

НОВАЯ НАУКА

Международный центр
научного партнерства



NEW SCIENCE

International Center
for Scientific Partnership

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ 2026: АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сборник статей Международной
научно-практической конференции,
состоявшейся 21 сентября 2026 г.
в г. Петрозаводске

г. Петрозаводск
Российская Федерация
МЦНП «НОВАЯ НАУКА»
2026

УДК 001.12
ББК 70
Н34

Ответственные редакторы:
Ивановская И.И., Кузьмина Л.А.

Н34 Научно-технологическое развитие 2026: актуальные исследования : сборник статей Международной научно-практической конференции (21 сентября 2026 г.). — Петрозаводск : МЦНП «НОВАЯ НАУКА», 2026. — 137 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-00276-175-3

Настоящий сборник составлен по материалам Международной научно-практической конференции НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ 2026: АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, состоявшейся 21 сентября 2026 года в г. Петрозаводске (Россия). В сборнике рассматривается круг актуальных вопросов, стоящих перед современными исследователями. Целями проведения конференции являлись обсуждение практических вопросов современной науки, результатов исследований, полученных специалистами в охватываемых областях, развитие методов и средств получения научных данных, обмен опытом. Сборник может быть полезен научным работникам, преподавателям, слушателям вузов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Авторы публикуемых статей несут ответственность за содержание своих работ, точность цитат, легитимность использования иллюстраций, приведенных цифр, фактов, названий, персональных данных и иной информации, а также за соблюдение законодательства Российской Федерации и сам факт публикации.

Полные тексты статей в открытом доступе размещены в Научной электронной библиотеке Elibrary.ru в соответствии с Договором № 467-03/2018К от 19.03.2018 г.

УДК 001.12
ББК 70

ISBN 978-5-00276-175-3

Состав редакционной коллегии и организационного комитета:

Аймурзина Б.Т., доктор экономических наук
Ахмедова Н.Р., доктор искусствоведения
Битокова С.Х., доктор филологических наук
Блинкова Л.П., доктор биологических наук
Гапоненко И.О., доктор филологических наук
Героева Л.М., доктор педагогических наук
Добжанская О.Э., доктор искусствоведения
Доровских Г.Н., доктор медицинских наук
Дорохова Н.И., кандидат филологических наук
Ергалиева Р.А., доктор искусствоведения
Ершова Л.В., доктор педагогических наук
Зайцева С.А., доктор педагогических наук
Зверева Т.В., доктор филологических наук
Казакова А.Ю., доктор социологических наук
Кобозева И.С., доктор педагогических наук
Кулеш А.И., доктор филологических наук
Мантатова Н.В., доктор ветеринарных наук
Мокшин Г.Н., доктор исторических наук
Муратова Е.Ю., доктор филологических наук
Никонов М.В., доктор сельскохозяйственных наук
Панков Д.А., доктор экономических наук
Петров О.Ю., доктор сельскохозяйственных наук
Поснова М.В., кандидат философских наук
Рыбаков Н.С., доктор философских наук
Сансызбаева Г.А., кандидат экономических наук
Симонова С.А., доктор философских наук
Ханиева И.М., доктор сельскохозяйственных наук
Хугаева Р.Г., кандидат юридических наук
Червинец Ю.В., доктор медицинских наук
Чистякова О.В., доктор экономических наук
Чумичева Р.М., доктор педагогических наук

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	6
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОПТРОНА	7
<i>Лукьянова Олеся Андреевна, Чертков Иван Евгеньевич, Коблик Илья Романович</i>	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА В СФЕРЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: СОЗДАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОНЕНТОВ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД	13
<i>Румянцева Елена Игоревна</i>	
ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ СОБСТВЕННОГО КОНСЕНСУСА: КРИТЕРИИ ВЫБОРА МЕЖДУ РЕАЛИЗАЦИЕЙ RAFT И ВНЕШНИМ СЕРВИСОМ КООРДИНАЦИИ.....	26
<i>Ануров Александр Олегович</i>	
КРОССПЛАТФОРМЕННАЯ МОБИЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА В УСЛОВИЯХ АГЕНТНОЙ ГЕНЕРАЦИИ КОДА: ПЕРЕСМОТР ГРАНИЦЫ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ	37
<i>Петров Иван Николаевич</i>	
СЕКЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ	48
ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЕГИОНАЛЬНЫЕ РЫНКИ ТРУДА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	49
<i>Ахметов Артем Ильмирович</i>	
ВНЕДРЕНИЕ БЕРЕЖЛИВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА».....	58
<i>Хохрякова Алина Олеговна</i>	
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКОЙ К ЦИФРОВИЗАЦИИ МАЛЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ: ОГРАНИЧЕНИЯ РЕСУРСОВ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ.....	70
<i>Бабкин Евгений Викторович, Савицкая Екатерина Викторовна, Саумова Манана Владимировна, Тюрюшкина Олеся Павловна</i>	
СЕКЦИЯ ИНФОРМАТИКА.....	75
АРХИТЕКТУРА ПОДСИСТЕМЫ ГРАФИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «АЛГОЗИТ»	76
<i>Каледин Валерий Олегович, Ульянов Артём Дмитриевич, Герасимов Максим Дмитриевич</i>	

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ЗАПРОСОВ В VRM-СИСТЕМАХ: ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД НА БАЗЕ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРАВИЛ, ЛОКАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ И БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ	81
--	----

Булгаков Геннадий Геннадьевич

СЕКЦИЯ СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ 89

ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ РАБОТНИКОВ ИТ-ОТРАСЛИ: ОБЗОР ДАННЫХ	90
--	----

Булгаков Геннадий Геннадьевич

АСИММЕТРИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ВЕРИФИКАЦИИ: ВЛИЯНИЕ ГЕНЕРАТИВНОГО ИИ НА ПРАКТИКИ СОГЛАСОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ЗНАНИЙ В ИТ-КОМАНДАХ	99
--	----

Петров Иван Николаевич

СЕКЦИЯ ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ 109

РЕКОНСТРУКЦИЯ УТРАЧЕННЫХ ФРАГМЕНТОВ АРТЕФАКТОВ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: КУЛЬТУРНЫЙ КОНТЕКСТ КАК ОГРАНИЧЕНИЕ И РАЗГРАНИЧЕНИЕ ПОДЛИННОГО И ДОСТРОЕННОГО	110
--	-----

Ануров Александр Олегович

СЕКЦИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ 122

СОВРЕМЕННЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И СОДЕРЖАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕТЕВЫХ РОДИТЕЛЬСКИХ СООБЩЕСТВ	123
---	-----

Павлова Евгения Вячеславовна

СЕКЦИЯ МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ 130

ОТ ЗАМЫСЛА ДО МИРОВОГО ПРИЗНАНИЯ: ТРИ ЮБИЛЕЙНЫХ РУБЕЖА ЦЕНТРА ИЛИЗАРОВА	131
--	-----

Сараева Марина Григорьевна

**СЕКЦИЯ
ТЕХНИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОПТРОНА

Лукьянова Олеся Андреевна

Чертков Иван Евгеньевич

к.т.н., доцент

Коблик Илья Романович

студент

ФГБОУ ВО «Омский государственный университет
путей сообщения»

Аннотация: В данной работе рассматривается проблема диагностики неисправностей в микроэлектронной системе телемеханики МСТ-95, применяемой для управления объектами электроснабжения железных дорог. Особое внимание уделяется отказам оптронов, в частности микросхемы 4N33, которая используется для гальванической развязки в ответственных модулях системы. Для быстрой и достоверной проверки работоспособности микросхемы 4N33 в статье предложен портативный прибор, рассмотрены его принципиальная схема, компонентная база и принцип действия.

Ключевые слова: Микроэлектронная система телемеханики, микросхема, оптрон, диагностика, портативный прибор, телесигнализация, телеуправление.

DEVICE FOR TESTING OPTOCOUPLER FUNCTIONALITY

Lukyanova Olesya Andreevna

Chertkov Ivan Evgenievich

Koblik Ilya Romanovich

Abstract: This paper examines the problem of diagnosing malfunctions in the microelectronic telemechanics system MST-95, which is used to control railway power supply facilities. Special attention is paid to optocoupler failures, in particular to the 4N33 chip, which is used for galvanic isolation in critical system modules. To quickly and reliably check the functionality of the 4N33 chip, the article proposes a portable device; its circuit diagram, component base, and operating principle are examined.

Key words: Microelectronic telemechanics system, microchip, optocoupler, diagnostics, portable device, tele-alarm system, telecontrol.

Микроэлектронная система телемеханики МСТ-95 предназначена для управления объектами электроснабжения железных дорог, включая городской транспорт и промышленные предприятия [1, с. 200]. Система телемеханики состоит из аппаратуры диспетчерского пункта и контролируемых пунктов (КП). Аппаратура КП включает в себя стойки КП (для подсистемы с частотным разделением каналов связи МСТ-Ч) и шкафы КПП (для временной подсистемы МСТ-В) [2, с. 2].

Система МСТ-95 построена по модульному принципу, что облегчает ее обслуживание и ремонт. Однако, как и любая сложная техническая система, система МСТ-95 подвержена отказам отдельных компонентов. При этом ремонт модулей системы телемеханики заключается в поиске неисправных элементов на печатных платах с последующей их заменой.

Одним из наиболее часто выходящих из строя компонентов является оптрон (оптопара), обеспечивающий гальваническую развязку электрических цепей. В качестве оптронов используются микросхемы 4N33, которые применяются в модулях оптронов (МО), входящих в состав блоков ТС-КП подсистемы МСТ-Ч и ТУ-ТС КПП подсистемы МСТ-В и обеспечивающих гальваническую развязку, предотвращающую проникновение помех из кабельных линий датчиков телесигнализации при коммутации мощных силовых аппаратов [3, с. 55, 61, 84]. В одном модуле МО расположено 16 транзисторных оптронов, используемых для ввода сигналов телесигнализации (ТС) и телеизмерений (ТИ).

От исправного состояния оптронов напрямую зависит достоверность передачи информации о состоянии контролируемых объектов, что критически важно для обеспечения безопасности движения поездов. Кроме того, микросхема 4N33 часто принимает на себя токи, возникающие при коротких замыканиях, что приводит к ее преждевременному выходу из строя.

Основная сложность диагностики оптронов заключается в том, что они работают в цепи совместно с другими электронными компонентами, поэтому внешне определить, сгорел ли именно оптрон, а не другой элемент, бывает крайне затруднительно. Выход из строя оптрона может быть вызван как внутренними причинами (перегорание светодиода, пробой фототранзистора),

так и внешними (короткое замыкание в цепях датчиков), при этом поиск неисправности мультиметром не всегда дает однозначный результат, так как оптрон может быть частично работоспособен. Кроме этого, следует отметить, что существует процент брака среди новых микросхем. Поэтому создание специализированного устройства для проверки правильной работы микросхемы 4N33 является актуальной и практически значимой задачей, направленной на ускорение процесса выявления неисправных элементов и повышение качества ремонта.

Для решения указанной проблемы разработан специализированный портативный прибор, принципиальная электрическая схема которого представлена на рис. 1.

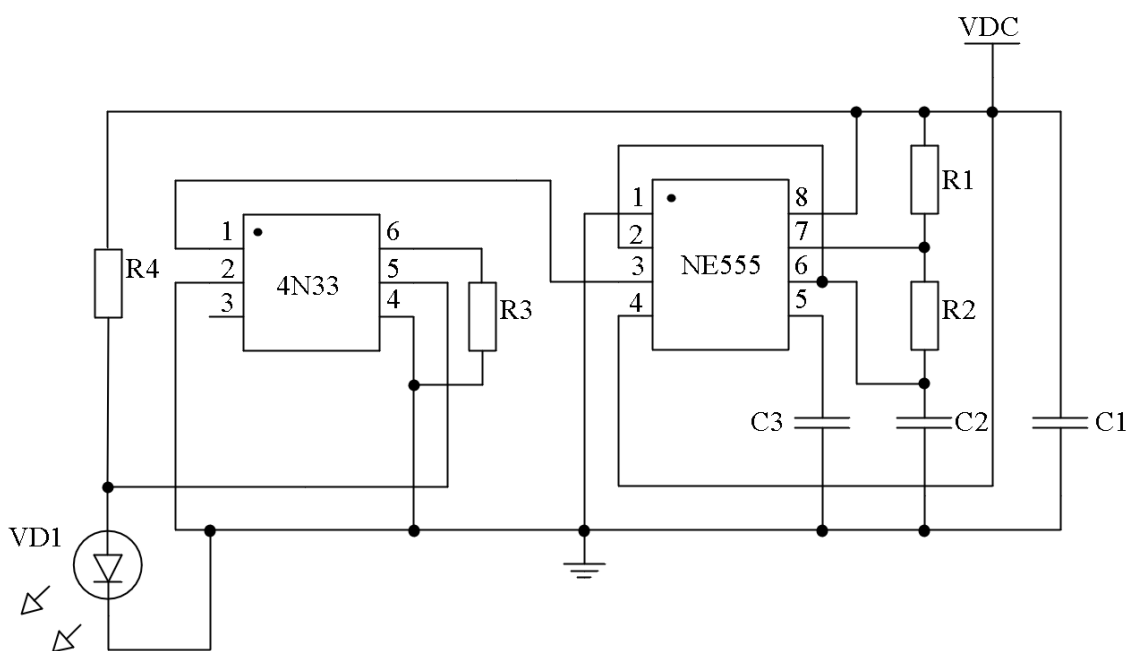


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема прибора

Прибор состоит из мультивибратора NE555, генерирующего импульсы заданной частоты; устанавливаемого в DIP-панель проверяемого оптрона 4N33, вход (светодиод) которого подключен к выходу мультивибратора; индикаторного светодиода VD1, включенного в выходную цепь оптрона (фототранзистора) и элементов задания частоты (R1, R2, C2), которые определяют частоту мигания индикаторного светодиода. Для изготовления прибора используется набор компонентов, представленных в табл. 1. Внешний вид собранного прибора показан на рис. 2.

Таблица 1

Компоненты для создания прибора для проверки оптронов

№ п/п	Наименование элемента	Параметры	Количество	Обозначение на схеме
1	Резистор	1,5 кОм	2	R1, R2
2	Резистор	470 кОм	1	R3
3	Резистор	2,4 кОм	1	R4
4	Конденсатор	100 мкФ, 25 В	2	C1, C2
5	Конденсатор	0,1 мкФ	1	C3
6	Микросхема	NE555	1	NE555
7	Светодиод	АЛ307	1	VD1
8	DIP- панель на 8 выводов	—	1	—

Прибор работает следующим образом. Микросхема NE555 работает в режиме генератора импульсов, частота которых задается резисторами R1, R2 и конденсатором C2 и вычисляется по формуле:

$$f = \frac{1440}{(R_1 + 2R_2) \cdot C_2}, \quad (1)$$

где f – частота, Гц;

R_1 и R_2 – сопротивления, кОм;

C_2 – емкость конденсатора, мкФ.

Выходной сигнал с NE555 подается на вход проверяемого оптрона 4N33. Оптод состоит из светодиода и фототранзистора. При каждом импульсе светодиод внутри оптрона загорается, что приводит к открытию его фототранзистора.



Рис. 2. Общий вид собранного устройства

Индикаторный светодиод VD1 подключен к выходу оптрона таким образом, что он горит, когда фототранзистор открыт (есть импульс), и гаснет, когда фототранзистор закрывается (нет импульса). Таким образом, об исправном состоянии оптрона свидетельствует мигание светодиода VD1.

Принцип поиска неисправностей оптрона:

- если фототранзистор оптрона пробит (всегда открыт), светодиод VD1 будет гореть постоянно;
- если светодиод внутри оптрона сгорел (обрыв), фототранзистор никогда не откроется, и светодиод VD1 гореть не будет.

