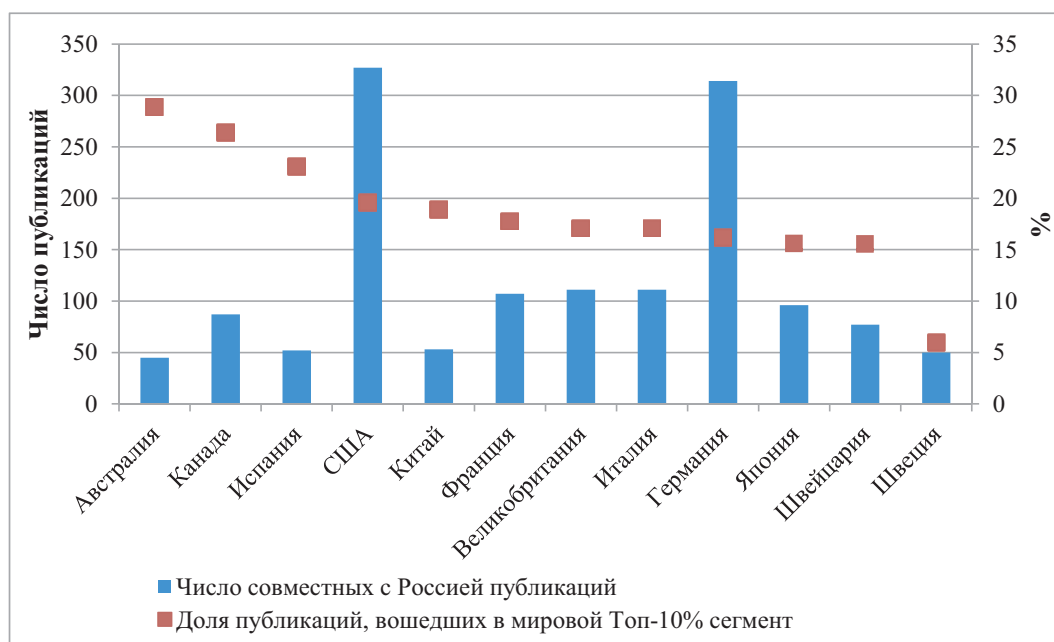


Рисунок 6. Страны с наибольшим количеством публикаций, выполненных в соавторстве с Россией, и доля публикаций, относящихся к 10% наиболее цитируемых (мировой Топ-10% сегмент). Страны упорядочены по доле публикаций, относящихся к 10% наиболее цитируемых

Источник: Web of Science Core Collection, данные на 25.09.2021 г.

мировых публикаций выглядит сотрудничество с Австралией, Канадой и Испанией, хотя, конечно, определенную роль в этом, как и в случае с Китаем, мог сыграть эффект «третьей стороны». Примерно 27% всех российских публикаций были выполнены в соавторстве с кем-либо из «четверки» ведущих западных стран (США, Германия, Великобритания, Франция), причем 15.4% без участия «третьей стороны». Эта пропорция оказалась достаточно

устойчивой (таблица 2), на нее пока заметно не повлияла начавшаяся в последние годы политизация науки. Хотя если в последний период сотрудничество России только с «четверкой» в области КОИ немного сократилось, то при участии в нем «третьей стороны», напротив, выросло.

Рассмотрим далее организационную и географическую структуры российских исследований.

Таблица 2

Показатели научного сотрудничества России с «четверкой» ведущих западных стран

Период времени	Доля российских публикаций, выполненных в соавторстве с США, Германией, Великобританией или Францией, %	
	всего	без «третьей» стороны
2001–2005 гг.	26.6	15.4
2006–2010 гг.	25.8	15.6
2011–2015 гг.	25.7	16.2
2016–2020 гг.	28.7	14.7

Источник: Web of Science Core Collection, данные на 25.09.2021 г.

РОССИЙСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЛАНДШАФТ: ОСОБЕННОСТИ И ТРЕНДЫ

Согласно таблице 3, основными отечественными участниками исследований являются НИИ РАН, университеты, а также специально созданный в 2011 г. Российский квантовый центр. По публикационному вкладу университеты совокупно обошли РАН в 2014 г., что можно отнести на счет целенаправленно проводимой политики децентрализации исследований в нашей стране. Однако при этом нельзя не отметить, что собственный вклад университетов (доля публикаций без международного и внутреннего межсекторального соавторства) заметно снизилась: с 50% в 1993–2006 гг. до 25% в 2007–2020 гг. В терминах цитируемости КОИ-публикации РАН несколько «качественнее», чем университетов (таблица 3, столбец 5). Можно отметить ФТИ РАН и ИТМО как эффективных производителей высоко цитируемых публикаций. Однако наибольшая пропорция таких публикаций (15.1%)

все же у Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН. Его сотрудники (в том числе работающие за рубежом) опубликовали 13 статей, процитированных более 100, две – более 1000 раз; выходцу из этого института А.Ю. Китаеву принадлежит самая цитируемая российская публикация, посвященная отказоустойчивым квантовым вычислениям с помощью энионов.

Вклад крупных отечественных корпораций довольно скромнен: 53 публикации по КОИ выполнил Росатом (в основном силами ФГУП ВНИИ автоматики им. Н.Л. Духова), 2 – РЖД. Такие профильные компании, как «Яндекс», «Сбер», «Мэйл. ру», «Лаборатория Касперского», практически не имеют публикаций. Наукоемкий коммерческий сектор в КОИ формируется пока за счет молодых стартапов («QRate», «Quanttelecom LLC», «QAPP», «DEPHAN» и др.), выращиваемых преимущественно в РКЦ. В целом вклад корпоративно-коммерческого сектора страны составил около 3.4% всех отечественных публикаций, что

Таблица 3

Наиболее продуктивные в КОИ российские организации

№	Институт/организация	Количество публикаций	Количество публикаций, вошедших в мировой Топ-10% сегмент	Пропорция публикаций, вошедших в мировой Топ-10% сегмент, %
1	МГУ	433	5	1.2
2	ФИ РАН	323	21	6.5
3	МФТИ	294	9	3.1
4	РКЦ	229	24	10.5
5	МИАН РАН	177	7	4.0
6	ИФТТ РАН	155	4	2.6
7	ФТИ РАН	141	20	14.2
8	ИТМО	136	17	12.5
9	МИСИС	134	12	9.0
10	КФТИ КазНЦ РАН	116	1	0.9
	УНИВЕРСИТЕТЫ	1947	71	3.6
	РАН	1661	87	5.2

Примечание: МГУ – Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; ФИ РАН – Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН; МФТИ – Московский физико-технический институт (государственный университет); РКЦ – Российский квантовый центр; МИАН РАН – Математический институт им. В.А. Стеклова РАН; ИФТТ РАН – Институт физики твердого тела РАН; ФТИ РАН – Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН; ИТМО – Университет ИТМО; МИСИС – НИТУ «МИСиС»; КФТИ КазНЦ РАН – Казанский физико-технический институт имени Е.К. Завойского КазНЦ РАН.

Источник: Web of Science Core Collection, данные на 25.09.2021 г.

меньше среднемирового показателя. Участниками примерно 1.5% российских публикаций были зарубежные корпорации.

Таблица 4 представляет публикационный вклад основных российских городов (наукоградов). Уже по ней видна сильная концентрация исследований по КОИ в двух «научных столицах». В динамике вес условного «центра» (Московской и Санкт-Петербургской агломераций) в производстве научного знания, за

исключением начальной точки, был выше 70, а в отдельные годы и 80%; в то же время «остальная Россия» не смогла устойчиво преодолеть рубеж в 30%, несмотря на то, что в нее входят такие крупные наукопроизводящие города, как Новосибирск, Казань, Нижний Новгород, Томск и др. (рисунок 7). Это означает, что говорить о сколь-либо выраженной географической деконцентрации исследований по КОИ пока не приходится.