Такая схема проверки является более совершенной, чем простое подключение оптрона к источнику питания. В последнем случае при пробое фототранзистора индикатор горел бы как при исправном, так и при неисправном оптроне, что не позволит выявить этот тип отказа. Разработанный прибор для проверки оптронов является эффективным инструментом для ремонта и обслуживания микроэлектронной системы телемеханики МСТ-95. Он позволяет быстро и, что самое важное, достоверно диагностировать состояние микросхемы 4N33, выявляя как пробой фототранзистора, так и перегорание светодиода.

Применение данного прибора обусловлено следующими преимуществами. Во-первых, ускорение процесса поиска неисправностей за счет применения однозначной проверки вместо замены оптрона методом перебора или длительного поиска неисправности в цепи. Во-вторых, повышается качество ремонта, поскольку исключается возможность установки в ответственный модуль заведомо неисправного или бракованного оптрона. В-третьих, снижение затрат на диагностику, что обусловлено простотой изготовления в условиях ремонтного цеха или лаборатории и применения доступной компонентной базы.

Таким образом, разработанный портативный прибор для проверки оптронов решает актуальную проблему эксплуатации системы МСТ-95, повышая надежность и ремонтпригодность ее модулей, что способствует бесперебойной работе устройств электроснабжения железных дорог.

Список литературы

1. Почаевец В.С. Автоматизированные системы управления устройствами электроснабжения железных дорог. – М.: Маршрут, 2003. – 318 с.

2. Аппаратура микроэлектронной системы телемеханики МСТ-95. Паспорт А340.00.00.000 ПС. URL: <https://mez.ru/wp-content/uploads/2020/09/a340.00.000-ps-pasport.pdf> (дата обращения 10.09.2026).

3. Микроэлектронная система телемеханики МСТ-95. Техническое описание А340.00.00.000 ТО. URL: <https://mez.ru/wp-content/uploads/2020/09/mst-95.tehnicheskoe-opisanie.pdf> (дата обращения 10.09.2026).

© Лукьянова А.А., Чертков И.Е.,
Коблик И.Р.

УДК 579.66:604.4:338.45

DOI 10.46916/24092026-5-978-5-00276-175-3

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА
В СФЕРЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: СОЗДАНИЕ
ПРОИЗВОДСТВА КОМПОНЕНТОВ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД**

Румянцева Елена Игоревна

кандидат медицинских наук,

директор Инжинирингового центра «Передовые пищевые
технологии и безопасность продуктов питания»

ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет
(РОСБИОТЕХ)»

Аннотация: В статье рассматривается создание отечественной технологической платформы производства компонентов микробиологических питательных сред как одного из направлений обеспечения технологического суверенитета и микробиологической безопасности Российской Федерации. Актуальность работы обусловлена высокой зависимостью отечественных лабораторий, производителей питательных сред, фармацевтических предприятий, организаций санитарно-эпидемиологического контроля и пищевой промышленности от импортных компонентов: дрожжевого экстракта, пептона и сердечно-мозговой вытяжки. Показано, что дефицит или нестабильность поставок базовых компонентов питательных сред создает риски для системы контроля качества пищевой продукции, воды, лекарственных средств, биотехнологических препаратов, ветеринарной продукции и объектов окружающей среды. При этом импортозамещение в данной сфере требует не только разработки лабораторных образцов, но и создания воспроизводимой технологии полного цикла, включающей сырьевую подготовку, биотехнологическую переработку, контроль качества, регламентирование процесса и переход к опытно-промышленному производству. Цель работы — обосновать научно-практическую значимость создания отечественного производства критических компонентов питательных сред на базе разработанных технологических процессов получения дрожжевого экстракта, пептона и сердечно-мозговой вытяжки. В рамках выполненных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ разработаны

технологические регламенты ТР-01, ТР-02 и ТР-03, предусматривающие получение дрожжевого экстракта, пептона и сердечно-мозговой вытяжки. Проведены лабораторные и опытно-промышленные испытания, подтверждающие воспроизводимость показателей качества и возможность масштабирования процессов. Создание пилотной производственной линии на базе вуза может стать основой для обеспечения потребностей региональных лабораторий, производителей питательных сред и предприятий биотехнологического профиля.

Ключевые слова: технологический суверенитет, микробиологическая безопасность, питательные среды, дрожжевой экстракт, пептон, сердечно-мозговая вытяжка, импортозамещение, биотехнология, опытно-промышленное производство, РОСБИОТЕХ.

ENSURING TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY IN MICROBIOLOGICAL SAFETY: ESTABLISHING DOMESTIC PRODUCTION OF CULTURE MEDIA COMPONENTS

Rumyantseva Elena Igorevna

Abstract: The article examines the development of a domestic technological platform for manufacturing microbiological culture media components as a means of strengthening the technological sovereignty and microbiological safety of the Russian Federation. The study is motivated by the high dependence of Russian laboratories, culture media manufacturers, pharmaceutical companies, sanitary and epidemiological control organizations, and the food industry on imported yeast extract, peptone, and brain heart infusion. Disruptions or instability in the supply of these basic ingredients create risks for quality control of food products, water, medicines, biotechnological products, veterinary products, and environmental samples. Import substitution in this field therefore requires not only laboratory prototypes, but also a reproducible full-cycle technology encompassing raw-material preparation, biotechnological processing, quality control, process regulation, and transition to pilot-scale production. The purpose of the study is to substantiate the scientific and practical importance of establishing domestic production of critical culture media components using the developed processes for yeast extract, peptone, and brain heart infusion. Within the completed research and development project,

process regulations TR-01, TR-02, and TR-03 were developed. Laboratory and pilot-scale tests confirmed the reproducibility of quality indicators and the scalability of the processes. A pilot production line at a university may provide a basis for supplying regional laboratories, culture media manufacturers, and biotechnology enterprises.

Key words: technological sovereignty, microbiological safety, culture media, yeast extract, peptone, brain heart infusion, import substitution, biotechnology, pilot-scale production, ROSBIOTECH.

Введение

Микробиологическая безопасность является одним из ключевых элементов санитарно-эпидемиологического благополучия, продовольственной безопасности, фармацевтического контроля и биотехнологического развития страны. Контроль микробиологической чистоты пищевой продукции, воды, лекарственных средств, медицинских изделий, ветеринарных препаратов, сырья и объектов окружающей среды невозможен без стабильного обеспечения лабораторий качественными микробиологическими питательными средами [1; 2; 3; 4; 5].

Питательные среды используются для выделения, культивирования, идентификации и количественного учета микроорганизмов. Они применяются в санитарной, клинической, ветеринарной, пищевой, фармацевтической и промышленной микробиологии. От качества питательных сред зависит достоверность результатов лабораторных исследований, возможность своевременного выявления микробиологической контаминации, безопасность продукции и эффективность производственного контроля [1; 2; 3; 4; 5].

Однако функциональные свойства питательных сред определяются не только рецептурой, но и качеством их базовых компонентов. К наиболее значимым ингредиентам относятся дрожжевой экстракт, пептон, сердечно-мозговая вытяжка, мясные и белковые гидролизаты, агар и другие компоненты, обеспечивающие рост микроорганизмов. Именно данные ингредиенты формируют питательную ценность среды, определяют ростовые свойства, прозрачность, стабильность, воспроизводимость и пригодность среды для конкретных лабораторных задач [6, с. 151–166; 7, с. 11–32; 8, с. 25–109; 9, с. 124–203; 10, с. 41–43].

В условиях санкционного давления, ограничения внешних поставок, нестабильности логистических цепочек и роста стоимости импортной продукции зависимость от зарубежных компонентов питательных сред становится фактором технологического риска. По экспертным оценкам участников рынка и разработчиков проекта, импортная зависимость по отдельным критическим компонентам может достигать 80–90%. Особенно чувствительными позициями являются дрожжевой экстракт, пептон и сердечно-мозговая вытяжка.

Такая зависимость создает угрозы для устойчивости системы микробиологического контроля. При отсутствии стабильных поставок компонентов могут возникать перебои в производстве готовых питательных сред, увеличиваться себестоимость лабораторных исследований, снижаться доступность бактериологической диагностики и возрастет зависимость от внешних производителей.

В связи с этим создание отечественного производства компонентов питательных сред следует рассматривать не только как промышленный или коммерческий проект, но и как элемент технологического суверенитета в сфере микробиологической безопасности.

Актуальность проблемы

В последние годы в Российской Федерации активно развивается повестка технологического суверенитета, связанная с необходимостью формирования собственных производственных цепочек по критически значимым направлениям. В биотехнологии и микробиологии одной из таких цепочек является производство компонентов питательных сред.

На первый взгляд питательные среды могут восприниматься как расходные лабораторные материалы. Однако в действительности они представляют собой стратегически значимый элемент инфраструктуры контроля качества. Без питательных сред невозможно обеспечить:

- санитарно-микробиологический контроль пищевой продукции;
- контроль качества питьевой воды и объектов окружающей среды;
- микробиологический контроль лекарственных средств;
- фармацевтический производственный контроль;
- ветеринарную диагностику;
- контроль стерильности;
- работу испытательных лабораторий;

- научные исследования в области микробиологии и биотехнологии;
- промышленную ферментацию и разработку биотехнологических продуктов.

Особую проблему представляет зависимость не только от готовых сред, но и от компонентов, которые используются отечественными производителями для их приготовления. Если ключевые ингредиенты закупаются за рубежом, то даже наличие российских производителей готовых сред не устраняет системный риск. При нарушении поставок компонентов производство готовых сред также становится уязвимым.

Наиболее критичными компонентами являются дрожжевой экстракт, пептон и сердечно-мозговая вытяжка. Дрожжевой экстракт является источником витаминов, аминокислот, пептидов, нуклеотидов и ростовых факторов. Пептон обеспечивает поступление доступного органического азота, аминокислот и низкомолекулярных пептидов. Сердечно-мозговая вытяжка используется в составе высокопитательных сред, применяемых для культивирования требовательных микроорганизмов [6, с. 151–166; 7, с. 11–32; 9, с. 124–203; 10, с. 41–43].

При этом данные продукты биологического происхождения трудно заменить простыми химическими аналогами. Их функциональная ценность определяется сложным составом, биологической активностью, степенью гидролиза, растворимостью, стабильностью и способностью поддерживать рост микроорганизмов [7, с. 11–32; 8, с. 25–169; 9, с. 111–203; 10, с. 41–43].

Следовательно, задача импортозамещения компонентов питательных сред требует не только закупки альтернативного сырья, но и создания полноценной отечественной технологии получения белково-пептидных продуктов с подтвержденными физико-химическими и биологическими характеристиками.

Цель и задачи работы

Целью работы является обоснование научно-практической значимости создания отечественного производства компонентов микробиологических питательных сред как элемента обеспечения технологического суверенитета и микробиологической безопасности.

Для достижения указанной цели были определены следующие задачи:

1. Обосновать роль компонентов питательных сред в системе микробиологической безопасности.

2. Охарактеризовать риски импортной зависимости по критическим компонентам питательных сред.

3. Представить технологическое решение, направленное на получение дрожжевого экстракта, пептона и сердечно-мозговой вытяжки.

4. Показать значение регламентированных технологических процессов для обеспечения воспроизводимости качества.

5. Оценить перспективы создания пилотной производственной линии на базе университета.

6. Определить ожидаемый эффект для лабораторий, производителей питательных сред и региональной системы микробиологического контроля.

Технологическое решение

В РОСБИОТЕХе в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ выполнен этап разработки технологий получения трех базовых компонентов микробиологических питательных сред:

- дрожжевого экстракта;
- пептона;
- сердечно-мозговой вытяжки.

Проект реализован при грантовой поддержке Агентства по технологическому развитию и направлен на создание отечественной технологической платформы полного цикла. В рамках проекта разработаны технологические процессы:

- **ТР-01** — получение дрожжевого экстракта;
- **ТР-02** — получение пептона;
- **ТР-03** — получение сердечно-мозговой вытяжки.

Предлагаемая технологическая платформа включает следующие основные стадии:

1. Подбор и подготовка белоксодержащего сырья.
2. Биотехнологическая переработка сырья.
3. Ферментативный, автолитический или комбинированный гидролиз.
4. Термическая обработка и инактивация ферментных систем.
5. Отделение нерастворимых фракций.
6. Фильтрация и осветление.
7. Концентрирование.
8. Сушка.
9. Стандартизация готового продукта.

10. Контроль качества.

11. Формирование паспорта качества и производственной документации.

Ключевым отличием предлагаемого подхода является переход от лабораторного получения отдельных образцов к регламентированной технологии, пригодной для масштабирования. Это означает, что для каждого процесса определяются критические параметры: температура, pH, продолжительность обработки, соотношение сырья и среды, ферментная нагрузка, режим сушки, показатели качества промежуточных и конечных продуктов [11, с. 594–608; 12, с. 153–176].

Такой подход позволяет обеспечить воспроизводимость результата и снизить зависимость качества готового продукта от вариабельности биологического сырья.

Результаты разработки и опытно-промышленной апробации

Проведенные исследования подтвердили возможность получения отечественных компонентов питательных сред с устойчивыми технологическими и функциональными характеристиками.

В рамках лабораторных исследований были получены опытные серии дрожжевого экстракта, пептона и сердечно-мозговой вытяжки. Для оценки качества использовались физико-химические, микробиологические и биологические показатели, включая аминный азот, общий азот, pH, зольность, потери при высушивании, микробиологическую чистоту и показатель прорастания [1; 2; 3; 5; 10, с. 41–43].

Для дрожжевого экстракта была установлена высокая воспроизводимость химических показателей. Коэффициент вариации по аминному азоту составил 1,23%, по общему азоту — 1,11%, по pH — 2,84%, по зольности — 1,47%. Средний показатель прорастания составил 116,80%, что свидетельствует о выраженной ростостимулирующей активности продукта.

Для пептона была показана устойчивость функциональной активности: средний показатель прорастания составил 109,60% при коэффициенте вариации 2,66%. Несмотря на вариабельность отдельных физико-химических показателей, продукт сохранял способность обеспечивать рост микроорганизмов.

Сердечно-мозговая вытяжка продемонстрировала максимальную технологическую устойчивость по химическим показателям и высокий уровень биологической активности. Средний показатель прорастания составил 117,99% при коэффициенте вариации 2,07%.

В 2024 году был осуществлен переход от лабораторного уровня к опытно-промышленному. Опытная линия обеспечила сохранение температурных режимов, поддержание pH в регламентированном диапазоне, контроль времени гидролиза, стабильность режима сушки и воспроизводимость материального баланса.

По дрожжевому экстракту опытно-промышленная серия показала содержание аминного азота 4,90%, общего азота 10,00%, pH 6,70, зольность 14,38%, показатель прорастания 121,08%. Деградации показателей при масштабировании не выявлено.

Полученные результаты позволяют рассматривать разработанные технологии как основу для создания отечественного производства компонентов питательных сред.

Производственная модель пилотной линии

Для практической реализации разработанных технологий целесообразно создание на базе университета пилотной производственной линии или опытно-промышленного участка. Такой формат является оптимальным для перехода от НИОКР к промышленному внедрению, поскольку позволяет совместить научную, образовательную, испытательную и производственную инфраструктуру.

Пилотная линия может выполнять несколько функций:

1. Выпуск опытных и малотоннажных партий компонентов питательных сред.
2. Отработка технологических режимов на разных видах сырья.
3. Подтверждение межсерийной воспроизводимости качества.
4. Проведение валидационных испытаний.
5. Подготовка нормативно-технической документации.
6. Обеспечение потребностей региональных лабораторий и производителей питательных сред.
7. Подготовка кадров для промышленной биотехнологии.
8. Трансфер технологии на промышленные площадки.

Создание такого участка на базе вуза имеет особое значение, поскольку университет обладает научными компетенциями, лабораторной базой, кадровым потенциалом и возможностью проведения исследований полного цикла: от разработки технологии до оценки качества готового продукта.