Таблица 4

Российские города/наукограды с наибольшим количеством публикаций по КОИ

№	Город/наукоград	Количество публикаций	Доля публикаций, %	Предпочтительная страна-партнер
1	Москва	1608	52.3	Германия
2	Санкт-Петербург (Ленинград)	525	17.1	США
3	Долгопрудный	294	9.6	Германия
4	Черноголовка	273	8.9	Израиль
5	Казань	238	7.7	США
6	Сколково	205	6.7	США
7	Новосибирск	186	6.1	Германия
8	Нижний Новгород	89	2.9	США
9	Дубна	81	2.6	Швейцария
10	Томск	53	1.7	Германия

Источник: Web of Science Core Collection, данные на 25.09.2021 г.

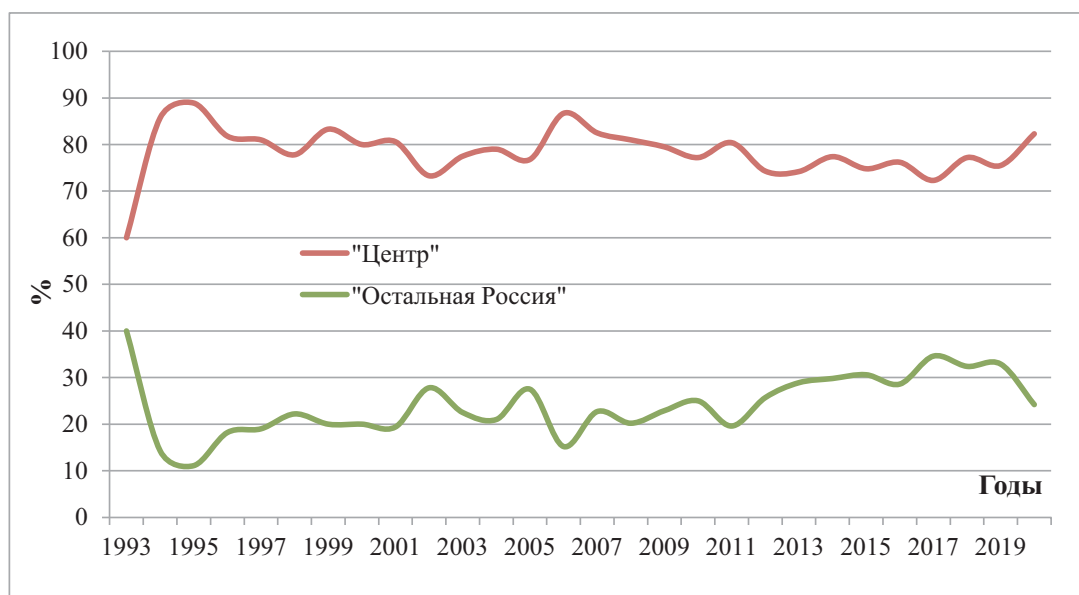


Рисунок 7. Вклад в публикационный выход страны «центра» и «остальной России»

Источник: Web of Science Core Collection, данные на 25.09.2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возникнув из потребности измерять результаты науки и оформившись как таковая в 1960-е гг., библиометрия со временем превратилась в достаточно полезный и широко применяемый инструмент анализа динамики и структуры науки. Ее роль особенно высока в случае появляющихся научных направлений, для которых пока еще нет надежных экономических данных, позволяющих оценивать результативность и конкурентные позиции стран. Так, с конца 1990-х гг. с подачи США библиометрия стала основным методом измерения прогресса в нанотехнологиях, породив за два десятилетия мощный кластер нанобиблиоаналитики (см., например, [25]). Отражая бурно растущий мировой интерес к квантовым технологиям, в последние годы уже вышел ряд работ, посвященных изучению их развития с библиометрических позиций.

Настоящий анализ выполнен на основе углубленной разработки поискового запроса, который применен к журнальным публикациям, индексируемым в двух политематических базах из ядерной коллекции Wo S. По его итогам отметим:

1. После некоторого замедления в последнее десятилетие возобновился экспоненциальный рост исследований по КОИ, драйвером которого послужили знаковые технологические достижения, а также массивные инвестиции. Мировая гонка за «квантовое будущее» приобрела реалистические черты. О высоком «пороге» вхождения в эту гонку говорят, в частности, участие в ней лучших научных организаций мира и значительная концентрация исследований: до 80% публикационного выхода мира приходилось на долю десяти наиболее продуктивных стран, включая членов группы G7, а России – на долю Московской и Санкт-Петербургской агломераций. Высокие экономические ожидания подтверждает участие уже на стадии исследований крупных корпораций, особенно из Японии, а стремление получить в перспективе военно-стратегические преимущества – участие военно-исследовательских структур, в первую очередь из США.

2. Межстрановое соперничество в КОИ не исключало, тем не менее, высокий уровень международной кооперации: так, более трети мировых публикаций в 2020 г. были выполнены

международными командами ученых. Даже в такой чувствительной подопласти, как квантовая криптография, доля таких публикаций в 2020 г. составила 27.5%. Доля международно-соавторских публикаций в КОИ у России (~43%) гораздо выше, чем среди всех публикаций (~30%), но ниже, чем, например, в нанофотонике (~48%). Этот показатель довольно важен, поскольку в большой степени влияет на видимость отечественных работ. Интересно, что, вопреки возобновившейся в последнее время политизации науки, в КОИ интенсивность сотрудничества России с «четверкой» ведущих западных стран (при участии «третьей стороны») к концу периода даже выросла, тогда как по всем публикациям и в нанофотонике упала.

3. К факторам, формирующим российский исследовательский ландшафт, относятся: глубоко укоренившаяся академическая традиция в организации фундаментальных исследований, наличие созданных в советские годы и сохранивших свой потенциал наукоградов, проводимая научными властями страны в последние 15 лет университетско-центристская политика и необходимость замещения утраченного отраслевого звена отечественной научной системы. Анализ показал следующее:

- хотя по количеству производимых КОИ-публикаций университеты совокупно превзошли РАН, по вкладу в мировой Топ-10% сегмент высоко цитируемых публикаций ей уступают. Ученым из РАН принадлежат также самые высоко цитируемые (получившие более 1000 ссылок) российские публикации;
- профильные наукограды (даже без классических академгородков типа Новосибирского) внесли заметный вклад (~25%) в публикационный выход страны;
- несмотря на определенную децентрализацию исследований (перенос центра тяжести в университеты), доминирование «центра» сохраняется;
- на фоне активного собственного участия в исследованиях крупных зарубежных компаний отечественный корпоративно-коммерческий сектор представлен довольно слабо (возможно, в силу закрытости работ), что диссонирует с растущими ожиданиями глобальных коммерческих выгод от квантовых технологий.