Пилотная линия может быть ориентирована на выпуск следующих видов продукции:

- сухой дрожжевой экстракт;
- сухой пептон;
- сухая или концентрированная сердечно-мозговая вытяжка;
- опытные партии комплексных компонентов;
- полуфабрикаты для производителей готовых питательных сред;
- компоненты для ферментационных сред.

В дальнейшем производственный участок может быть масштабирован до промышленного уровня либо использован как технологический центр для передачи регламентов промышленным партнерам.

Экономическая и организационная значимость

Создание отечественного производства компонентов питательных сред имеет не только научное, но и экономическое значение.

На текущем этапе значительная часть стоимости готовых питательных сред формируется за счет импортных компонентов, валютной составляющей, логистики, складских запасов и рисков нерегулярных поставок. Организация отечественного производства позволяет снизить зависимость от внешних поставщиков и сформировать более устойчивую цепочку обеспечения лабораторий.

По проектным оценкам, локализация производства компонентов может обеспечить снижение себестоимости отдельных видов готовых питательных сред на 20–30%. Конкретный экономический эффект будет зависеть от масштаба производства, стоимости сырья, выхода готового продукта, энергозатрат, степени автоматизации и структуры потребителей.

Ожидаемые эффекты от реализации проекта:

- снижение логистических рисков;
- сокращение валютной зависимости;
- повышение доступности компонентов для отечественных производителей;
- уменьшение себестоимости готовых питательных сред;
- повышение устойчивости санитарно-микробиологического контроля;
- обеспечение региональных лабораторий отечественными расходными материалами;
- создание новых компетенций в промышленной биотехнологии;

- формирование экспортного потенциала после подтверждения качества и стандартизации.

Отдельное значение имеет возможность обеспечения потребностей региональных лабораторий. Для многих лабораторий высокая стоимость импортных сред и компонентов является ограничивающим фактором. При наличии отечественной производственной базы становится возможным расширение доступности микробиологических исследований, особенно для санитарного контроля пищевой продукции, воды и объектов окружающей среды.

Значение для микробиологической безопасности

Микробиологическая безопасность требует устойчивой инфраструктуры контроля. Такая инфраструктура включает не только лаборатории и специалистов, но и стабильное обеспечение расходными материалами, питательными средами и их компонентами [1; 2; 3; 4; 5].

Если производство компонентов питательных сред локализовано внутри страны, система микробиологического контроля становится менее зависимой от внешних факторов. Это особенно важно в условиях эпидемиологических рисков, изменения логистики, внешнеторговых ограничений и необходимости быстрого реагирования на угрозы биологической безопасности.

Создание отечественной платформы производства компонентов питательных сред способствует решению нескольких задач:

1. Обеспечение непрерывности лабораторного контроля.
2. Поддержка отечественных производителей готовых питательных сред.
3. Повышение устойчивости фармацевтического и пищевого контроля.
4. Развитие научно-производственной базы промышленной микробиологии.
5. Формирование отечественных стандартов качества компонентов.
6. Снижение зависимости от зарубежных поставщиков.

Таким образом, проект имеет значение не только для отдельного производства, но и для всей системы микробиологической безопасности.

Перспективы развития проекта

Дальнейшее развитие проекта предполагает переход от опытно-промышленной апробации к формированию устойчивой производственной модели.

К числу первоочередных задач относятся:

- расширение серии опытных партий;
- подтверждение межсерийной воспроизводимости;
- разработка технических условий;
- подготовка стандартов организации;
- формирование паспортов качества;
- проведение сравнительных испытаний с импортными аналогами;
- валидация компонентов в составе готовых питательных сред;
- определение перечня приоритетных потребителей;
- расчет производственной себестоимости;
- создание пилотной линии;
- подготовка к промышленному трансферу технологии.

Особое внимание должно быть уделено сравнительным испытаниям с референтными импортными образцами. Для практического внедрения важно подтвердить не только физико-химическую сопоставимость, но и функциональные свойства готовых сред: рост микроорганизмов, морфологию колоний, прозрачность, стабильность после стерилизации, селективные и дифференцирующие характеристики [1; 2; 3; 10, с. 41–43].

Перспективной моделью является создание на базе РОСБИОТЕХа научно-производственного участка, который будет выполнять функции пилотной линии, центра технологической валидации и площадки для трансфера разработок промышленным партнерам. Такой подход позволит объединить научные исследования, подготовку кадров, опытно-промышленное производство и внедрение результатов НИОКР [11, с. 594–608; 12, с. 153–176].

Заключение

Создание отечественного производства компонентов микробиологических питательных сред является важным направлением обеспечения технологического суверенитета и микробиологической безопасности. Дрожжевой экстракт, пептон и сердечно-мозговая вытяжка относятся к критическим компонентам, от которых зависит качество питательных сред и достоверность микробиологических исследований.

Разработанные в РОСБИОТЕХе технологические процессы ТР-01, ТР-02 и ТР-03 позволяют получать три основные группы белково-пептидных компонентов питательных сред. Проведенные лабораторные и опытно-промышленные исследования подтверждают воспроизводимость показателей

качества, наличие ростостимулирующей активности и возможность масштабирования технологий.

Создание пилотной производственной линии на базе университета позволит перейти от стадии НИОКР к практическому обеспечению потребностей лабораторий, производителей питательных сред и биотехнологических предприятий. Реализация проекта может снизить логистические риски, уменьшить зависимость от импортных компонентов, сократить себестоимость готовых сред и повысить доступность микробиологических исследований.

Таким образом, проект создания отечественного производства компонентов питательных сред имеет научную, технологическую, экономическую и стратегическую значимость.

Выводы

1. Компоненты микробиологических питательных сред являются критически значимым элементом системы микробиологической безопасности.

2. Лабораторные и опытно-промышленные испытания подтвердили воспроизводимость показателей качества и возможность масштабирования процессов.

3. Создание пилотной производственной линии на базе университета может стать эффективной моделью перехода от НИОКР к промышленному внедрению.

4. Локализация производства компонентов питательных сред позволит снизить логистические риски и повысить устойчивость системы микробиологического контроля.

5. Проект имеет значение для обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации в сфере микробиологической безопасности.

Список литературы

1. ГОСТ Р 70393-2022. Изделия медицинские для диагностики in vitro. Приготовление, производство, хранение и испытания питательных сред. – Введ. 2023-10-01.

2. МУК 4.2.2316-08. Методы контроля бактериологических питательных сред: методические указания. – Утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 18.01.2008.

3. ISO 11133:2014. Microbiology of food, animal feed and water — Preparation, production, storage and performance testing of culture media. — Geneva: International Organization for Standardization, 2014. — 99 p. — With Amd 1:2018 and Amd 2:2020.
4. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – Введ. 2019-09-01.
5. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV издание [Электронный ресурс] / Министерство здравоохранения Российской Федерации. – 2023. – Режим доступа: <https://minzdrav.gov.ru/special/ministry/61/10/gosudarstvennaya-farmakopeya-rossiyskoy-federatsii-xv-izdaniya> (дата обращения: 05.08.2026).
6. Tao Z., Yuan H., Liu M. et al. Yeast Extract: Characteristics, Production, Applications and Future Perspectives // Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2023. – Vol. 33, No. 2. – P. 151–166. – DOI: 10.4014/jmb.2207.07057.
7. Pasupuleti V.K., Braun S. State of the Art Manufacturing of Protein Hydrolysates // Protein Hydrolysates in Biotechnology / ed. V.K. Pasupuleti, A.L. Demain. — Dordrecht: Springer, 2010. — P. 11–32. — DOI: 10.1007/978-1-4020-6674-0_2.
8. Adler-Nissen J. Enzymic Hydrolysis of Food Proteins. — London; New York: Elsevier Applied Science Publishers, 1986. — XXIV, 427 p. — ISBN 978-0-85334-386-8.
9. Телишевская Л.Я. Белковые гидролизаты: получение, состав, применение / под ред. А.Н. Панина. — М.: Аграрная наука, 2000. — 295 с.
10. Ковтун Ю.С., Курилова А.А., Катунина Л.С. Изучение специфической активности белковых гидролизатов в отношении тест-штаммов, применяемых для контроля качества питательных сред // Здоровье населения и среда обитания. – 2017. – № 6 (291). – С. 41–43.
11. Stanbury P.F., Whitaker A., Hall S.J. Principles of Fermentation Technology. 3rd ed. — Oxford: Butterworth-Heinemann, 2017. — 824 p. — DOI: 10.1016/C2013-0-00186-7.
12. García-Ochoa F., Gómez E. Bioreactor scale-up and oxygen transfer rate in microbial processes: An overview // Biotechnology Advances. – 2009. – Vol. 27, No. 2. – P. 153–176. – DOI: 10.1016/j.biotechadv.2008.10.006.

© Румянцева Е.И., 2026

DOI 10.46916/24092026-1-978-5-00276-175-3

ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ СОБСТВЕННОГО КОНСЕНСУСА: КРИТЕРИИ ВЫБОРА МЕЖДУ РЕАЛИЗАЦИЕЙ RAFT И ВНЕШНИМ СЕРВИСОМ КООРДИНАЦИИ

Ануров Александр Олегович

аспирант

Научный руководитель: **Ярушев Сергей Александрович**

к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»

Аннотация: В статье рассматривается проблема выбора между собственной реализацией алгоритма консенсуса (на примере Raft), использованием внешнего сервиса координации и механизмами блокировки в системах управления базами данных. Проанализированы основные статьи эксплуатационных затрат и ограничения каждого из подходов. Особое внимание уделено сценариям нарушения взаимного исключения при использовании аренды и механизму ограждающих маркеров. На основе проведенного анализа сформулированы критерии применимости, позволяющие обоснованно выбирать архитектурное решение в зависимости от места хранения состояния и требований системы.

Ключевые слова: алгоритмы консенсуса, Raft, распределенные системы, взаимное исключение, сервис координации, ограждающие маркеры, отказоустойчивость.

LIMITS OF APPLICABILITY OF CUSTOM CONSENSUS: CRITERIA FOR CHOOSING BETWEEN A RAFT IMPLEMENTATION AND AN EXTERNAL COORDINATION SERVICE

Anurov Aleksandr Olegovich

Scientific adviser: **Yarushev Sergey Aleksandrovich**

Abstract: The article addresses the problem of choosing between a custom implementation of a consensus algorithm (using Raft as an example), the use of an external coordination service, and locking mechanisms in database management

systems. The main operational costs and limitations of each approach are analyzed. Special attention is paid to scenarios of mutual exclusion violation when using leases and the fencing token mechanism. Based on the analysis, applicability criteria are formulated, allowing for a justified choice of architectural solution depending on the state storage location and system requirements.

Key words: consensus algorithms, Raft, distributed systems, mutual exclusion, coordination service, fencing tokens, fault tolerance.

Введение

Отказоустойчивая координация долгое время оставалась областью специализированных систем: реализация алгоритма консенсуса требовала квалификации и времени, которыми прикладная команда не располагала. Появление алгоритма Raft, спроектированного с расчётом на понятность [1], и зрелых открытых библиотек на его основе [2] изменило положение. Встраивание реплицируемого журнала в прикладной сервис сводится к подключению зависимости и реализации нескольких интерфейсов. В результате собственный консенсус всё чаще выбирается по умолчанию, без сопоставления с альтернативами.

Такой выбор скрывает два обстоятельства. Первое: библиотека реализует алгоритм, но не эксплуатацию. Опыт промышленного внедрения показывает, что значительная часть трудозатрат приходится на задачи, лежащие за пределами протокола [3]. Второе: многие практические задачи координации относятся не к репликации состояния, а к взаимному исключению, то есть к выбору единственного исполнителя. Для этого класса существуют внешние сервисы координации, предоставляющие аренды и сессии [4–6]. Однако и этот путь имеет предел. Аренда, выданная внешним сервисом, сама по себе не защищает ресурс от записи со стороны исполнителя, утратившего право на неё [7, 8].

В публикациях оба подхода рассматриваются, как правило, порознь. Работы по алгоритмам консенсуса не обсуждают границу, за которой встраивание избыточно. Документация сервисов координации не формулирует условий, при которых аренды недостаточно.

Цель статьи — сформулировать критерии выбора между собственной реализацией консенсуса, внешним сервисом координации и блокировкой в том хранилище, где размещены защищаемые данные. В работе разграничиваются

два класса задач и перечисляются статьи затрат собственной реализации. Рассматриваются выбор лидера на основе аренды, сценарий нарушения взаимного исключения и механизм ограждающих маркеров. Критерии представлены в виде итоговой таблицы.

Раздел 1. Два класса задач и цена собственной реализации

1.1. Репликация журнала и взаимное исключение

Raft решает задачу репликации журнала команд. Выбранный на срок полномочий лидер принимает команды и рассылает их остальным узлам. Команда, сохранённая на большинстве узлов, считается зафиксированной и применяется к детерминированному автомату каждого узла в едином порядке [1]. Итогом служит состояние, которое переживает отказ меньшинства узлов и не расходится между репликами.

За словом «координация» на практике стоят два класса задач. В первом реплицируется само состояние сервиса: конфигурация, метаданные, реестр ключей. Во втором требуется взаимное исключение: из нескольких экземпляров работу в каждый момент выполняет один, а её результат записывается во внешнее хранилище. Выборы лидера внутри Raft внешне напоминают второй класс, и это сходство порождает типичную ошибку: консенсус встраивается ради выборов, а журнал остаётся пустым.

Классы разграничивает проверочный вопрос: где живёт состояние, изменяемое лидером. Если оно размещено в памяти и на дисках узлов самого сервиса, задача относится к первому классу. Если оно размещено в СУБД или объектном хранилище, задача относится ко второму классу: журнал консенсуса содержал бы единственный факт — идентификатор текущего лидера.

1.2. Библиотека реализует алгоритм, но не эксплуатацию

Библиотека консенсуса предоставляет выборы, репликацию журнала и интерфейсы автомата, хранилища и транспорта [2]. За её пределами остаются шесть статей затрат.

Снимки и усечение журнала: формат снимка, момент создания и доставка отстающему узлу определяются прикладным кодом [9]. Изменение состава участников: безопасный переход задан алгоритмом [1, 9], но порядок замены узла и защита от ошибки оператора, ведущей к потере кворума, остаются за командой. Восстановление после потери кворума протоколом не предусмотрено и выполняется вручную с риском утраты зафиксированных записей. Совместимость формата журнала: при поэтапном обновлении узлы

разных версий применяют одни и те же записи и обязаны приходить к одному состоянию. Требования к диску: корректность опирается на синхронную запись, а повреждение журнала на носителе требует обработки, согласованной с протоколом [10]. Тестирование под отказами: промышленная реализация Рахос потребовала отдельной инфраструктуры внесения сбоя [3], а независимый анализ находит ошибки и в зрелых системах [8].

Внешний сервис координации перечисленные затраты не устраняет, а переносит на свою эксплуатацию, где они разделяются между всеми потребителями. Блокировка в хранилище данных новых статей не создаёт: используется уже эксплуатируемая СУБД. Взамен оба варианта требуют проверки сценариев утраты аренды, рассматриваемых во втором разделе. Распределение затрат приведено ниже (табл. 1). Последняя строка отражает встречную статью: внешний сервис добавляет зависимость в развёртывании.

Таблица 1

Статьи затрат по вариантам реализации

Статья затрат	Собственный консенсус	Внешний сервис координации	Блокировка в хранилище данных
Снимки и усечение журнала	команда сервиса	эксплуатация сервиса координации	не возникает
Изменение состава участников	команда сервиса	эксплуатация сервиса координации	не возникает
Восстановление после потери кворума	собственная процедура	штатная процедура сервиса	штатное восстановление СУБД
Совместимость формата журнала	при каждом изменении набора команд	не возникает	не возникает
Требования к диску	каждый узел сервиса	узлы сервиса координации	узлы СУБД
Тестирование под отказами	протокол, автомат, восстановление	сценарии утраты аренды	сценарии утраты аренды
Новая зависимость в развёртывании	нет	отдельный кластер	нет

Раздел 2. Выбор лидера на основе аренды и его предел

2.1. Механизм аренды

Аренда представляет собой право с ограниченным сроком действия. Держатель обязан продлевать его. По истечении срока право передаётся другому участнику без обращения к прежнему держателю [11]. В сервисах координации аренда привязана к сессии или ключу. В Chubby это блокировка, удерживаемая сессией с периодическим подтверждением [4]. В ZooKeeper это эфемерный узел, удаляемый при завершении сессии [5]. В etcd это ключ, связанный с арендой, и надстроенные над ним примитивы блокировки и выборов [6]. В Consul это сессия, захватывающая ключ [12].