Начатый библиометрический анализ области в дальнейшем мог быть направлен на изучение схем спонсорской поддержки публикаций,

соавторских связей на институциональном уровне, более детальное рассмотрение показателей цитирования и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нильсен М., Чанг И. (2006) Квантовые вычисления и квантовая информация. – М.: Мир. – 824 с.
2. Hidary J.D. (2019) Quantum Computing: An Applied Approach. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG. – 379 p.
3. Nielsen M. (2018) In what sense is quantum computing a science? <https://cognitivemedium.com/qc-a-science>.
4. Baumhof A. (2019) Quantum leap: why the next wave of computers will change the world. <https://www.weforum.org/agenda/2019/10/quantum-computers-next-frontier-classical-google-ibm-nasa-supremacy/>.
5. Montanaro A. (2016) Quantum algorithms: an overview // npj Quantum Information. 2(Article number 15023). <https://doi.org/10.1038/npjqi.2015.23>.
6. Bishnoi B. (2020) Quantum-Computation and Applications. 186 p. https://www.researchgate.net/publication/341926965_Quantum-Computation_and_Applications/link/5ed9bb6492851c9c5e817214/download.
7. Bova F., Goldfarb A., Melko R.G. (2021) Commercial applications of quantum computing // EPJ Quantum Technology. 8(2): 13 p. <https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-021-00091-1>.
8. ATARC Quantum Working Group (2021) Applied Quantum Computing for Today's Military. 7 p. <https://atarc.org/wp-content/uploads/2021/05/ATARC-Military-Paper-by-Quantum-Working-Group.pdf>.
9. Kung J., Fancy M.A. (2021) Quantum Revolution: Report on Global Policies for Quantum Technology / Canadian Institute for Advanced Research. Canada, Toronto. 57 p. <https://cifar.ca/wp-content/uploads/2021/04/quantum-report-EN-10-accessible.pdf>.
10. Fedorov A.K., Akimov A.V., Biamonte J.D., Kavokin A.V. et al. (2019) Quantum technologies in Russia // Quantum Science and Technology. 4(4): 8 p. <https://doi.org/10.1088/2058-9565/ab4472>.
11. Dhawan S.M., Gupta B.M., Bhushan S. (2018) Global publications output in quantum computing research: A scientometric assessment during 2007–16 // Emerging Science Journal. 2(4): 228–237. DOI: <http://dx.doi.org/10.28991/esj-2018-01147>.
12. Kumar V., Santhosh Kumar K.T., Biradar B.S. (2018) Scientometrics Analysis of Quantum Computing Literature During 2011–2017 // Journal of Advanced Research in Library and Information Science. 5(4): 26–30.
13. Tolcheev V.O. (2018) Scientometric analysis of the current state and prospects of the development of quantum technologies // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. 52(3): 121–133. DOI: 10.3103/S000510551803007X.
14. Терехов А.И. (2019) Квантовая обработка информации: библиометрический взгляд // Прикладная информатика. 14(3): 55–65. DOI: 10.24411/19938314201910015.
15. Bornmann, L., Haunschild, R., Scheidsteger, T., Ettl, C. (2019) Quantum technology – a bibliometric analysis of a maturing research field. 32 p. https://figshare.com/articles/preprint/Quantum_technology_a_bibliometric_analysis_of_a_maturing_research_field/9731327.
16. Terekhov A.I. (2020) Bibliometric trends in quantum information processing // Scientific and Technical Information Processing. 47(2): 94–103. <https://doi.org/10.3103/S0147688220020021>.
17. Scheidsteger T., Haunschild R., Bornmann L., Ettl C. (2021) Quantum technology 2.0 – topics and contributing countries from 1980 to 2018. Preprint. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2105/2105.08750.pdf>.
18. Seskir Z.C., Aydinoglu A.U. (2021) The landscape of academic literature in quantum technologies // International Journal of Quantum Information. 19(2). <https://doi.org/10.1142/S021974992150012X>.
19. Wang J., Shen L., Zhou W. (2021) A bibliometric analysis of quantum computing literature: mapping and evidences from scopus // Technology Analysis & Strategic Management. 33(11): 1347–1363. DOI: 10.1080/09537325.2021.1963429.
20. Gupta B.M., Dhawan S.M., Mamdapur G.M. (2021) Quantum cryptography research: A scientometric assessment of global publications during 1992–2019 // Science & Technology Libraries. 40(3): 282–300. <https://doi.org/10.1080/0194262X.2021.1892563/>
21. Dhawan S.M., Gupta B.M., Mamdapur G.M. (2021) Quantum machine learning: A scientometric assessment of global publications during 1999–2020 // International Journal of Knowledge Content Development & Technology. 11(3): 29–44.
22. Overview on quantum initiatives worldwide – update mid (2021) / UK, Glasgow: QURECA Ltd. <https://www.quireca.com/overview-on-quantum-initiatives-worldwide-update-mid-2021/>.

23. Терехов А.И. (2021) Библио- и патентометрический анализ развития нанофотоники: 2000–2020 годы // Фотоника. 15(5): 378–394. DOI: 10.22184/1993–7296.FRos.2021.15.5.378.394.
24. Wagner C.S., Park H.W., Leydesdorff L. (2015) The continuing growth of global cooperation networks in research: A conundrum for national governments // PLOS ONE. 10(7): e0131816. doi:10.1371/journal.pone.0131816.
25. Stirling D.A. (2018) The Nanotechnology Revolution: A Global Bibliographic Perspective. Singapore: Pan Stanford Publishing Pte Ltd. 2018. 448 p.

Информация об авторе

Терехов Александр Иванович – ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной эконометрики, Центральный экономико-математический институт Российской академии наук; Scopus Author ID: 25946720500 (Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 47; e-mail: alex.i.terekhov@gmail.com).

A.I. TEREKHOV,

Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russian Federation; e-mail: alex.i.terekhov@gmail.com)

ON THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC BASE OF QUANTUM TECHNOLOGIES

UDC: 001

<https://doi.org/10.22394/2410–132X-2022-8-1-58-72>

Abstract: The purpose of the article is to study the development of research in the field of quantum technologies, based on a bibliometric analysis of publications indexed in databases from the Web of Science Core Collection from 1990 to 2020. The global output of publications, the productivity of individual countries and organizations, indicators of international scientific cooperation are considered. The characteristic features of world studies in the field are revealed: a high concentration in the group of leaders, a noticeable participation of corporations and military scientific structures, and growing international cooperation. Considerable attention is paid to the positions of Russia, which towards the end of the period returned to the top ten countries in terms of productivity. The Russian Academy of Sciences is the sixth among the world scientific organizations in the production of publications on quantum technologies for the entire period; Russian scientists actively cooperate with foreign scientists, including those from leading Western countries. The internal landscape is characterized by a significant predominance of the “Center”, where the country’s leading research institutes and universities are located, and the still small research contribution of the Russian commercial sector.

Keywords: quantum technologies, quantum information processing, scientific publication, database, bibliometric analysis

For citation: Terekhov A.I. On the Development of the Scientific Base of Quantum Technologies. *The Economics of Science*. 2022; 8(1):58-72. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-58-72>

REFERENCES

1. Nielsen M., Chuang I. (2006) Quantum Computation and Quantum Information. M.: MIR. 2006. 824 p. (In Russ.)
2. Hidary J.D. (2019) Quantum Computing: An Applied Approach. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG. 2019. 379 p.
3. Nielson M. (2018) In what sense is quantum computing a science? <https://cognitivemedium.com/qc-a-science>.
4. Baumhof A. (2019) Quantum leap: why the next wave of computers will change the world. <https://www.weforum.org/agenda/2019/10/quantum-computers-next-frontier-classical-google-ibm-nasa-supremacy/>.
5. Montanaro A. (2016) Quantum algorithms: an overview // npj Quantum Information. 2(Article number 15023). <https://doi.org/10.1038/npjqi.2015.23>.
6. Bishnoi B. (2020) Quantum-Computation and Applications. 186 p. https://www.researchgate.net/publication/341926965_Quantum-Computation_and_Applications/link/5ed9bb6492851c9c5e817214/download.
7. Bova F., Goldfarb A., Melko R.G. (2021) Commercial applications of quantum computing // EPJ Quantum Technology. 8(2): 13 p. <https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-021-00091-1>.
8. ATARC Quantum Working Group (2021) Applied Quantum Computing for Today’s Military. 7 p. <https://atarc.org/wp-content/uploads/2021/05/ATARC-Military-Paper-by-Quantum-Working-Group.pdf>.
9. Kung J., Fancy M.A. (2021) Quantum Revolution: Report on Global Policies for Quantum Tech-