Общая схема одинакова: кандидат захватывает запись, периодически продлевает её, остальные кандидаты ожидают истечения срока. Сервис координации собственным консенсусом гарантирует, что у записи в каждый момент один держатель.

2.2. Сценарий «аренда истекла, запись продолжается»

Гарантия сервиса относится к его собственному состоянию, а не к действиям держателя. Между проверкой аренды и записью в защищаемый ресурс лежит интервал, которым держатель не управляет. Интервал возникает по четырём причинам [7, 13]:

- Пауза процесса: сборка мусора, вытеснение планировщиком или подкачка.
- Заморозка виртуальной машины при миграции или создании снимка.
- Дрейф или скачок часов: держатель отсчитывает срок по локальным часам, расходящимся с часами сервиса.
- Запрос уже в пути: запись отправлена при действующей аренде, а доставлена после её истечения.

Во всех четырёх случаях исполнитель А считает себя лидером, сервис уже выдал аренду исполнителю В, и в ресурс пишут оба.

Проверка на стороне клиента окно не закрывает. Сколь бы близко к записи она ни выполнялась, между проверкой и вступлением записи в силу остаются пауза и время доставки. Сокращение интервала, увеличение срока аренды и запас на дрейф часов [11] снижают вероятность нарушения, но не

исключают его, и оплачиваются временем переключения при отказе. Ограничение признаётся самими поставщиками. Описание библиотеки выборов лидера Kubernetes прямо указывает на отсутствие гарантии единственного лидера [14]. Независимый анализ etcd заключает, что блокировки сервиса сами по себе не обеспечивают взаимного исключения для внешнего ресурса [8].

2.3. Ограждающие маркеры

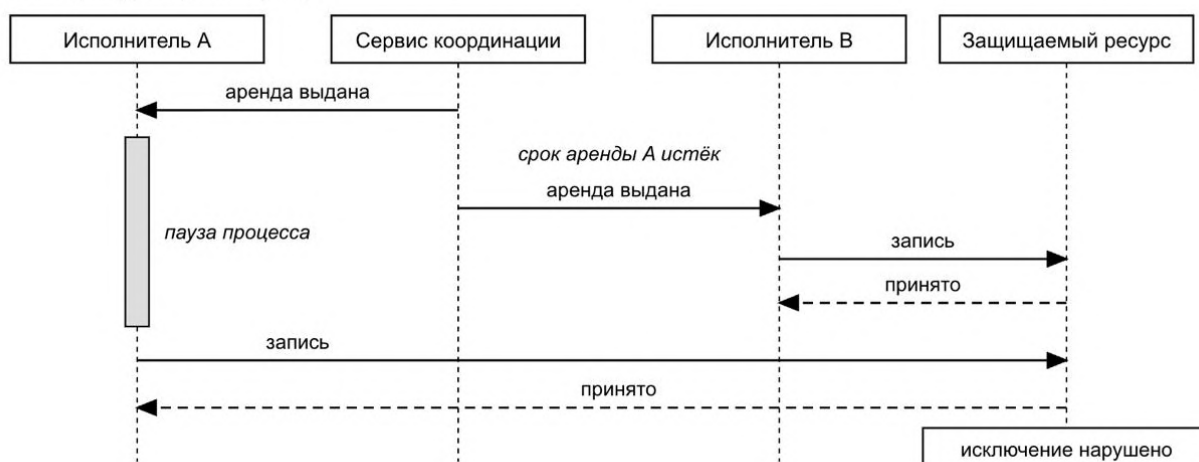
Ограждающий маркер — монотонно возрастающий номер, выдаваемый вместе с арендой. Держатель прикладывает его к каждой записи. Ресурс хранит наибольший из встреченных номеров и отклоняет запись с меньшим [7, 13]. В Chubby эту роль выполняет sequencer [4], в ZooKeeper — идентификатор транзакции или версия узла [7], в etcd — ревизия ключа блокировки [8]. Оба варианта сценария показаны ниже (рис. 1).

Из механизма следует, что корректность обеспечивается не сервисом координации, а защищаемым ресурсом. Ресурс обязан участвовать в протоколе: хранить номер и сравнивать его атомарно с записью. Возможны три случая:

- СУБД: маркер хранится в строке таблицы, полезная запись и условное обновление маркера выполняются одной транзакцией. Обновление устаревшего держателя не затрагивает ни одной строки, и транзакция откатывается [15].
- Объектное хранилище: используется условная запись с предусловием на версию объекта [16]. Ограждение достижимо, но условие проверяется в пределах одного объекта.
- Внешний интерфейс без условной записи: платёжный шлюз, рассылка сообщений, сторонний программный интерфейс. Ресурс не способен отклонить устаревший запрос, поэтому корректность недостижима и снижается только вероятность нарушения. Ключ идемпотентности устраняет повторы одного исполнителя, но не записи двух лидеров.

Первый случай подсказывает третий вариант решения. Если ограждать способна сама СУБД, то и аренду допустимо разместить в ней. Тогда захват аренды, проверка маркера и полезная запись охватываются одной транзакцией.

а) без ограждающего маркера



б) с ограждающим маркером

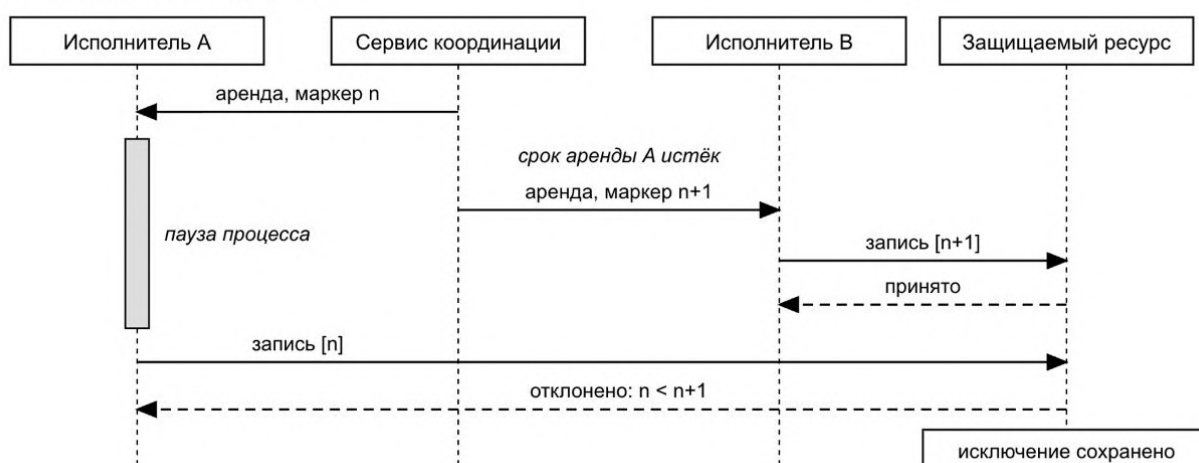


Рис. 1. Нарушение взаимного исключения при паузе держателя аренды:
а) без ограждающего маркера; б) с ограждающим маркером

Раздел 3. Критерии выбора

3.1.Области, где внешнего сервиса достаточно

Одиночный обработчик очереди, процесс рассылки накопленных событий, планировщик периодических заданий и контроллер миграций схемы решают задачу второго класса: из нескольких экземпляров работает один. Общее свойство перечисленных областей — результат работы фиксируется в СУБД, то есть в ресурсе, способном ограждать. Внешнего сервиса координации с ограждающим маркером здесь достаточно. Собственный консенсус избыточен: журнал не содержал бы ничего, кроме факта лидерства.

Для тех же областей применим и третий вариант. Строка аренды с условным обновлением либо блокировка уровня транзакции [15] помещают захват права и полезную запись в одну транзакцию, и окно из раздела 2.2 не возникает. Внешний сервис сохраняет преимущество в двух случаях. В первом он уже входит в платформу, как объект Lease в Kubernetes [17]. Во втором защищаемых ресурсов несколько и они разнородны.

3.2. Когда собственный консенсус оправдан

Собственная реализация оправдана при одновременном выполнении первого из приведённых ниже условий и хотя бы одного из двух остальных: первое условие необходимо, второе и третье взаимозаменяемы.

Первое условие: реплицируемое состояние и есть продукт сервиса. Примеры — хранилище конфигурации, реестр ключей, каталог метаданных. На проверочный вопрос раздела 1.1 даётся ответ «в узлах сервиса».

Второе условие: внешняя зависимость недопустима. Сервис поставляется одним исполняемым файлом либо лежит в основании остальных, и зависимость от сервиса координации образовала бы цикл при запуске. По этой причине сами сервисы координации встраивают консенсус [6, 12].

Третье условие: на критическом пути требуются локальные чтения согласованного состояния. Встроенная реплика отвечает из памяти, тогда как обращение к внешнему сервису добавляет сетевой переход и его отказ. Условие имеет оговорку. Локальное чтение отстаёт от лидера на ограниченную величину, а линейризуемое чтение требует подтверждения лидерства [9]. Поэтому условие применимо к версионизируемому состоянию.

Если выполняется только первое условие, состояние малого объёма допустимо хранить во внешнем сервисе или СУБД. Если первое условие не выполняется, остальные два выбора не меняют.

3.3. Сводная таблица критериев

Критерии представлены ниже (табл. 2). Первые две строки определяют класс задачи и тем самым отсекают неприменимые варианты. Третья строка показывает источник корректности записи. Четвёртая строка одинакова во всех столбцах: ни один вариант не защищает интерфейс без условной записи. Это относится и к собственному консенсусу. Лидер Raft, обращающийся к такому интерфейсу, подвержен сценарию раздела 2.2 в той же мере, что и держатель внешней аренды. Остальные строки отражают цену варианта и типовые области применения.

Таблица 2

Критерии выбора способа координации

Критерий	Собственный консенсус	Внешний сервис координации	Блокировка в хранилище данных
Где живёт состояние	в узлах сервиса	во внешних ресурсах	в той же СУБД
Класс задачи	репликация состояния	взаимное исключение	взаимное исключение
Источник корректности записи	порядок журнала	маркер и участие ресурса	транзакция СУБД
Интерфейс без условной записи	не защищён	не защищён	не защищён
Несколько разнородных ресурсов	неприменимо	подходит	не подходит
Новая зависимость	нет	есть, если сервиса нет в платформе	нет
Эксплуатационные затраты (табл. 1)	на команде сервиса	разделяются между потребителями	не возникают
Чтения на критическом пути	локальные	сетевой запрос	запрос к СУБД
Типовые применения	хранилище конфигурации, реестр ключей, сервис координации	контроллеры оркестратора, планировщики над разнородными ресурсами	одиночные обработчики, рассылка событий, миграции

Выводы

Доступность готовых библиотек сделала встраивание консенсуса технически простым, но не изменила границ его применимости. Выбор определяется не наличием библиотеки, а размещением состояния. Если состояние принадлежит узлам сервиса, решается задача репликации. Если оно находится во внешнем ресурсе, решается задача взаимного исключения, и журнал консенсуса для неё избыточен.

Аренда внешнего сервиса координации гарантирует единственность держателя только в пределах самого сервиса. Корректность записи в защищаемый ресурс обеспечивается ограждающим маркером и потому требует участия ресурса в протоколе. Интерфейс без условной записи не защищён ни одним из рассмотренных вариантов, включая собственный консенсус. Для задач, результат которых фиксируется в СУБД, наиболее простым корректным решением оказывается блокировка в той же СУБД, где ограждение достигается транзакцией.

Собственная реализация оправдана, когда реплицируемое состояние составляет продукт сервиса и при этом недопустима внешняя зависимость либо требуются локальные чтения. Сводная таблица критериев применима как проверочный перечень на этапе проектирования. Направление дальнейшей работы — количественная оценка эксплуатационных затрат по вариантам.

Список литературы

1. Ongaro D., Ousterhout J. In Search of an Understandable Consensus Algorithm // Proceedings of the 2014 USENIX Annual Technical Conference (USENIX ATC '14). Philadelphia : USENIX Association, 2014. P. 305–319. URL: <https://www.usenix.org/conference/atc14/technical-sessions/presentation/ongaro> (accessed 15.09.2026).
2. hashicorp/raft: Golang implementation of the Raft consensus protocol // GitHub. URL: <https://github.com/hashicorp/raft> (accessed 15.09.2026).
3. Chandra T.D., Griesemer R., Redstone J. Paxos Made Live: An Engineering Perspective // Proceedings of the 26th Annual ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC '07). New York : ACM, 2007. P. 398–407. DOI: 10.1145/1281100.1281103.
4. Burrows M. The Chubby Lock Service for Loosely-Coupled Distributed Systems // Proceedings of the 7th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI '06). Seattle : USENIX Association, 2006. P. 335–350. URL: <https://www.usenix.org/conference/osdi-06/presentation/chubby-lock-service-loosely-coupled-distributed-systems> (accessed 16.09.2026).
5. ZooKeeper: Wait-free Coordination for Internet-scale Systems / P. Hunt, M. Konar, F. P. Junqueira, B. Reed // Proceedings of the 2010 USENIX Annual Technical Conference (USENIX ATC '10). Boston : USENIX Association, 2010. URL: <https://www.usenix.org/conference/usenix-atc-10/zookeeper-wait-free-coordination-internet-scale-systems> (accessed 16.09.2026).
6. etcd Documentation. Version 3.5 // etcd. URL: <https://etcd.io/docs/v3.5/> (accessed 16.09.2026).
7. Kleppmann M. How to do distributed locking. 2016. URL: <https://martin.kleppmann.com/2016/02/08/how-to-do-distributed-locking.html> (accessed 16.09.2026).
8. Kingsbury K. Jepsen: etcd 3.4.3. 2020. URL: <https://jepsen.io/analyses/etcd-3.4.3> (accessed 17.09.2026).

9. Ongaro D. Consensus: Bridging Theory and Practice : PhD dissertation. Stanford : Stanford University, 2014. URL: <https://purl.stanford.edu/qr033xr6097> (accessed 17.09.2026).
10. Protocol-Aware Recovery for Consensus-Based Storage / R. Alagappan, A. Ganesan, E. Lee et al. // Proceedings of the 16th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST '18). Oakland : USENIX Association, 2018. P. 15–32. URL: <https://www.usenix.org/conference/fast18/presentation/alagappan> (accessed 18.09.2026).
11. Gray C. G., Cheriton D. R. Leases: An Efficient Fault-Tolerant Mechanism for Distributed File Cache Consistency // Proceedings of the 12th ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP '89). New York : ACM, 1989. P. 202–210. DOI: 10.1145/74850.74870.
12. Sessions and distributed locks overview // Consul Documentation. HashiCorp Developer. URL: <https://developer.hashicorp.com/consul/docs/automate/session> (accessed 18.09.2026).
13. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems. Sebastopol : O'Reilly Media, 2017. 616 p.
14. leaderelection package: [k8s.io/client-go/tools/leaderelection](https://pkg.go.dev/k8s.io/client-go/tools/leaderelection) // Go Packages. URL: <https://pkg.go.dev/k8s.io/client-go/tools/leaderelection> (accessed 19.09.2026).
15. PostgreSQL 18 Documentation. Chapter 13. Concurrency Control // PostgreSQL. URL: <https://www.postgresql.org/docs/18/mvcc.html> (accessed 21.09.2026).
16. Add preconditions to S3 operations with conditional requests // Amazon Simple Storage Service User Guide. URL: <https://docs.aws.amazon.com/AmazonS3/latest/userguide/conditional-requests.html> (accessed 21.09.2026).
17. Leases // Kubernetes Documentation. URL: <https://kubernetes.io/docs/concepts/architecture/leases/> (accessed 21.09.2026).

© Ануров А.О., 2026

DOI 10.46916/24092026-3-978-5-00276-175-3

**КРОССПЛАТФОРМЕННАЯ МОБИЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА
В УСЛОВИЯХ АГЕНТНОЙ ГЕНЕРАЦИИ КОДА:
ПЕРЕСМОТР ГРАНИЦЫ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ**

Петров Иван Николаевич

аспирант

Научный руководитель: **Яблочников Сергей Леонтьевич**

д.т.н., профессор

ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»

Аннотация: В статье рассматривается влияние агентной генерации кода на выбор между нативной и кроссплатформенной разработкой мобильных приложений. Проанализирована структура затрат и показано, что удешевление написания кода при сохранении затрат на его проверку сохраняет преимущество единой кодовой базы. Сформулированы обновленные критерии выбора архитектурного подхода с учетом доли платформенно-специфичной функциональности, сложности интеграционного моста и требований к верификации.

Ключевые слова: кроссплатформенная разработка, нативная разработка, мобильные приложения, генерация кода, искусственный интеллект, архитектура программного обеспечения.

**CROSS-PLATFORM MOBILE DEVELOPMENT
IN THE CONTEXT OF AGENT CODE GENERATION:
REVISITING THE BREAK-EVEN BOUNDARY**

Petrov Ivan Nikolaevich

Scientific adviser: **Yablochnikov Sergey Leontievich**

Abstract: The article examines the impact of agent code generation on the choice between native and cross-platform mobile app development. The cost structure is analyzed, and it is shown that the reduction in coding costs while maintaining verification costs preserves the advantage of a single codebase. Updated criteria for choosing an architectural approach are formulated, taking into account the

share of platform-specific functionality, the complexity of the integration bridge, and verification requirements.

Key words: cross-platform development, native development, mobile applications, code generation, artificial intelligence, software architecture.

Введение

Выбор между нативной и кроссплатформенной разработкой — одно из первых решений при создании мобильного приложения для iOS и Android. При нативном подходе для каждой платформы ведётся отдельная кодовая база на её языке. При кроссплатформенном основная часть кода пишется один раз и работает на обеих платформах [1]. Этот выбор хорошо изучен [2, 3], и его традиционные критерии — доля платформенно-специфичной функциональности, требования к отзывчивости интерфейса, размер команды и предполагаемый срок жизни продукта — сохраняют силу. Однако к ним добавляется новый фактор — агентная генерация кода.

При агентной генерации модель получает задачу на естественном языке, сама изменяет код в нескольких файлах, запускает сборку и тесты и повторяет цикл, пока не получит результат. Уже подсказки в редакторе, появившиеся раньше агентов, заметно ускоряли написание: в контролируемом эксперименте участники с ИИ-ассистентом реализовали HTTP-сервер на JavaScript на 55,8% быстрее контрольной группы [4]. Отсюда напрашивается вывод, что главный довод в пользу кроссплатформенного подхода — экономия на второй кодовой базе — теряет силу, и нативная разработка снова становится выгодной.

В статье обосновывается, что в общем виде этот вывод неверен. Генерация удешевляет написание кода значительно сильнее, чем его проверку — ревью, тестирование и приёмку изменений. Причина в том, что, когда автоматических средств проверки недостаточно, последним источником суждения о правильном поведении программы остаётся человек [5]. Затраты на проверку растут с числом поддерживаемых кодовых баз. Поэтому, когда основные затраты смещаются от написания к проверке, преимущество единой кодовой базы сохраняется. Если же промежуточный слой между общим кодом и API платформы в основном шаблонный, это преимущество растёт. На такое смещение указывают и отраслевые данные: по отчёту DORA за 2025 год, использование ИИ связано с более высокой скоростью поставки изменений, но и с большей нестабильностью — чаще случаются неудачные изменения и

доработки [6]. Обратный случай — высокая доля платформенно-специфичной функциональности: тогда кроссплатформенное решение вырождается в две нативные реализации с промежуточным слоем между ними.

Границей рентабельности в работе называется доля платформенно-специфичной функциональности, при которой суммарные затраты на оба подхода равны. Цель работы — определить, как агентная генерация кода смещает эту границу, и предложить обновлённый набор критериев выбора. Задачи соответствуют трём разделам статьи:

1. разложить затраты обоих подходов по составляющим и показать, от чего зависит граница;
2. оценить, как генерация меняет каждую составляющую, и в каких областях её выигрыш меньше — в фоновом выполнении, работе с периферией и системных виджетах;
3. сформулировать критерии выбора с учётом промежуточного варианта — общей логики с нативным интерфейсом [7].

Раздел 1. Традиционные критерии и граница рентабельности

Кроссплатформенные решения различаются тем, как общий код попадает на платформу. Выделяют гибридный подход со встроенным браузерным компонентом, интерпретируемый подход, кросс-компиляцию, прогрессивные веб-приложения и модельно-ориентированный подход [1]. Есть и промежуточный вариант: общая логика при нативном интерфейсе на каждой платформе, как в проектах на Kotlin Multiplatform [7]. В кроссплатформенных решениях обращение к API операционной системы обычно идёт через промежуточный слой, который далее называется мостом. Во Flutter, например, общий код отправляет сообщение по каналу, а нативная часть приложения вызывает API платформы на её языке и возвращает ответ [8].

Выбор между подходами описывают через пользовательский опыт, доступ к функциям устройства, производительность и безопасность [2] или через взвешенные наборы критериев [3]. Для инженерного решения их удобно свести к четырём.

1. Доля платформенно-специфичной функциональности: чем она больше, тем больше кода всё равно пишется нативно.
2. Требования к отзывчивости интерфейса. Мост добавляет накладные расходы, и производительность может снижаться, хотя по отдельным метрикам некоторые фреймворки не уступают нативу [9].

3. Размер команды. Две нативные кодовые базы требуют специальных знаний по каждой платформе [2], поэтому небольшой команде обычно выгоднее одна база.

4. Срок жизни продукта. Чем он дольше, тем больше накопленные затраты на сопровождение двух баз, но тем выше и риск, связанный с самим фреймворком. Так, поддержка Xamarin прекращена в мае 2024 года, и проекты на нём нужно переносить на .NET MAUI [10].

Все четыре критерия молча предполагают, что написание кода — одна из главных статей затрат. Агентная генерация меняет структуру затрат, поэтому их нужно разложить по составляющим.

Функциональность приложения делится на две части. Платформенно-независимая часть — бизнес-логика, работа с данными и сетью, основная часть интерфейса — не требует обращения к API платформы. Платформенно-специфичная часть — фоновое выполнение, работа с периферией, системные виджеты, уведомления — требует такого обращения. Именно по доле второй части продукт оказывается по ту или иную сторону границы рентабельности. Затраты на каждую часть складываются из написания и проверки. Проверка, в свою очередь, складывается из двух частей: ревью и тестов логики, объём которых растёт с числом кодовых баз, и прогона на устройствах, объём которого зависит только от числа платформ. Составляющие затрат представлены ниже (табл. 1).

Таблица 1

**Составляющие затрат при нативной
и кроссплатформенной разработке**

Составляющая	Нативная разработка	Кроссплатформенная разработка	Влияние агентной генерации
Платформенно-независимая функциональность: написание, ревью, тесты логики	дважды	один раз	написание сильно дешевле, проверка — слабо
Платформенно-специфичная функциональность	дважды	дважды	помогает меньше, но одинаково в обоих подходах
Мост к платформенной функции	—	на каждую функцию	шаблонная часть дешевле, работа с жизненным циклом и потоками — почти нет

Продолжение таблицы 1

Постоянные издержки фреймворка: ошибки плагинов, отставание от новых версий ОС	—	есть	почти не меняются
Одинаковое поведение независимой части на двух платформах	поддерживается отдельно	обеспечивается единой кодовой базой	дорожает: реализации расходятся
Прогон на устройствах	на каждой платформе	на каждой платформе	одинаково в обоих подходах

Раздел 2. Что меняет агентная генерация

Агентная генерация меняет составляющие затрат неравномерно. Написание кода дешевле заметно: даже подсказки в редакторе позволили выполнить задачу на 55,8% быстрее [4]. С поставкой картина другая. По опросу DORA 2025 года, рост использования ИИ связан с более высокой скоростью поставки, но и с большей нестабильностью: чаще случаются неудачные изменения и доработки [6].

Трудно даже измерить общий эффект. В рандомизированном эксперименте METR начала 2025 года опытные разработчики с ИИ решали задачи на 19% дольше, хотя после эксперимента считали, что ускорились примерно на 20% [11]. В 2026 году авторы признали, что новый эксперимент даёт ненадёжную оценку: многие разработчики отказывались работать без ИИ. При этом, по их мнению, ускорение к началу 2026 года, вероятно, выросло [12]. Надёжно из этих данных следует одно: ощущаемое ускорение написания не равно ускорению поставки проверенного кода.

Проверка дешевле слабее по причине, которая не зависит от качества конкретной модели. Чтобы проверить программу, нужен независимый источник знания о том, как она должна себя вести. Когда формальных спецификаций и автоматических средств недостаточно, таким источником остаётся человек [5]. Тесты, которые агент пишет вместе с кодом, опираются на то же понимание задачи, что и сам код, и ошибку в этом понимании не обнаружат. Генерация ускоряет рутинную часть проверки — прогон тестов, поиск очевидных дефектов, — но не снимает необходимости читать код и принимать изменения. Для двух кодовых баз эта работа выполняется дважды.

По строкам табл. 1 это выглядит так. Затраты на платформенно-независимую функциональность снижаются в основном за счёт написания, поэтому доля проверки в них растёт.

Мост неоднороден. Его шаблонная часть — объявление интерфейса на стороне общего кода, описание канала, преобразование данных — хорошо поддаётся генерации; во Flutter её частично генерирует даже инструмент без ИИ — пакет Pigeon [8]. Часть моста, связанная с жизненным циклом приложения, потоками и обработкой ошибок, дешевет мало: её правильность проявляется только при выполнении.

Постоянные издержки фреймворка — поиск причин ошибок в плагинах, ожидание поддержки новых версий операционных систем — генерация почти не сокращает.

Поддержка одинакового поведения двух реализаций, напротив, дорожает, потому что генерация недетерминирована. В исследовании на 829 задачах доля задач, где повторные запросы не дали ни одного совпадающего результата тестов, составила от 48 до 76%; даже нулевая температура не гарантирует одинаковых ответов [13]. Две реализации, порождённые по одному описанию, расходятся в граничных случаях, и эти расхождения приходится искать отдельно.

Сдвиг границы складывается из четырёх влияний:

- шаблонный мост дешевет быстрее реализации независимой функции, в которой велика доля проверки, — граница поднимается;
- мост, в котором преобладает работа с жизненным циклом и потоками, дешевет медленнее — граница опускается;
- постоянные издержки почти не меняются, а экономия на независимой части сокращается, поэтому их относительный вес растёт — граница опускается;
- удорожание одинакового поведения поднимает границу.

Вывод о возвращении выгодности натива верен, таким образом, только там, где мост сложный, а постоянные издержки велики, — прежде всего, в платформенных областях.

В фоновом выполнении, работе с периферией и системных виджетах генерация помогает меньше. Само по себе это не довод ни за один подход: платформенная часть реализуется дважды в обоих случаях. Слабость генерации действует здесь двумя путями.

1. Через мост. В этих областях он наименее шаблонный, а интерфейс виджета главного экрана средствами Flutter вообще нельзя отрисовать: его делают на Jetpack Compose или SwiftUI [14].

2. Через компетенцию. Знания по каждой платформе специальные [2], и в кроссплатформенной команде нативный код генерируется на языке, который команда проверяет хуже всего. Генерация снимает барьер написания такого кода, но не барьер его проверки, и эта доплата растёт вместе с долей платформенной функциональности.

Слабость генерации в этих областях лучше объяснять наблюдаемыми признаками, а не предполагаемым объёмом обучающих данных. Первый признак — изменчивость API. В Android запуск служб фоновыми приложениями ограничили ещё в версии 8.0 [15]. Требования к службам переднего плана менялись затем в том числе в версиях 9, 10, 11, 12, 15 и 16; в последней, например, фоновые задачи, запущенные из такой службы, обязаны укладываться в квоты времени выполнения [16]. Модели склонны использовать устаревшие API быстро меняющихся библиотек [17] и хуже справляются с узкоспециализированными библиотеками [18]. Второй признак — правильность такого кода не видна из него самого: момент запуска фоновой задачи выбирает система [19]. Поэтому проверять его приходится на устройствах и в разных условиях.

При высокой доле платформенно-специфичной функциональности, особенно в этих областях, кроссплатформенное решение вырождается в две нативные реализации с промежуточным слоем между ними. Сложный мост и доплата за компетенцию опускают границу, и вывод о выгодности натива здесь отчасти верен. Альтернативой становится промежуточный вариант, в котором общей остаётся только логика.

Раздел 3. Критерии выбора

Выводы разделов 1 и 2 удобно свести к выбору не из двух, а из трёх вариантов: нативная разработка, общая логика с нативным интерфейсом [7] и полная кроссплатформенная разработка. Промежуточный вариант прямо следует из асимметрии затрат. Раз генерация удешевляет написание сильнее, чем проверку, в общий код выгодно выносить то, что дороже всего проверять: бизнес-логику, правила проверки данных, синхронизацию. Дублировать можно то, что проверяется в основном визуально и должно выглядеть привычно для пользователя платформы, — прежде всего интерфейс. Критерии выбора между тремя вариантами (табл. 2).

Таблица 2

Критерии выбора подхода с учётом агентной генерации

Критерий	Как оценить	Куда склоняет
Доля платформенно-специфичной функциональности	Доля функций или объёма кода, обращающихся к API платформы	Низкая — к кроссплатформе; высокая — к нативу или общей логике
Состав моста	Какая часть обращений к платформе сводится к типовым вызовам, а какая связана с жизненным циклом и потоками	Шаблонный — к кроссплатформе; сложный — к нативу или общей логике
Доля трудных областей	Число функций в фоновом выполнении, работе с периферией, системных виджетах	Высокая — к нативу или общей логике
Требования к одинаковому поведению	Цена расхождения между платформами, например в расчётах или платежах	Высокие — к общей логике или кроссплатформе
Где дороже всего проверка	Какие части требуют больше всего ревью и тестов	Логiku и данные — в общий код; интерфейс можно дублировать
Требования к отзывчивости интерфейса	Сложная анимация, частые перерисовки, требования к задержке	Высокие — к нативу или общей логике
Компетенция для проверки	Есть ли в команде люди, способные проверить код для каждой платформы	Есть по обеим платформам — любой вариант; только по общему стеку — к кроссплатформе при малой доле платформенной части
Срок жизни продукта	Ожидаемый срок и устойчивость фреймворка [10]	Долгий — к единой логике при надёжном фреймворке

Критерии неравноценны. Первые два задают положение продукта относительно границы. Доля платформенно-специфичной функциональности показывает, где продукт находится, а состав моста — куда при генерации смещается сама граница. Остальные критерии уточняют выбор между соседними вариантами. Складывать их в общий балл не даст точности: высокая доля трудных областей или отсутствие компетенции по одной из платформ может перевесить все остальные соображения.

Применение критериев можно показать на двух типичных продуктах. Первый — приложение с формами, чатом и push-уведомлениями. Платформенная часть в нём мала, а мост сводится к типовым вызовам готовых плагинов. Такой продукт находится ниже границы, и генерация эту зону расширяет: выгоднее полная кроссплатформенная разработка. Второй — приложение, которое работает с BLE-устройствами и синхронизирует данные в

фоне. Здесь велика доля трудных областей, мост сложный, а правильность фоновой работы видна только на устройствах. Граница для такого продукта опускается, и выгоднее нативная разработка или общая логика с нативной платформенной частью.