- nology. Canada, Toronto: Canadian Institute for Advanced Research. 57 p. <https://cifar.ca/wp-content/uploads/2021/04/quantum-report-EN-10-accessible.pdf>.
10. Fedorov A.K., Akimov A.V., Biamonte J.D., Kavokin A.V. et al. (2019) Quantum technologies in Russia // *Quantum Science and Technology*. 4(4): 8 p. <https://doi.org/10.1088/2058-9565/ab4472>.
 11. Dhawan S.M., Gupta B.M., Bhusan S. (2018) Global publications output in quantum computing research: A scientometric assessment during 2007–16 // *Emerging Science Journal*. 2(4): 228–237. DOI: <http://dx.doi.org/10.28991/esj-2018-01147>.
 12. Kumar V., Santhosh Kumar K.T., Biradar B.S. (2018) Scientometrics Analysis of Quantum Computing Literature During 2011–2017 // *Journal of Advanced Research in Library and Information Science*. 5(4): 26–30.
 13. Tolcheev V.O. (2018) Scientometric analysis of the current state and prospects of the development of quantum technologies // *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*. 52(3): 121–133. DOI: 10.3103/S000510551803007X.
 14. Terekhov A.I. (2019) Quantum information processing: A bibliometric glance // *Applied Informatics*. 14(3): 55–65 (In Russ.)
 15. Bornmann, L., Haunschild, R., Scheidsteger, T., Ettl, C. (2019) Quantum technology – a bibliometric analysis of a maturing research field. 32 p. https://figshare.com/articles/preprint/Quantum_technology_a_bibliometric_analysis_of_a_maturing_research_field/9731327.
 16. Terekhov A.I. (2020) Bibliometric trends in quantum information processing // *Scientific and Technical Information Processing*. 47(2): 94–103. <https://doi.org/10.3103/S0147688220020021>.
 17. Scheidsteger T., Haunschild R., Bornmann L., Ettl C. (2021) Quantum technology 2.0 – top-ics and contributing countries from 1980 to 2018. Preprint. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2105/2105.08750.pdf>.
 18. Seskir Z.C., Aydinoglu A.U. (2021) The landscape of academic literature in quantum technologies // *International Journal of Quantum Information*. 19(2). <https://doi.org/10.1142/S021974992150012X>.
 19. Wang J., Shen L., Zhou W. (2021) A bibliometric analysis of quantum computing literature: mapping and evidences from scopus // *Technology Analysis & Strategic Management*. 33(11): 1347–1363. DOI: 10.1080/09537325.2021.1963429.
 20. Gupta B.M., Dhawan S.M., Mamdapur G.M. (2021) Quantum cryptography research: A scientometric assessment of global publications during 1992–2019 // *Science & Technology Libraries*. 40(3): 282–300. <https://doi.org/10.1080/0194262X.2021.1892563/>
 21. Dhawan S.M., Gupta B.M., Mamdapur G.M. (2021) Quantum machine learning: A scientometric assessment of global publications during 1999–2020 // *International Journal of Knowledge Content Development & Technology*. 11(3): 29–44.
 22. Overview on quantum initiatives worldwide – update mid (2021) / UK, Glasgow: QURECA Ltd. <https://www.quireca.com/overview-on-quantum-initiatives-worldwide-update-mid-2021/>
 23. Terekhov A.I. (2021) Biblio- and patentometric analysis of the development of nanophotonics: 2000–2020 // *Photonics Russia*. 15(5): 378–394. DOI: 10.22184/1993-7296.FRos.2021.15.5.378.394.
 24. Wagner C.S., Park H.W., Leydesdorff L. (2015) The continuing growth of global cooperation networks in research: A conundrum for national governments // *PLOS ONE*. 10(7): e0131816. doi:10.1371/journal.pone.0131816.
 25. Stirling D.A. (2018) *The Nanotechnology Revolution: A Global Bibliographic Perspective*. Singapore: Pan Stanford Publishing Pte Ltd. 2018. 448 p.

Author

Alexandr I. Terekhov – Leading Researcher at the Central Economics and Mathematics Institute, The Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 25946720500 (Russian Federation, 117418, Moscow, Nakhimovsky Pr., 47; e-mail: alex.i.terekhov@gmail.com).

Е.М. ТРАПЕЗНИКОВА,

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
(Владивосток, Российская Федерация; e-mail: minyaylova96@mail.ru)

А.А. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ,

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
(Владивосток, Российская Федерация; e-mail: annanikol0801@gmail.com)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ИНТЕРНЕТ-ПРОДВИЖЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

УДК 339.138

<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-73-81>

Аннотация: Целью данного исследования является выявление эффективных способов интернет-продвижения образовательных услуг высших учебных заведений. Методической основой исследования являются результаты мониторинга и анализа отечественных и зарубежных публикаций по обозначенной проблематике; анализа показателей эффективности интернет-продвижения кафедры маркетинга и торговли Владивостокского государственного университета экономики и сервиса, в том числе анализ статистических данных продвижения в Instagram; а также опроса потребителей образовательных услуг. В статье выполнен анализ эффективности рекламной кампании по продвижению образовательных услуг с помощью различных инструментов интернет-маркетинга, выявлены наиболее результативные из использованных инструментов, а именно: контент-маркетинг и таргетированная реклама.

Ключевые слова: рекламная кампания, интернет-маркетинг, высшее образовательное учреждение, образовательные услуги, приемная кампания, Instagram, эффективность

Для цитирования: Трапезникова Е.М., Петропавловская А.А. Анализ эффективных способов интернет-продвижения образовательных услуг высшего учебного заведения. *Экономика науки*. 2022; 8(1):73-81. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-73-81>



ВВЕДЕНИЕ

В условиях высокой конкуренции между образовательными учреждениями, в том числе между высшими учебными заведениями (далее вуз), возникает острая необходимость в поиске новых действенных способов привлечения абитуриентов. Особенно остро этот вопрос стоит в период приемной кампании, когда повышается конкуренция не только между вузами, но и между структурными подразделениями (кафедрами, институтами) одного вуза [1, 2].

В рамках проведения рекламных кампаний вузы России долгие годы использовали такие методы продвижения, как организация дня открытых дверей, реклама через «традиционные» медиаканалы (пресса, наружная реклама и др.). Но в последние годы все больше вузов активно применяет в своей деятельности различные инструменты интернет-маркетинга. В первую очередь это связано со всеобщей цифровизацией, нашедшей отражение во всех сферах человеческой деятельности [3, 4]. Стремительное развитие интернет-технологий открывает для вузов новые возможности по привлечению абитуриентов. Комплексное применение инструментов интернет-маркетинга позволяет успешно взаимодействовать с целевой аудиторией в онлайн-среде [5–7]. Особую актуальность методы продвижения с применением интернет-технологий

приобрели в 2020 г., в период пандемии новой коронавирусной инфекции, когда у вузов появилась необходимость осваивать дистанционные способы взаимодействия с целевой аудиторией и привлечения абитуриентов, что является одной из важнейших бизнес-задач любого образовательного заведения [8–10].

В настоящее время проблеме продвижения вузов, а также различных объединений внутри них в интернете, в том числе в социальных сетях, и оценке его эффективности посвящено множество статей, в том числе работы Л.А. Корчагой, Е.А. Муратовой, И.А. Байковой и других авторов [11–13]. Однако в исследуемых научных трудах не рассматривается комплексное интернет-продвижение вуза в период проведения приемной кампании, в то время как этот и предшествующий старту кампании периоды наиболее важны для их успешной деятельности с точки зрения привлечения внимания абитуриентов и завоевания их доверия.

Целью данного исследования является оценка эффективности интернет-продвижения образовательных услуг высших учебных заведений на примере кафедры маркетинга и торговли Владивостокского государственного университета экономики и сервиса (ВГУЭС). Методической основой исследования являются результаты мониторинга и анализа отечественных и зарубежных публикаций по обозначенной проблематике; анализа показателей эффективности интернет-продвижения, в том числе анализ статистических данных продвижения в Instagram, а также результаты онлайн-опроса потребителей образовательных услуг.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В период ограничений передвижения, введенных вследствие пандемии коронавирусной инфекции, возможность продвижения товаров и услуг в интернете приобрела особую актуальность.

Важной составляющей проведения любых кампаний по продвижению является анализ полученных результатов и оценка эффективности каждого задействованного инструмента для достижения поставленных целей и задач. Кампании по продвижению в интернет-среде не являются исключением: сегодня важно не только использовать современные методы онлайн-продвижения, но и уметь оценивать их эффективность [14–16]. В частности, одним из главных показателей эффективности является ROI (Return On Investment) – наиболее общий экономический показатель для определения доходности или убыточности любого бизнес-процесса. ROI рассчитывается как отношение эффекта от маркетинга (полученной прибыли) к маркетинговым инвестициям.

Первостепенная цель кампании по интернет-продвижению кафедры маркетинга и торговли ВГУЭС заключалась в повышении интереса к ее образовательным услугам у целевой аудитории. Для достижения поставленной цели были использованы следующие инструменты интернет-маркетинга:

- контент-маркетинг;
- таргетированная реклама;
- односторонние сайты (посадочные страницы).

Каждый инструмент был выбран исходя из целей продвижения кафедры (рисунк 1).

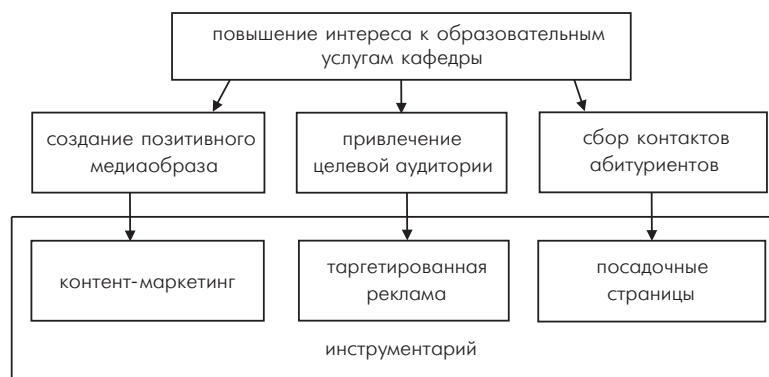


Рисунок 1. Цели и инструментарий рекламной кампании

Кафедра маркетинга и торговли заинтересована в продвижении реализуемых ею профилей подготовки в рамках направления 38.03.06 Торговое дело: «Интернет маркетинг и электронная торговля»; «Международная логистика и управление поставками»; и по направлению 38.03.07 Товароведение «Товарный менеджмент во внутренней и внешней торговле». При применении инструментов интернет-маркетинга целесообразно использовать такой канал продвижения, как социальные сети, позволяющие взаимодействовать с нужными потребительскими сегментами, персонифицировать обращения к каждому из них. Основной площадкой по продвижению на время приемной кампании 2021–2022 учебного года была выбрана социальная сеть Instagram как одна из наиболее популярных социальных сетей в России и лидер по количеству активной аудитории в 2020 г. (более 42,8 миллиона авторов в месяц) [17].

Кафедрой был выбран способ продвижения силами студентов и преподавателей профильных направлений подготовки в рамках дисциплины учебного плана «Проектная деятельность».

В 2020–2021 учебном году для аккаунта кафедры была сформирована контент-стратегия как одна из важнейших составляющих ведения аккаунта в Instagram [18–20], разработаны контент-план и визуальная концепция. С марта 2021 г. начало осуществляться регулярное ведение аккаунта согласно разработанному контент-плану с применением предоставленных социальной сетью инструментов (посты, сторис, видео). Одной из основных целевых аудиторий были выбраны потенциальные абитуриенты,

для которых регулярно публиковался информационный контент: информация о профилях подготовки кафедры, его преподавателях, информация о преимуществах поступления во ВГУЭС и др.

В *таблице 1* представлены основные показатели эффективности контент-стратегии перед стартом ее реализации (февраль) на период, предшествующий старту приемной кампании, (май) и на старте приемной кампании (июнь).

Средняя дневная вовлеченность (ERday) в данном случае рассчитывалась как среднее число реакций (лайков, репостов и т. д.) на одного подписчика к количеству дней в месяце. Средняя вовлеченность по постам (ERpost) – как отношение среднего числа реакций подписчиков на один пост к количеству постов за месяц.

За четыре месяца ведения аккаунта, согласно разработанной контент-стратегии, произошло увеличение подписчиков аккаунта на 60 человек. Также данные *таблицы 1* демонстрируют рост количества реакций подписчиков. Средняя дневная вовлеченность стабильно увеличивается – с февраля по июнь произошел рост данного показателя на 0,5%. Средняя вовлеченность по постам значительно увеличилась за время активного ведения аккаунта, но в июне наблюдалось снижение на 3%, что объясняется превышением оптимальной частоты постинга для данного аккаунта и будет учтено в дальнейшем. Таким образом, в целом контент-стратегию можно считать эффективной.

С 30 мая по 30 июня в Instagram в рамках приемной кампании была запущена таргетированная реклама в сторис, для которых предварительно были разработаны баннеры,

Таблица 1

Эффективность контент-стратегии продвижения кафедры маркетинга и торговли ВГУЭС в Instagram

Показатель	Февраль	Май	Июнь
Количество подписчиков, чел.	435	489	495
Сумма реакций подписчиков, шт.	401	547	564
Количество постов, шт.	11	10	14
ERday, %	3,3	3,6	3,8
ERpost, %	8,4	11,1	8,1

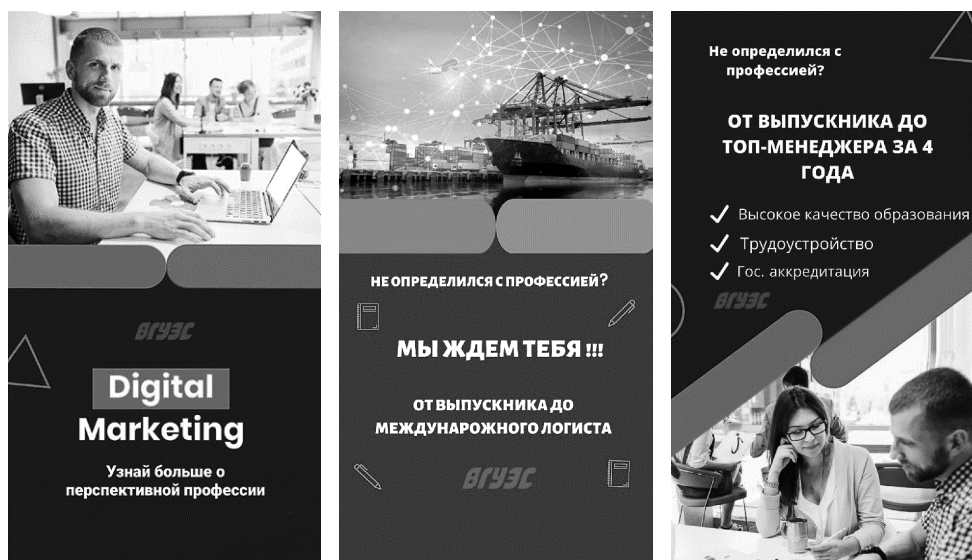


Рисунок 2. Баннеры для таргетированной рекламы в Instagram

направленные на привлечение целевого сегмента «абитуриенты» (рисунок 2).