Выводы

Рассмотрено, как агентная генерация кода влияет на выбор между нативной и кроссплатформенной мобильной разработкой. Вывод о том, что генерация снова делает нативную разработку выгодной, в общем виде неверен. Написание кода дешевле сильнее, чем его проверка, а при нативном подходе проверка платформенно-независимой части выполняется дважды. Поэтому преимущество единой кодовой базы сохраняется.

Сравнение подходов по составляющим затрат (табл. 1) показало, что платформенно-специфичная функциональность и прогон на устройствах оплачиваются одинаково в обоих подходах и на выбор не влияют. Кроссплатформенный подход экономит одну реализацию каждой независимой функции, но доплачивает мостом и постоянными издержками фреймворка, а нативный доплачивает за одинаковое поведение двух реализаций. Направление сдвига границы при генерации определяется прежде всего составом моста: шаблонный мост границу поднимает, сложный — опускает. В фоновом выполнении, работе с периферией и системных виджетах мост сложнее всего, поэтому там граница опускается и вывод о выгоде натива отчасти верен. Предложен набор критериев для выбора из трёх вариантов, включая общую логику с нативным интерфейсом.

Сравнение носит качественный характер: параметры затрат не измерены, и выводы касаются направления сдвига границы, а не её точного положения. Средства генерации быстро меняются, однако аргумент о проверке от качества конкретных моделей не зависит. В дальнейшем имеет смысл измерить на реальных проектах время ревью в расчёте на одну кодовую базу, долю шаблонного кода в мосте и число расхождений в поведении приложения между платформами.

Список литературы

1. Миронов А.В., Гришанов Е.А., Овсянников А.В. Современные подходы к разработке кроссплатформенных мобильных приложений //

Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2025. № 1 (45). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-razrabotke-krossplatformennyh-mobilnyh-prilozheniy> (дата обращения 16.09.2026).

2. Biørn-Hansen A., Grønli T.-M., Ghinea G. A Survey and Taxonomy of Core Concepts and Research Challenges in Cross-Platform Mobile Development // ACM Computing Surveys. 2018. Vol. 51, I. 5. P. 1–34. DOI: 10.1145/3241739.

3. Rieger C., Majchrzak T. A. Towards the Definitive Evaluation Framework for Cross-Platform App Development Approaches // Journal of Systems and Software. 2019. Vol. 153. P. 175–199. DOI: 10.1016/j.jss.2019.04.001.

4. The Impact of AI on Developer Productivity: Evidence from GitHub Copilot / S. Peng, E. Kalliamvakou, P. Cihon, M. Demirer // arXiv. 2023. arXiv:2302.06590. URL: <https://arxiv.org/abs/2302.06590> (accessed 17.09.2026).

5. The Oracle Problem in Software Testing: A Survey / E. T. Barr, M. Harman, P. McMinn et al. // IEEE Transactions on Software Engineering. 2015. Vol. 41, I. 5. P. 507–525. DOI: 10.1109/TSE.2014.2372785.

6. State of AI-assisted Software Development: 2025 DORA Report / Google Cloud. 2025. URL: <https://dora.dev/research/2025/dora-report/> (accessed 17.09.2026).

7. Ilovan A. Cross-Platform vs Native Mobile Development: An Empirical Study of Software Quality Trade-offs // arXiv. 2026. arXiv:2609.21544. URL: <https://arxiv.org/abs/2609.21544> (accessed 21.09.2026).

8. Writing Custom Platform-Specific Code // Flutter Documentation. URL: <https://docs.flutter.dev/platform-integration/platform-channels> (accessed 18.09.2026).

9. An Empirical Investigation of Performance Overhead in Cross-Platform Mobile Development Frameworks / A. Biørn-Hansen, C. Rieger, T.-M. Grønli et al. // Empirical Software Engineering. 2020. Vol. 25, I. 4. P. 2997–3040. DOI: 10.1007/s10664-020-09827-6.

10. Xamarin Support Policy // Microsoft .NET. URL: <https://dotnet.microsoft.com/platform/support/policy/xamarin> (accessed 18.09.2026).

11. Measuring the Impact of Early-2025 AI on Experienced Open-Source Developer Productivity / J. Becker, N. Rush, E. Barnes, D. Rein // arXiv. 2025. arXiv:2507.09089. URL: <https://arxiv.org/abs/2507.09089> (accessed 19.09.2026).

12. We are Changing our Developer Productivity Experiment Design // METR. 2026. URL: <https://metr.org/blog/2026-02-24-uplift-update/> (accessed 20.09.2026).

13. An Empirical Study of the Non-determinism of ChatGPT in Code Generation / S. Ouyang, J. M. Zhang, M. Harman, M. Wang // ACM Transactions on Software Engineering and Methodology. 2025. Vol. 34, I. 2. Art. 42. 28 p. DOI: 10.1145/3697010.
14. Adding a Home Screen widget to your Flutter App // Google Codelabs. URL: <https://codelabs.developers.google.com/flutter-home-screen-widgets> (accessed 20.09.2026).
15. Android 8.0 Behavior Changes // Android Developers. URL: <https://developer.android.com/about/versions/oreo/android-8.0-changes> (accessed 21.09.2026).
16. Changes to foreground services // Android Developers. URL: <https://developer.android.com/develop/background-work/services/fgs/changes> (accessed 21.09.2026).
17. LLMs Meet Library Evolution: Evaluating Deprecated API Usage in LLM-based Code Completion / C. Wang, K. Huang, J. Zhang et al. // 2025 IEEE/ACM 47th International Conference on Software Engineering (ICSE). IEEE, 2025. P. 885–897. DOI: 10.1109/ICSE55347.2025.00245.
18. On the Effectiveness of Large Language Models in Domain-Specific Code Generation / X. Gu, M. Chen, Y. Lin et al. // ACM Transactions on Software Engineering and Methodology. 2025. Vol. 34, I. 3. Art. 78. 22 p. DOI: 10.1145/3697012.
19. Choosing Background Strategies for Your App // Apple Developer Documentation. URL: <https://developer.apple.com/documentation/backgroundtasks/choosing-background-strategies-for-your-app> (accessed 21.09.2026).

© Петров И.Н.

**СЕКЦИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

**ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ
НА РЕГИОНАЛЬНЫЕ РЫНКИ ТРУДА
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Ахметов Артем Ильмирович
аспирант

Научный руководитель: **Иванова Татьяна Юрьевна**
д.э.н., зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

Аннотация: Статья посвящена исследованию взаимосвязи между демографическими процессами и состоянием региональных рынков труда в Российской Федерации в период 2020–2025 годов. В процессе исследования было установлено, что основным демографическим трендом в РФ на сегодняшний день является – нарастающая депопуляция, устойчивое старение населения РФ и неравномерность миграционных потоков. Данные факторы формируют принципиально разные модели дефицита рабочей силы в регионах РФ – от острой нехватки квалифицированных кадров в промышленных центрах Урала и Сибири до структурной безработицы на Северном Кавказе. К 2025 году численность населения в трудоспособном возрасте сократилась по сравнению с 2020 годом примерно на 1,4 млн. человек, а медианный возраст занятого увеличился до 42,3 года. Автором доказано, что единовременные выплаты и маткапитал уже не способны переломить демографический спад. Однако они остаются базовым социальным фундаментом. Без их сочетания с гибким рынком труда, качественной инфраструктурой (детсады, медицина) и доступным жильем добиться устойчивого роста рождаемости невозможно.

Ключевые слова: демографические тренды, региональный рынок труда, трудоспособное население, старение рабочей силы, миграция, дефицит кадров, депопуляция, региональная асимметрия.

**DEMOGRAPHIC TRENDS AND THEIR IMPACT ON REGIONAL
LABOR MARKETS IN THE RUSSIAN FEDERATION**

Akhmetov Artem Ilmirovich
Scientific adviser: **Ivanova Tatiana Iurevna**

Abstract: The article is devoted to studying the relationship between demographic processes and the state of regional labor markets in the Russian Federation during the period from 2020 to 2025. The study established that the main demographic trend in the Russian Federation today is the growing depopulation, the steady aging of the population, and the unevenness of migration flows. These factors create fundamentally different models of labor shortages in the regions of the Russian Federation — from an acute shortage of skilled personnel in the industrial centers of the Urals and Siberia to structural unemployment in the North Caucasus. By 2025, the working-age population had decreased by approximately 1.4 million people compared to 2020, and the median age of the employed population had risen to 42.3 years. The author has proven that one-time payments and maternity capital are no longer capable of reversing the demographic decline. However, they remain a basic social foundation. Without combining them with a flexible labour market, high-quality infrastructure (kindergartens, healthcare), and affordable housing, it is impossible to achieve sustainable growth in the birth rate.

Key words: demographic trends, regional labor market, working-age population, workforce aging, migration, skills shortage, depopulation, regional asymmetry.

Демографическая ситуация в России за последнее десятилетие превратилась в один из наиболее существенных вызовов для отечественной экономики. Сокращение численности населения трудоспособного возраста в России и старение общества создают жесткие ограничения для роста ВВП. Если в 1990-е годы острота демографической проблемы во многом смягчалась инерцией советского демографического задела, то в 2020-е она обнажилась в полной мере. Убыль населения в РФ стала нормой не для отдельных периферийных районов страны, а для большинства субъектов Российской Федерации. Рынок труда, являясь чутким барометром демографических сдвигов происходящих в стране, реагирует на них должным образом. В настоящее время на рынке труда РФ происходит рост напряжённости, характеризующееся структурным несоответствием спроса и предложения на рынке труда, а также изменением качества человеческого капитала.

Научный интерес к проблеме депопуляции в Российской Федерации существенно возрос после 2020 года, когда пандемия COVID-19, наложившись на долгосрочные демографические тренды, выступила катализатором их ускорения.

Анализ демографической статистики РФ показывает, что к середине 2020-х годов в России отчётливо обозначились 3 взаимосвязанных тренда, непосредственно влияющих на рынок труда:

- депопуляция трудоспособных категорий граждан;
- интенсивное старение населения;
- пространственная концентрация человеческого капитала в нескольких агломерациях.

Что касается общей численности населения, то, по данным Росстата, численность постоянного населения России составила 146,03 млн. человек (а не 145,6 млн.). На 1 января 2020 года численность населения составляла 146,75 млн. человек. Разница между этими периодами составляет около 0,72 млн. человек. Таким образом, население за этот промежуток времени сократилось примерно на 0,49% (а не на 0,75%). [1]

Принципиально важно, что сокращение численности населения в РФ наиболее остро отражается на структуре трудовых ресурсов. Так, численность населения в возрасте 15–59 лет стабильно снижается, усугубляя дефицит кадров. Этот процесс вызван тем, что в активный трудоспособный возраст сейчас вступает малочисленное поколение конца 1990-х и начала 2000-х годов, в то время как доля пожилых людей старше 60 лет в общей структуре населения продолжает расти.

Одновременно группа населения РФ в возрасте 60+ выросла с 36,5 до 38,2 млн. Следствием этого стало повышение коэффициента демографической нагрузки пожилыми с 428 до 455 человек на 1 000 лиц трудоспособного возраста.

Таблица 1

**Динамика численности населения по возрастным группам
и федеральным округам, 2020–2025 гг., тыс. чел.**

Федеральный округ	Нас. 15–59 лет, 2020	Нас. 15–59 лет, 2025	Изменение, %	Нас. 60+, 2020	Нас. 60+, 2025	Коэф. нагрузки пожилыми, 2025
Центральный	20 841	20 512	–1,6	9 102	9 543	465
Северо-Западный	7 432	7 289	–1,9	3 214	3 397	466
Южный	8 643	8 590	–0,6	3 780	3 961	461

Продолжение таблицы 1

Северо-Кавказский	5 871	6 104	+4,0	1 408	1 510	247
Приволжский	15 423	14 987	–2,8	7 102	7 490	500
Уральский	7 214	7 108	–1,5	2 893	3 044	428
Сибирский	9 347	9 012	–3,6	3 701	3 894	432
Дальневосточный	3 429	3 298	–3,8	1 305	1 363	413
Россия в целом	85 264	83 881	–1,6	36 524	38 203	455

Источник: [2]

Обращает на себя внимание резкий контраст в убыли населения между Северо-Кавказским федеральным округом, где численность трудоспособного населения выросла на 4,0% и Дальневосточным федеральным округом, где она сократилась на 3,8%. Таким образом, разрыв между Северо-Кавказским федеральным округом и Дальневосточным федеральным округом составляет 7,8 процентных пунктов за 5 лет. Данная диспропорция формирует разнонаправленные векторы на локальных рынках труда, в рамках которой существует профицит предложения рабочей силы на Кавказе при общем дефиците рабочих мест. И наоборот, существует острый кадровый голод на Дальнем Востоке на фоне избытка существующего вакансий. [3]

Старение рабочей силы затронуло все без исключения регионы РФ, однако его темпы и форматы существенно разнятся. Так, медианный возраст занятого по стране вырос с 40,1 года в 2020 году до 42,3 года в 2025-м. Наиболее заметно этот процесс проявился в Приволжском и Сибирском федеральных округах, откуда молодёжь активно уезжает в Москву и Санкт-Петербург, а замещения за счёт притока населения извне на эти территории практически не происходит.

Наиболее критическая ситуация складывается в таких отраслях народного хозяйства РФ как сельское хозяйство, образование и здравоохранение. В этих секторах доля работников старше 50 лет превышает 38%. В условиях отсутствия сформированного кадрового резерва это предопределяет массовый уход специалистов на пенсию в ближайшие десять лет и обострение дефицита кадров. [4]

Таблица 2

Показатели рынка труда в разрезе федеральных округов, 2024–2025 гг.

Федеральный округ	Уровень занятости, % (2025)	Уровень безработицы, % (2025)	Напряжённость рынка труда (чел./вак.)	Медианный возраст занятого, лет	Доля занятых 50+, %
Центральный	72,4	2,8	0,42	41,9	32,1
Северо-Западный	71,8	3,1	0,51	42,7	33,4
Южный	66,2	4,7	1,18	42,5	33,9
Северо-Кавказский	57,3	11,4	3,87	38,2	22,6
Приволжский	68,9	3,4	0,79	43,1	35,2
Уральский	70,3	3,2	0,61	42,0	33,7
Сибирский	67,5	4,9	1,04	42,6	34,8
Дальневосточный	68,1	4,1	0,88	41,3	31,6
Россия в целом	68,9	3,8	0,84	42,3	33,0

Источник: составлено автором по материалам [5]

В данном контексте примечательно, что коэффициент рождаемости влияет на уровень занятости с лагом 18–20 лет, тогда как миграционные эффекты реализуются практически немедленно. Это обстоятельство, по мнению автора, необходимо обязательно учитывать при формировании демографической политики РФ.

Кластерный анализ позволил выделить 4 типа регионов.

Таблица 3

Типология региональных рынков труда России

Тип рынка труда / Регионы	Демография	Рынок труда	Ключевая проблема
Демографически истощённые рынки труда Сибирь, Дальний Восток, Нечерноземье	Убыль населения, высокий медианный возраст занятых	Умеренная напряжённость	Дефицит предложения рабочей силы
Демографически профицитные, но экономически слабые Регионы СКФО	Молодое, растущее население	Высокая напряжённость	Хронический недостаток рабочих мест

Продолжение таблицы 3

Стабилизированные агломерационные рынки Москва, Санкт-Петербург, Казань, Екатеринбург	Естественная убыль, компенсируемая миграцией	Минимальная напряжённость	Зависимость от миграционного притока
Переходные индустриальные рынки Тульская, Нижегородская, Самарская области и др.	Умеренная убыль, выраженное постарение	Нарастающая напряжённость	Кадровая уязвимость в промышленности

На основе данных приведенных в таблице 3 можно сделать вывод о том, что проведённый в рамках настоящего исследования кластерный анализ наглядно демонстрирует глубокую дифференциацию российских регионов по характеру демографических и трудовых дисбалансов: [6]

- одни территории страдают от убыли и старения кадров;
- другие территории испытывают нестабильность, связанную со структурным несоответствием между растущим населением и ограниченным числом рабочих мест.