Через рекламный кабинет Facebook была проведена настройка показа сторис на необходимую целевую аудиторию (17–20 лет, география проживания: Приморский край, Хабаровский край, Амурская область, Сахалинская область). Результаты представлены в таблице 2.

Наиболее эффективным оказалось 1 объявление в сторис, т. к. у него наименьшая стоимость одного клика (CPC) и наибольший показатель числа кликов к числу показов (CTR), но при этом следует учитывать, что на его показ была затрачена самая большая денежная сумма.

Также под каждый профиль обучения с помощью конструктора сайтов Tilda была создана отдельная посадочная страница (Landing Page), цель которой – сбор контактных данных

потенциальных студентов для дальнейшего взаимодействия через почтовую и смс-рассылку. Использовался один ключевой призыв к действию – заполнению формы с контактами пользователя. Ссылки на страницы были размещены в шапке профиля в Instagram, также была произведена SEO-оптимизация сайтов для повышения позиций их выдачи в поисковых сетях.

Структура страницы по каждому профилю подготовки выглядела следующим образом:

- краткая информация о профиле и уникальное торговое предложение;
- возможные профессии выпускников профиля;
- ключевые профессиональные дисциплины;
- навыки и умения, которые получают студенты в ходе обучения;
- инструкция к поступлению;

Таблица 2

Эффективность таргетированной рекламы в Instagram

Показатель эффективности	1-е объявление (интернет-маркетинг)	2-е объявление (международная логистика)	3-е объявление (товарный менеджмент)
Охват, чел.	14 572	15 237	9 503
Частота показов, показы/чел.	2,02	1,72	1,75
Клики, шт.	59	33	30
CPC, руб.	39,44	49,07	51,51
CTR, %	0,20	0,13	0,18
Бюджет, руб.	2 326,73	1 619,40	1 545,43

- профессорско-преподавательский состав;
- форма для заполнения пользователем;
- ответы на вопросы, которые могут возникнуть после изучения страницы;
- контакты кафедры.

Данный вид продвижения не принес желаемых результатов – отслеживание действий пользователей показало, что они заходили на страницы и просматривали контент, но не оставляли свои контактные данные. Возможно, это связано с исчерпывающим количеством информации, представленной на посадочных страницах.

Чтобы проанализировать, насколько проведенная рекламная кампания повлияла на итоговый выбор абитуриентов, автором была разработана анкета и проведен опрос первокурсников кафедры маркетинга и торговли. Всего в опросе приняло участие 45 человек, что составляет более 75% общего числа студентов первого курса кафедры.

Подавляющее число опрошенных студентов (84,4%) выбрало Instagram в качестве социальной сети, в которой они чаще всего проводят время (рисунок 3). Данный показатель свидетельствует о правильном выборе канала продвижения.

Большая часть первокурсников поступала на выбранные направления подготовки целенаправленно (рисунок 4), что свидетельствует об их осведомленности о профилях подготовки, реализуемых кафедрой. При этом среди опрошенных первокурсников практически треть (31,1%) видела сторис с рекламой профилей подготовки в Instagram, что также могло повлиять на их итоговый выбор.

Студентам, было предложено оценить степень влияния рекламной кампании кафедры на свой итоговый выбор (где 1 – совсем не повлияла, 5 – очень сильно повлияла). В результате выяснилось, что 28,9% признали ее

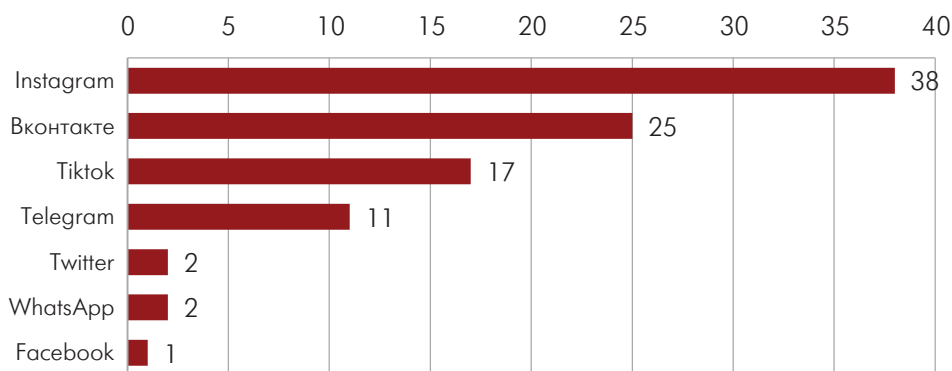


Рисунок 3. Предпочтения респондентов по приоритетной социальной сети, множественный выбор, чел.

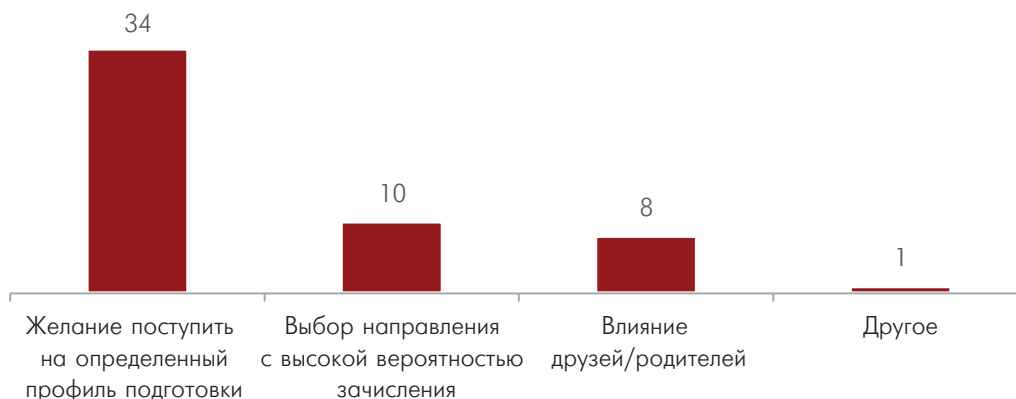


Рисунок 4. Разделение респондентов по мотивации выбора профиля подготовки, множественный выбор, чел.

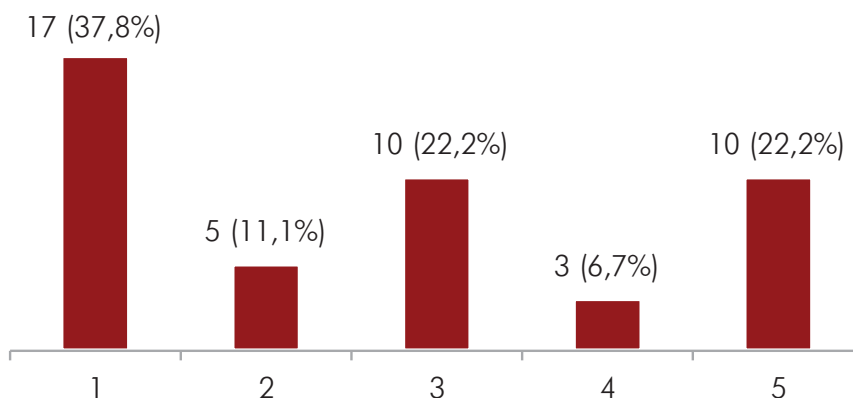


Рисунок 5. Степень влияния рекламной кампании на итоговый выбор респондентов, чел.

существенное или очень сильное влияние на свой итоговый выбор (рисунок 5).

На настоящий момент подавляющее число опрошенных первокурсников знают об аккаунте кафедры, 68,9% подписаны на аккаунт и еще

11,1% не подписаны, но следят за новостями (рисунок 6), что предоставляет возможность дальнейшего онлайн-взаимодействия с опрошенными.

Результаты проведенной приемной кампании представлены в таблице 3.

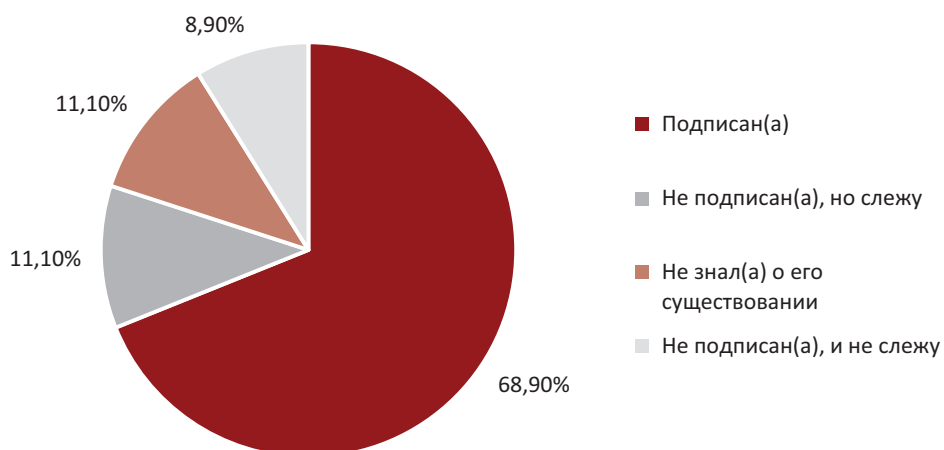


Рисунок 6. Структура осведомленности респондентов об аккаунте кафедры МТ ВГУЭС, %

Таблица 3

Эффективность приемной кампании от интернет-продвижения образовательных услуг

Показатель	Значение
Стоимость рекламной кампании, тыс. руб.	6,74
Количество привлеченных студентов, чел.	9
Стоимость обучения для одного студента, тыс. руб./мес.	15
Доход от привлеченных студентов, тыс. руб./мес.	345
ROI, %	5019

При вычислении эффективности учитывались первокурсники, оценившие влияние рекламной кампании на итоговый выбор на 4 балла и более.

Полученный ROI показывает общую эффективность рекламной кампании: на каждый затраченный на продвижение рубль кафедра получит более 5 тыс. руб. прибыли уже в первый месяц учебы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проведении кампании по онлайн-продвижению образовательных услуг кафедры наиболее эффективными оказались такие инструменты, как контент-маркетинг и таргетированная реклама. Посадочные страницы оказались неэффективны в решении задачи сбора контактов абитуриентов, но выполнили информационно-ознакомительную функцию. Две другие задачи (создание позитивного медиаобраза кафедры и привлечение целевой аудитории) были выполнены. Основная цель продвижения

аккаунта кафедры по повышению интереса к образовательным услугам была достигнута: удалось не только увеличить аудиторию кафедры в Instagram, но и набрать первокурсников на все реализуемые профили обучения. Справедливо отметить, что в условиях ограничений, связанных с отсутствием доступа к социальной сети Instagram, описанный способ интернет-продвижения образовательных услуг может быть адаптирован для других социальных сетей.

Таким образом, результаты анализа эффективности рекламной кампании по продвижению образовательных услуг позволили выявить наиболее результативные инструменты интернет-маркетинга для высших образовательных учреждений. Результаты исследования могут быть использованы руководителями университетов и его структурных подразделений с целью совершенствования деятельности по продвижению образовательных услуг, а также научными сотрудниками для дальнейших исследований в данной области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов А.В. (2016) Особенности управления высшим учебным заведением в современных условиях // Управление образованием: теория и практика. 2016;2(22):90–106.
2. Лекторова Ю.Ю. (2017) Проектирование имиджа вуза в контексте общественных ожиданий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. 2017;(3):69–86.
3. Овсеев М.А. (2021) Влияние всеобщей цифровизации на маркетинг // Инновации. Наука. Образование. 2021; (33):505–510.
4. Burtonova G.B., Ushakov M.S., Tianqi J. (2020) Trends in marketing development in the modern digital economy // Социально-экономическое развитие России и Монголии: проблемы и перспективы. 2020: 88–93.
5. Шелетюк И. (2021) Какой средний маркетинговый бюджет в разных сферах бизнеса // Merehead. <https://merehead.com/ru/blog/average-marketing-budget>.
6. Лопаткин Д.С., Демеева К.К. (2018) Трансформация маркетинговых инструментов в условиях цифровой экономики // Исследование, систематизация, кооперация, развитие, анализ социально-экономических систем в области экономики и управления (ИСКРА-2018). Сборник трудов I Всероссийской школы молодых ученых. 178–182.
7. Хрисанту А.Х. (2021) Инструменты интернет-маркетинга // Экономика в теории и на практике: актуальные вопросы и современные аспекты. 32–34.
8. Никитенкова О.В. (2021) Применимость цифровых инструментов маркетинга в деятельности образовательных организаций / Цифровое пространство: экономика, управление, социум. 129–134.
9. Байкова И.А., Канафьева В.В. (2021) Исследование эффективности продвижения образовательных услуг инструментами интернет-маркетинга // Петербургский экономический журнал. 2021; (1):60–77.
10. Вострикова И.Ю. (2021) Опыт брендинга института в период пандемии // In Брендинг как коммуникационная технология XXI века. 106–109.
11. Корчагова Л.А. (2019) Анализ продвижения вузов в социальных сетях // Вестник РГГУ. Серия «Экономика. Управление. Право». 2019; (1):31–43.
12. Муратова Е.А. (2019) Методы интернет-продвижения образовательных услуг вузов // Московский экономический журнал. 2019; (9):79.
13. Костецкий А.Н., Лобанова В.В., Мукучан Р.Р., Зверева Л.Г. (2020) Интернет-маркетинг:

проблемы, тенденции и перспективы развития в системе высшего образования // Экономика устойчивого развития. 2020; (3):196–199.

14. Маркасова О.А., Хатановская И.Ю. (2021) Оценка эффективности онлайн-каналов продвижения в интернет-среде // Экономика в теории и на практике: актуальные вопросы и современные аспекты. 45–48.
15. Krizanova A., Lăzăroiu G., Gajanova L., Kliestikova J., Nadanyiova M., Moravcikova D. (2019) The effectiveness of marketing communication and importance of its evaluation in an online environment // Sustainability. 2019;11(24):7016.
16. Raudeliuniene J., Davidaviciene V., Tvaronaviciene M., Jonuska L. (2018) Evaluation of adver-

tising campaigns on social media networks // Sustainability. 2018; 10(4):973.

17. Социальные сети в России: цифры и тренды, осень 2020 (2020) / BrandAnalytics. <https://brandanalytics.ru/blog/social-media-russia-2020>.
18. Полэр А.А., Орехова Л.Г. (2019) Контент-стратегия в социальной сети Instagram: коммуникативный аспект // Academy. 2019; 12(51):16–18.
19. Петрова А.Ю. (2021) Разработка контент-стратегии для продвижения бренда в Instagram // Научная сессия ГУАП: Гуманитарные науки. 99–100.
20. Tafesse W., Wood B.P. (2021) Followers' engagement with instagram influencers: The role of influencers' content and engagement strategy // Journal of Retailing and Consumer Services. 2021;58:102303.