Следовательно, эффективная политика занятости в РФ требует принципиально различных инструментов для каждого из выделенных типов, поскольку универсальные меры заведомо не учитывают специфику конкретных региональных рынков.

Следует особо остановиться на миграционном факторе, поскольку именно он в краткосрочной перспективе наиболее управляем. По данным МВД и ФНС, в 2024 году в России официально трудилось около 3,6 млн. иностранных работников, из которых примерно 60% было сосредоточено в 5 крупнейших агломерациях.

Основной приток иностранной рабочей силы в РФ традиционно пришелся на крупнейшие экономические центры:

- Московская агломерация (Москва и Московская область) – абсолютный лидер по привлечению иностранных специалистов;
- Санкт-Петербургская агломерация – (Санкт-Петербург и Ленинградская область);
- Крупные индустриальные и логистические хабы, включая агломерации Краснодар, Казани и Екатеринбурга.

Это означает, что значительная часть регионов первого и четвёртого кластеров лишена даже этого буфера. Более того, внешняя трудовая миграция в Россию в 2022–2024 годах сократилась примерно на 12–15% вследствие геополитических и валютных факторов, что усилило кадровый дефицит в строительстве, сельском хозяйстве и транспорте. [7]

Одновременно внутренняя межрегиональная мобильность остаётся низкой. Доля работников, готовых к переезду в другой регион ради трудоустройства, не превышает 6–7% экономически активного населения. Данный показатель в РФ, примерно втрое ниже аналогичных показателей США и вдвое ниже среднеевропейских.

Экономические последствия описанных демографических трендов для региональных рынков труда можно систематизировать в 3 блока.

Таблица 4

**Экономические последствия демографических трендов
для региональных рынков труда**

Блок последствий	Механизм воздействия	Ключевой показатель
Снижение совокупного предложения труда	Структурный дефицит кадров ведёт к росту реальной заработной платы и увеличению издержек работодателей – вне зависимости от динамики производительности	Реальная заработная плата в РФ выросла на 7,8% в 2024 году
Ухудшение возрастной структуры занятых	Снижение адаптивности рабочей силы, замедление диффузии технологий и рост издержек на переобучение персонала старших возрастов	Стоимость переобучения работника 50+ лет выше на 35–40%, чем работника 25–35 лет
Усиление региональной асимметрии	Агломерации концентрируют молодую рабочую силу, периферия её теряет, что углубляет поляризацию производительности труда между регионами	Разрыв ВРП на занятого между наиболее и наименее производительными регионами достиг 8,7-кратного значения в 2024 году

Таким образом, на основе данных, приведенных в таблице 4, можно сделать вывод о том, что рассматриваемые демографические тренды в РФ формируют взаимоусиливающую систему дисбалансов. В данном контексте

дефицит предложения труда в РФ одновременно давит на издержки отечественного бизнеса и ограничивает технологическую модернизацию отечественных корпораций через ухудшение качества трудовых ресурсов.

Таким образом, без целенаправленной политики по сокращению межрегиональных диспропорций и выравниванию инвестиций в производительность труда, рост номинальных заработных плат в регионах РФ рискует стать сугубо инфляционным, а не провизуализировать реальный экономический рост.

Что касается мер государственной политики, то проведенный в рамках настоящего исследования анализ показывает, что существующий инструментарий повышения рождаемости в РФ – материнский капитал, пронаталистские выплаты, имеет ограниченную эффективность применительно к рынку труда в силу временного лага в 20–25 лет. [8]

Потенциально более действенными в горизонте 5–7 лет представляются программы повышения межрегиональной мобильности (субсидирование переезда и жилья), расширение программ профессионального переобучения для работников 45–55 лет, а также введение дифференцированных налоговых стимулов для работодателей, инвестирующих в регионах РФ первого кластера.

В связи с изложенным выше, в настоящее время приоритет государственной демографической политики должен быть смещён с мер стимулирования рождаемости к программам повышения пространственной мобильности рабочей силы и переобучения стареющих кадров.

Реализация предложенных мер в горизонте до 2030 года способна, по расчётам автора, снизить дефицит рабочей силы в наиболее уязвимых регионах первого кластера на 15–20%.

Список литературы

1. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям // Федеральная служба государственной статистики. – 2026. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения: 16.09.2026).
2. Российский статистический ежегодник. 2025 [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. URL: https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2025.pdf (дата обращения: 16.09.2026).

3. Кучиева, И.Х. Демографические изменения и их влияние на рынок труда региона / И.Х. Кучиева, Г.В. Кучиев, А.В. Кучиев // Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени К.Л. Хетагурова. – 2025. – № 4. – С. 294-302. – DOI 10.29025/1994-7720-2025-4-294-302.
4. Бурова, Н.В. Индикаторы и тренды демографического развития Российской Федерации как основа благополучия нации / Н.В. Бурова, Ю.В. Нерадовская // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2025. – № 3(153). – С. 189-195.
5. Итоги выборочного обследования рабочей силы // Росстат : [официальный сайт]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13265> (дата обращения: 16.09.2026). – Текст : электронный.
6. Моделирование влияния качества жизни на демографические процессы в регионах Российской Федерации / Л.С. Мазелис, Е.В. Красова, К.Н. Галимзянова, А.А. Бойко // Ойкумена. Регионоведческие исследования. – 2025. – Т. 19, № 4. – С. 87-100. – DOI 10.63973/1998-6785/2025-4/87-100.
7. Крлабаева, П.А. Структурные дисбалансы российского рынка труда в условиях демографического спада / П.А. Крлабаева // Журнал У. Экономика. Управление. Финансы. – 2025. – № 4(42). – С. 203-207.
8. Изварина, Ю.Ю. Социально-демографическая политика субъектов Российской Федерации: вопросы унификации регионального законодательства / Ю. Ю. Изварина // Российский научный вестник. – 2025. – № 11. – С. 42-48. – DOI 10.24412/2782-3830-2025-11-42-48.

© Ахметов А.И.

**ВНЕДРЕНИЕ БЕРЕЖЛИВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ
И МУНИЦИПАЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ
И СПОРТА В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ПРОЕКТА
«ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА»**

Хохрякова Алина Олеговна

магистрант

Научный руководитель: **Шуляева Алефтина Владиславовна**

к.соц.н., доцент

Дальневосточный институт управления –
филиал Российской академии народного
хозяйства и государственной службы
при Президенте РФ

Аннотация: Статья посвящена анализу внедрения бережливых технологий в государственных и муниципальных учреждениях физической культуры и спорта в рамках реализации федерального проекта «Производительность труда». Автором рассматриваются два основных механизма участия учреждений в проекте: тиражирование лучших практик и внедрение коробочных решений при поддержке Отраслевого центра компетенций. На основе эмпирических данных проведен анализ результативности реализованных проектов в 2025 году, выявлены ключевые проблемы, в том числе несоответствие типовых решений реальной инфраструктуре учреждений, поведенческий уклон в сторону «легких» улучшений и разовый характер внедрения улучшений без формирования устойчивой культуры непрерывных улучшений. Обоснована необходимость перехода от проектных мероприятий к системной работе на принципах непрерывного совершенствования. В статье предложены механизмы развития культуры бережливого производства в отрасли: формирование региональных «точек роста», развитие института внутренних тренеров, синхронизация этапов разработки и отбора решений.

Ключевые слова: бережливое производство, физическая культура и спорт, федеральный проект «Производительность труда», коробочные решения, лучшие практики, культура непрерывных улучшений, социальная сфера.

**INTRODUCTION OF LEAN TECHNOLOGIES IN STATE
AND MUNICIPAL INSTITUTIONS OF PHYSICAL CULTURE
AND SPORTS WITHIN THE IMPLEMENTATION OF THE FEDERAL
PROJECT ‘LABOR PRODUCTIVITY**

Khokhriakova Alina Olegovna

Scientific adviser: **Shulyaeva Alefina Vladislavovna**

Abstract: The article analyzes the introduction of lean technologies in state and municipal institutions of physical culture and sports within the implementation of the federal project “Labor Productivity.” The author examines two main mechanisms of institutions’ participation in the project: replication of best practices and implementation of boxed solutions with the support of the Industry Competence Center. Based on empirical data from 2025, the effectiveness of implemented projects is analyzed, and key problems are identified, including the mismatch between standard solutions and the actual infrastructure of institutions, a behavioral bias toward “easy” improvements, and the one-off nature of implementing improvements without forming a sustainable culture of continuous improvement. The need for a transition from project-based measures to systematic work based on the principles of continuous improvement is substantiated. The article proposes mechanisms for developing a lean production culture in the industry: forming regional “growth points,” developing the institution of internal trainers, and synchronizing the stages of solution development and selection.

Key words: lean production, physical culture and sports, federal project “Labor Productivity,” boxed solutions, best practices, culture of continuous improvement, social sphere.

Повышение производительности труда в сфере физической культуры и спорта (далее также – ФКиС) — одно из приоритетных направлений государственной политики России.

Указом Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития РФ на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» закреплены национальные цели, в частности, «сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей» и «устойчивая и динамичная экономика». Для их достижения установлены целевые показатели: снижение к 2030 году

суммарной продолжительности временной нетрудоспособности граждан трудоспособного возраста на основе ЗОЖ, профилактики заболеваний и привлечения к спорту, а также повышение удовлетворенности граждан условиями для занятий физической культурой и спортом [1].

Реализация задач ведется в рамках федерального проекта «Производительность труда» [2], входящего в Национальный проект «Эффективная и конкурентная экономика» (далее – федеральный проект). С 2025 года федеральный проект охватил шесть отраслей социальной сферы: здравоохранение, образование (высшее и среднее), культуру, спорт и социальное обслуживание. По поручению Президента РФ федеральный проект должен охватить все государственные и муниципальные организации социальной сферы, всего к 2030 году планируется вовлечь 123 907 организаций.

Поскольку повышение производительности труда опирается на концепцию бережливого производства, один из принципов которой — непрерывное совершенствование [3], работа по оптимизации и устранению потерь в процессах, по мнению автора, должна быть неотъемлемой частью постоянного рабочего распорядка организации.

В сфере физической культуры и спорта внедрение бережливых технологий имеет специфику: результат выражается не в росте выручки, а в повышении качества и доступности услуг, эффективности бюджетных средств, удовлетворенности граждан и достижении отраслевых показателей.

Для реализации задач проекта при Минспорте России создан Отраслевой центр компетенций на базе ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» (далее - ОЦК). Согласно паспорту проекта, к 2030 году в сфере ФКиС мероприятиями федерального проекта необходимо охватить 3270 учреждений, включая 400 проектов по внедрению коробочных решений и тиражирование лучших практик в 2870 учреждениях.

Первый способ – тиражирование учреждением лучшей практики.

Лучшая практика – методическое пособие для самостоятельного применения организацией, описывающее типовой (эталонный) способ организации какого-либо процесса или его части [4].

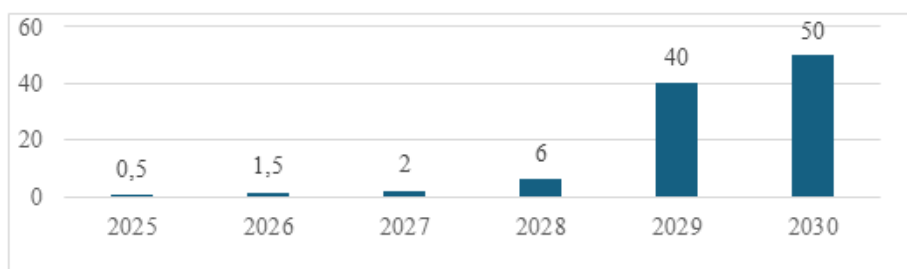


Рис. 1. Массовое тиражирование лучших практик повышения производительности труда в организациях ФКиС (%)

Автором лучшей практики может стать любое учреждение, чья уникальная идея и опыт ее внедрения смогли существенно улучшить его деятельность и, в частности, оптимизировать внутренние процессы. В рамках тиражирования лучшей практики каждое учреждение может выбрать наиболее подходящую практику для решения аналогичных проблем в этом учреждении, подать заявку на платформе и внедрить указанное решение.

Тиражирование лучших практик повышения производительности труда в организациях ФКиС осуществляется с методическим дистанционным сопровождением аналитиками-методологами ОЦК и завершается сдачей отчетности в ОЦК о результатах тиражирования лучшей практики.

К 2030 году необходимо тиражировать не менее 1 лучшей практики в 2870 учреждениях. Оценивая динамику показателей по охвату учреждений проектами по тиражированию лучших практик, стоит отметить резкое увеличение дискретного показателя в 2029 и 2030 годах, так, показатель в 2029 году выше на 34 процентных пункта по сравнению с 2028 годом (для сравнения – на 1 аналитика-методолога в 2028 году приходится 57 лучших практик, а в 2030 – 478 при условии сохранения текущей численности аналитиков-методологов). Автор считает, резкий рост количества тиражируемых лучших практик может существенно повлиять на сроки согласования отчетов и получения методической помощи учреждениями со стороны аналитиков-методологов во время непосредственной работы по внедрению улучшений.

В 2025 году при поддержке ОЦК учреждения ФКиС тиражировали 19 лучших практик, среди них наиболее востребованной стала тема «Организация хранения спортивного инвентаря в тренажерном зале» (57% от всех тиражируемых практик).

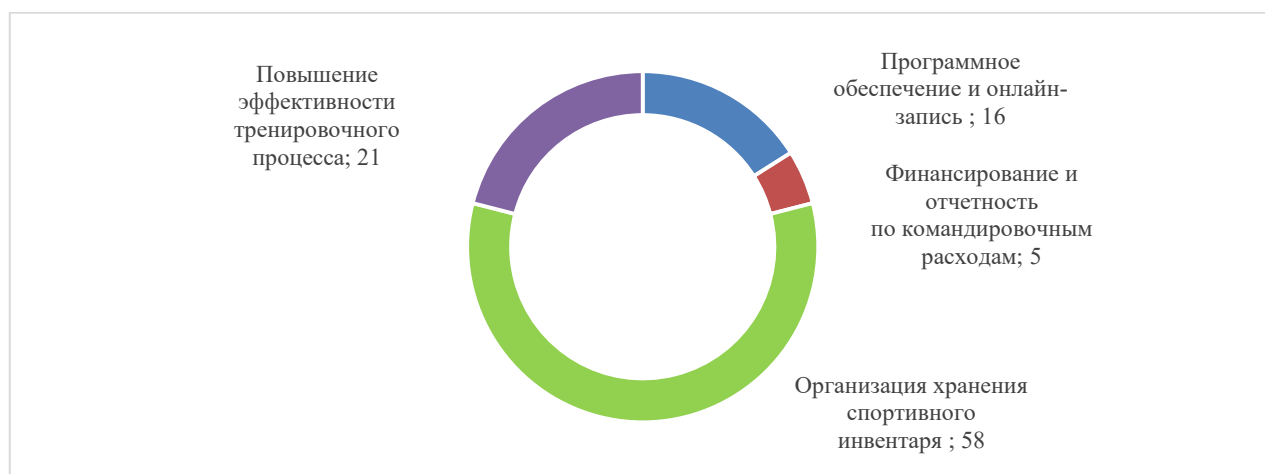


Рис. 2. Тематика тиражируемых лучших практик в сфере ФКИС, %

Рассматривая тематику лучших практик, самостоятельно внедряемых учреждениями, стоит отметить, что наиболее доступными и внедряемыми становятся практики именно отраслевой направленности, связанной с подготовкой и организацией тренировочного процесса, практики в части делопроизводства и цифровизации оказались менее востребованными среди спортивных учреждений.