Информация об авторах

Трапезникова Елена Михайловна – аспирант, ассистент кафедры маркетинга и торговли, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (Российская Федерация, 690014, Россия, г. Владивосток, улица Гоголя, 41; e-mail: minyaylova96@mail.ru)

Петропавловская Анна Андреевна – студент кафедры маркетинга и торговли, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (Российская Федерация, 690014, Россия, г. Владивосток, улица Гоголя, 41; e-mail: annanikol0801@gmail.com)

E.M. TRAPEZNIKOVA,

Vladivostok State University of Economics and Service (Vladivostok, Russian Federation; e-mail: minyaylova96@mail.ru)

A.A. PETROPAVLOVSKAYA,

Vladivostok State University of Economics and Service (Vladivostok, Russian Federation; e-mail: annanikol0801@gmail.com)

ANALYSIS OF EFFECTIVE WAYS TO PROMOTE EDUCATIONAL SERVICES OF A HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION ON THE INTERNET

UDC: 339.138

<https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-73-81>

Abstract: The purpose of this study is to identify effective ways of Internet promotion of educational services of higher educational institutions. The methodological basis of the study is the results of: monitoring and analysis of domestic and foreign publications on the identified issues; analysis of Internet promotion performance indicators of the Marketing and Trade Department of the Vladivostok State University of Economics and Service, including the analysis of Instagram promotion statistical data; as well as a survey of consumers of educational services. The article analyzes the effectiveness of an advertising campaign to promote educational services using various Internet marketing tools, identifies the most effective of the tools used, namely: content marketing and targeted advertising.

Keywords: advertising campaign, internet marketing, higher educational institution, educational services, admission campaign, Instagram, efficiency

For citation: Trapeznikova E.M., Petropavlovskaya A.A. Analysis of Effective Ways to Promote Educational Services of a Higher Educational Institution on the Internet. *The Economics of Science*. 2022; 8(1):73-81. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2022-8-1-73-81>

REFERENCES

1. *Morozov A.V.* (2016) Features of higher education institution management in modern conditions // *Education management: theory and practice*. 2016;2(22):90–106.
2. *Lektorova Yu.Yu.* (2017) Designing the image of a university in the context of public expectations // *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Socio-economic Sciences*. 2017;3(3):69–86.
3. *Ovseets M.A.* (2021) The impact of universal digitalization on marketing // *Innovations. The science. Education*. 2021;33(3):505–510.
4. *Bertonova G.B., Ushakov M.S., Tianqi J.* (2020) Trends in marketing development in the modern digital economy // *Socio-economic development of Russia and Mongolia: problems and prospects*. 2020:88–93.
5. *Shepetyuk I.* (2021) What is the average marketing budget in different business areas // *Merehead*. <https://merehead.com/ru/blog/average-marketing-budget>.
6. *Lopatkin D.S., Demeeva K.K.* (2018) Transformation of marketing tools in the digital economy // *Research, systematization, cooperation, development, analysis of socio-economic systems in the field of economics and management (ISKRA-2018)*. 178–182.
7. *Chrysantu A.H.* (2021) Internet marketing tools // *Economics in theory and in practice: topical issues and modern aspects*. 32–34.
8. *Nikitenkova O.V.* (2021) Applicability of digital marketing tools in the activities of educational organizations // *Digital space: economics, management, society*. 129–134.
9. *Baykova I.A., Kanafyeva V.V.* (2021) Research on the effectiveness of the promotion of educational services to Internet marketing tools // *St. Petersburg Economic Journal*. 2021;1(1):60–77.
10. *Vostrikova I.Yu.* (2021) The experience of branding the Institute during the pandemic // *In the XXI century*. 106–109.
11. *Korchagova L.A.* (2019) Analysis of university promotion in social networks // *Bulletin of the Russian State University. The series "Economics. Management. Law"*. 2019;1(1):31–43.
12. *Muratova E.A.* (2019) Methods of Internet promotion of educational services of universities // *Moscow Economic Journal*. 2019;9(9):79.
13. *Kostetsky A.N., Lobanova V.V., Mukuchyan R.R., Zvereva L.G.* (2020) Internet marketing: problems, trends and prospects of development in the higher education system // *Economics of Sustainable Development*. 2020;3(3):196–199.
14. *Markasova O.A., Khatanovskaya I.Yu.* (2021) Evaluation of the effectiveness of online promotion channels in the Internet environment // *Economics in theory and in practice: topical issues and modern aspects*. 45–48.
15. *Krizanova A., Lazero Yu G., Gadzhanova L., Klestikova Zh., Nadanyeva M., Moravchikova D.* (2019) The effectiveness of marketing communications and the importance of its assessment in the online environment // *Sustainable development*. 2019;11(24):7016.
16. *Raudeluniene Ya., Davidavichene V., Tvaronavichene M., Yonushka L.* (2018) Evaluation of advertising campaigns in social networks // *Sustainable development*. 2018;10(4):973.
17. *Social networks in Russia: figures and trends, autumn 2020* (2020) / *BrandAnalytics*. <https://br-analytics.ru/blog/social-media-russia-2020>.
18. *Poler A.A., Orekhova L.G.* (2019) Content strategy in the Instagram social network: the communicative aspect // *Academies*. 2019;12(51):16–18.
19. *Petrova A.Yu.* (2021) Content strategies Development for brand promotion in Instagram // *Scientific session of GUAP: Humanities*. 99–100.
20. *Tafesse U., Wood B.P.* (2021) Interaction of subscribers with instagram influencers: the role of content and strategies for interaction of influencers // *Journal of Retail and Consumer services*. 2021; 58:102303.

Authors

Elena M. Trapeznikova – Postgraduate student, Assistant of the Department of Marketing and Trade, Vladivostok State University of Economics and Service (Russian Federation, 690014, Russia, Vladivostok, Gogol Street, 41; e-mail: minyaylova96@mail.ru)

Anna A. Petropavlovskaya – Student of the Department of Marketing and Trade, Vladivostok State University of Economics and Service (Russian Federation, 690014, Russia, Vladivostok, Gogol Street, 41; e-mail: annanikol0801@gmail.com)

ТЕКУЩИЕ КОНКУРСЫ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА

Российский научный фонд (РНФ) финансирует научные и научно-технические программы и проекты в сфере фундаментальных исследований – исследований, направленных на получение новых знаний об основных закономерностях строения, функционирования и развития человека, общества, окружающей среды. Фонд был учрежден по инициативе Президента России в конце 2013 г., за это время фондом было поддержано более 60 тысяч российских ученых.

В настоящее время открыт прием заявок в рамках семи конкурсов:

Наименование конкурса	Прием заявок	Дата подведения итогов
Конкурс на получение грантов РНФ по приоритетному направлению деятельности РНФ «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами»	До 15.06.2022	30.11.2022
Конкурс на получение грантов РНФ по приоритетному направлению деятельности РНФ «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (региональный конкурс)	До 10.10.2022	01.03.2023
Конкурс на получение грантов РНФ по приоритетному направлению деятельности РНФ «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами» (региональный конкурс)	До 10.10.2022	01.03.2023
Конкурс на получение грантов РНФ по приоритетному направлению деятельности РНФ «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований по поручениям (указаниям) Президента Российской Федерации» (междисциплинарные проекты)	До 29.04.2022	11.07.2022
Конкурс на получение грантов РНФ по мероприятию «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований международными научными коллективами» (совместно с Государственным фондом естественных наук Китая (NSFC))	До 16.05.2022	31.10.2022
Конкурс на получение грантов РНФ по мероприятию «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований международными научными коллективами» (совместно с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований – БРФФИ)	До 23.05.2022	31.10.2022
Конкурс на получение грантов по приоритетному направлению деятельности РНФ «Проведение фундаментальных и поисковых научных исследований международными научными коллективами» (совместно с Министерством науки и технологий Тайваня – MOST)	До 22.04.2022	25.11.2022

Ознакомиться с подробными условиями конкурсов и конкурсной документацией можно на сайте РНФ по адресу <https://www.rscf.ru/contests>.

**ЭКОНОМИКА
НАУКИ** ➤

**THE ECONOMICS
OF SCIENCE**