Второй способ участия в мероприятиях федерального проекта – реализация учреждением физической культуры и спорта проекта по внедрению коробочного решения при поддержке ОЦК.

Коробочное решение – документ, регламентирующий процесс реализации проекта по повышению производительности труда при поддержке экспертов ОЦК, включающий описание определенного процесса производства работ или оказания услуг, типовых проблем данного процесса, рекомендации по применению методик и лучших практик, способных устранить описанные проблемы (или снизить их влияние) и улучшить значения ключевых показателей эффективности процесса. Срок реализации проекта по внедрению коробочного решения составляет 2 месяца.

Внедрение коробочных решений осуществляется путем очной поддержки руководителем проекта ОЦК учреждения путем проведения тренингов в организации и сопровождения проекта, что отличает данный способ от тиражирования лучшей практики, где учреждение обучается самостоятельно, проходя электронные курсы на платформе производительность.рф, а также работает с куратором проекта в лице аналитика-методолога дистанционно.

Проведем анализ реализованных проектов по внедрению коробочных решений в рассматриваемой сфере в 2025 году.

АНО «Федеральный центр компетенций» для реализации проектов по внедрению коробочных решений в сфере ФКиС силами ОЦК было разработано два коробочных решения по темам:

- «Оптимизация процесса планирования и подготовки получения услуг плавательного бассейна населением на базе учреждения высшего образования»;
- «Оптимизация процесса планирования и подготовки получения спортивных услуг населением в спортивном зале училища олимпийского резерва».

В соответствии с коробочным решением в училищах олимпийского резерва реализовано пять проектов по оптимизации услуг по предоставлению спортивных залов, в вузах – семь проектов по оптимизации услуг плавательного бассейна, также были реализованы проекты по оптимизации услуг спортивного зала на базе вуза (три проекта), несмотря на несоответствие типовой принадлежности учреждения (табл. 1).

Таблица 1

Типы учреждений и оптимизируемые в них объекты в рамках реализации проектов по внедрению коробочного решения в 2025 году

№ п/п	Тип учреждения	Коробочное решение	Кол-во проектов	Фактически оптимизируемые объекты/ процессы
1.	Училище олимпийского резерва	Оптимизация процесса планирования и подготовки получения спортивных услуг населением в спортивном зале	8	спортзал (5), беговые дорожки (1), просмотровые мероприятия (1), профорientация (1)
2.	Образовательная организация высшего образования	Оптимизация процесса планирования и подготовки получения услуг плавательного бассейна населением	13	бассейн (7), спортзал (3), тренажерный зал (1), легкоатлетический манеж (1), лаборатория (1)

Источник: материалы внутренней статистической отчетности ФГБУ ФНЦ ВНИИФК

Учитывая данные из приведенной выше таблицы, стоит отметить наличие ограничений в применении практик и рекомендаций из коробочного решения в учреждениях ввиду разницы в материально-техническом оснащении, в том

числе, наличия/отсутствия конкретных объектов (бассейнов, спортивных залов).

Также стоит отметить, что, несмотря на типовую организационную принадлежность, коробочное решение, разработанное для внедрения в училищах олимпийского резерва, в трех проектах было адаптировано в вузах.

Ввиду этого, рассмотрим реализованные в 2025 году проекты с точки зрения соответствия коробочным решениям (рис. 3).

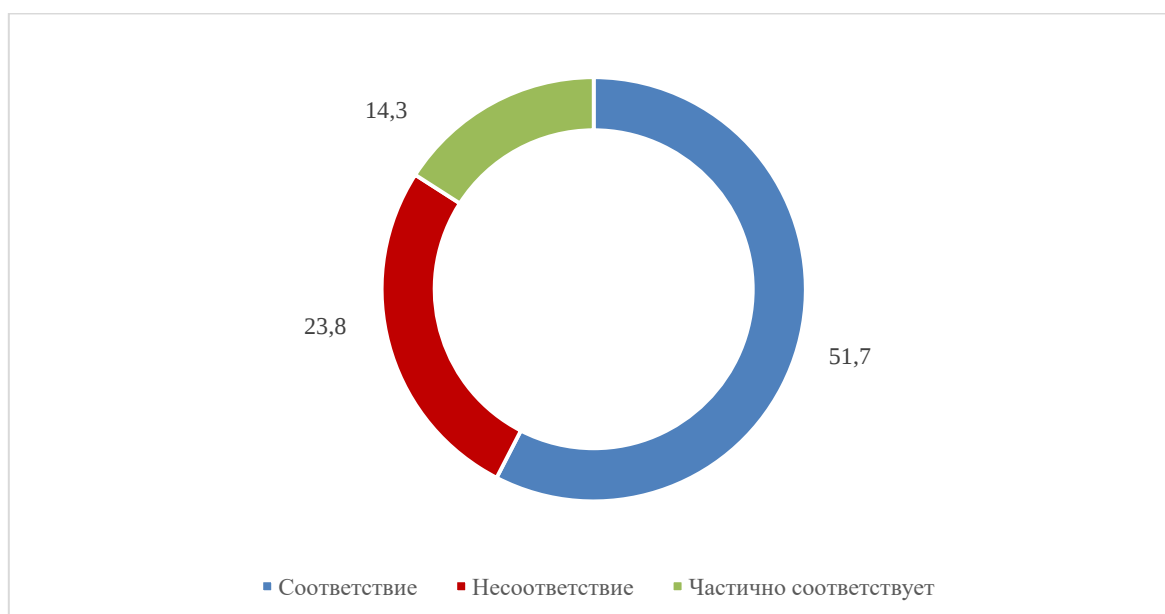


Рис. 3. Оценка соответствия реализованных проектов по внедрению коробочного решения тематике/ организационной принадлежности, %

23,81% от реализуемых проектов не соответствовали тематике разработанных в 2025 году коробочных решений ввиду отсутствия на объектах физической культуры и спорта, как бассейнов, так и спортивных залов, что подчеркивает необходимость тщательного выбора тем разрабатываемых коробочных решений в первые годы реализации проекта, а также отбора организаций, подлежащих реализации таких проектов. 14,3% проектов признаны частично соответствующими ввиду адаптации в вузе коробочного решения, предназначенного для внедрения в училищах.

Рассмотрим перечень ключевых проблем, выявленных на этапе диагностики в проектах по внедрению коробочного решения (табл. 2).

Таблица 2

Ключевые проблемы, выявленные учреждениями на этапе диагностики процесса, в рамках проектов по внедрению коробочного решения

№ п/п	Проблема	Кол-во случаев
1.	Недостаток информации об учреждении / услугах в интернете	21 (100%)
2.	Длительные процессы (планирование, подготовка, пропускной режим, оплата услуг)	10 (47,6%)
3.	Отсутствие или неудобство навигации внутри здания	7 (33,3%)
4.	Неполная загрузка спортивных объектов	5 (23,8%)
5.	Отсутствие сбора обратной связи от клиентов	4 (19%)

Источник: материалы внутренней статистической отчетности ФГБУ ФНЦ ВНИИФК

В рамках решения перечисленных выше проблем наиболее востребованными решениями стало размещение подробной информации об услугах учреждения на различных площадках (2ГИС, Яндекс.Карты, социальные сети и официальный сайт учреждения), оптимизация документооборота и цифровизация документопотоков, также вектор решений был направлен на стандартизацию работы с клиентом и оптимизацию каналов взаимодействия.

Для комплексной оценки результативности деятельности ОЦК в 2025 году был проведен опрос государственных и муниципальных учреждений физической культуры и спорта – участников проектов по внедрению коробочных решений. Сбор данных осуществлялся в первом квартале 2026 года методом анкетирования учреждений, завершивших реализацию проектов в 2025 году.

Анализ анкетных данных показал, что 95% респондентов оценили полезность реализованных проектов на «4» и «5» баллов по пятибалльной шкале. Совокупный рейтинг «полезности» проектов для учреждений физической культуры и спорта составил 4,83 балла. При этом 78% опрошенных поставили максимальную оценку («5» – очень полезно), 17% – оценку «4» (полезно) и 5% – удовлетворительную оценку «3». По мнению автора, значимым индикатором эффективности таких проектов является дальнейшее использование учреждениями результатов совместной работы, а также

дальнейшее внедрение бережливых технологий в деятельность учреждения, что является фундаментом для развития культуры непрерывных улучшений в организации.

Анализ обратной связи также позволил оценить степень вовлеченности учреждений в дальнейшее развитие бережливых технологий в учреждении после завершения проекта. Только 47% учреждений инициировали новые самостоятельные проекты по оптимизации иных процессов, 35% учреждений продолжили оптимизировать тот же пилотный процесс, что и был выбран совместно с ОЦК, 18% учреждений остановились на достигнутом, и не предприняли дополнительных действий.

Данные показатели демонстрируют формирование первичной культуры непрерывных улучшений в государственных учреждениях ФКиС, особенно в группе учреждений, где инициированы новые проекты. Тем не менее присутствует группа остановившихся на достигнутом и «продолжающих» оптимизировать первый процесс, что не может гарантировать продолжение работы по оптимизации новых процессов в дальнейшем.

Особого внимания заслуживает тот факт, что инициатива по продолжению оптимизации в 54% случаев исходила от рядовых сотрудников, а в 46% – от руководства.

Также в рамках открытых ответов на вопрос о том, какие результаты стали самыми полезными для учреждений, поступили следующие ответы: быстрые реальные результаты, методологическая поддержка, сокращение времени на бюрократию и оптимизация документооборота, внедрение навигации на объектах, глубокий анализ процессов и выявление скрытых потерь, групповая работа и совместное решение проблем, развитие бережливого мышления.

Тем не менее наряду с позитивными результатами, опыт внедрения бережливых технологий в учреждениях ФКиС позволяет автору выявить ряд проблем, требующих доработки механизмов реализации федерального проекта.

Первая проблема – несоответствие части реализованных проектов типовой принадлежности коробочных решений. Анализ показал, что 23,81% проектов не соответствовали тематике разработанных в 2025 году коробочных решений, а 14,3% – частично соответствующие из-за несоответствия решения типу учреждения. Причина – отсутствие на объектах бассейнов или залов, для которых были разработаны решения, что свидетельствует о недостаточной

синхронизации между разработкой типовых решений и отбором учреждений для внедрения. Поскольку коробочные решения направлены на внебюджетную деятельность и массовый спорт, часть учреждений, работающих только в рамках государственного задания, также испытывает трудности при их внедрении.

Вторая проблема – поведенческий уклон учреждений в сторону минимизации усилий. Анализ востребованных практик показал перекося в сторону простых операционных улучшений: 57% относятся к организации хранения спортивного инвентаря, тогда как практики по делопроизводству, цифровизации и стандартизации клиентского сервиса тиражируются значительно меньше. Такие решения не требуют организационных преобразований, что препятствует системным изменениям. Разовое тиражирование без поддерживающих мероприятий затруднит внедрение культуры непрерывных улучшений.

Третья проблема – точечная реализация отдельных мероприятий, не предусматривающая глубинных улучшений и запуска культуры непрерывных улучшений. Для сравнения подходов, обратимся к практике реализации проектов в реальном секторе экономики. В реальном секторе экономики для запуска культуры непрерывных улучшений срок проекта составляет шесть месяцев, в социальной сфере – два. Также в экономике проект требует трех месяцев диагностики и самостоятельной разработки улучшений, что больше способствует вовлечению и обучению людей, чем внедрение готовых методов, как в социальной сфере. В социальной сфере отсутствует нормативная необходимость и «живой» обучающий ресурс, в свою очередь, в экономике есть внутренние тренеры и требование представлять отчеты о росте производительности после первого проекта. Таким образом, реализация проекта в сфере ФКиС носит преимущественно проектный, разовый характер. Так, учреждения участвуют, внедряют решения, но системная работа по непрерывному совершенствованию не становится управленческой нормой.

Как отметил министр экономического развития РФ Максим Решетников, «задача на предстоящие годы – превратить производительность труда в управленческую норму на всех уровнях: от завода до ведомства, от школы до региона» [5].

По мнению автора, необходимо сформировать в каждом регионе «точки роста» – учреждения с высоким уровнем зрелости процессного бережливого

управления, которые могли бы стать «наставниками» для других. Также важно интегрировать региональные центры компетенций в единую систему бережливого производства, охватывающую социальную сферу. Такой метод уже выбран в Хабаровском крае, Сахалинской, Нижегородской, Новосибирской областях. Анализ показал, что в 54% случаев инициатива по продолжению оптимизации исходила от рядовых сотрудников, что свидетельствует о наличии потенциала для таких улучшений. Для его системного использования необходимо развивать институт внутренних тренеров по бережливому производству непосредственно в учреждениях – это обеспечит устойчивость изменений и масштабирование без внешнего сопровождения.

Выявленное несоответствие части проектов типовой принадлежности коробочных решений требует пересмотра механизма взаимодействия между АНО «Федеральный центр компетенций» и ОЦК на этапе планирования. Так, отбор учреждений для внедрения должен предшествовать или синхронизироваться с разработкой типовых решений. Это позволит адаптировать решения под реальную инфраструктуру и избежать ситуаций, когда учреждение вынуждено адаптировать решение для иного типа организации.

В заключение отметим, что первый год реализации федерального проекта «Производительность труда» в сфере физической культуры и спорта продемонстрировал как высокую востребованность бережливых технологий, так и наличие системных проблем. Предложенные механизмы будут способствовать достижению плановых значений 2029-2030 годов и формированию устойчивой культуры бережливого производства в государственных и муниципальных учреждениях физической культуры и спорта.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542> (дата обращения: 29.06.2026).
2. Паспорт федерального проекта «Производительность труда». URL : https://производительность58.рф/uploads/baza-znaniy/Паспорт_ФП_Производительность_труда.pdf. (дата обращения: 29.06.2026).

3. Вумек П.Д. Джонс Д.Т., Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. 2005. с. 124. URL: <https://djvu.online/file/ad38062wktKFg>. (дата обращения: 29.06.2026).

4. Методические рекомендации МР-19-2025 «Реализация проектов по внедрению коробочных решений в государственных и муниципальных организациях социальной сферы при поддержке отраслевых центров компетенций (ред. 1) от 10.04.2025.

5. До конца года будут разработаны отраслевые программы повышения производительности труда 2.0. URL: https://www.economy.gov.ru/material/news/do_konca_goda_budut_razrabotany_otraslevye_programmy_povysheniya_proizvoditelnosti_truda_20.html. (дата обращения: 29.06.2026).

© Хохрякова А.О.

**УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКОЙ К ЦИФРОВИЗАЦИИ МАЛЫХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ: ОГРАНИЧЕНИЯ РЕСУРСОВ
И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ**

**Бабкин Евгений Викторович
Савицкая Екатерина Викторовна
Саумова Манана Владимировна
Тюрюшкина Олеся Павловна**

магистранты

НОЧУ ВО «Московский экономический институт»

Аннотация: Современный этап развития промышленности характеризуется переходом к цифровой экономике, где ключевыми факторами конкурентоспособности становятся скорость принятия управленческих решений и способность адаптироваться к быстро меняющимся рыночным условиям. В настоящей статье описаны особенности управления подготовкой к цифровой трансформации в малом промышленном бизнесе: проблемы реализации и решения.

Ключевые слова: цифровая трансформация, промышленные предприятия, цифровизация, цифровая зрелость, ERP-система.

**MANAGING THE PREPARATION FOR THE DIGITALIZATION
OF SMALL INDUSTRIAL ENTERPRISES: RESOURCE LIMITATIONS
AND WAYS TO OVERCOME THEM**

**Babkin Evgeny Viktorovich
Savitskaya Ekaterina Viktorovna
Saumova Manana Vladimirovna
Tyuryushkina Olesya Pavlovna**

Abstract: The current stage of industrial development is characterized by the transition to a digital economy, where the speed of management decision-making and

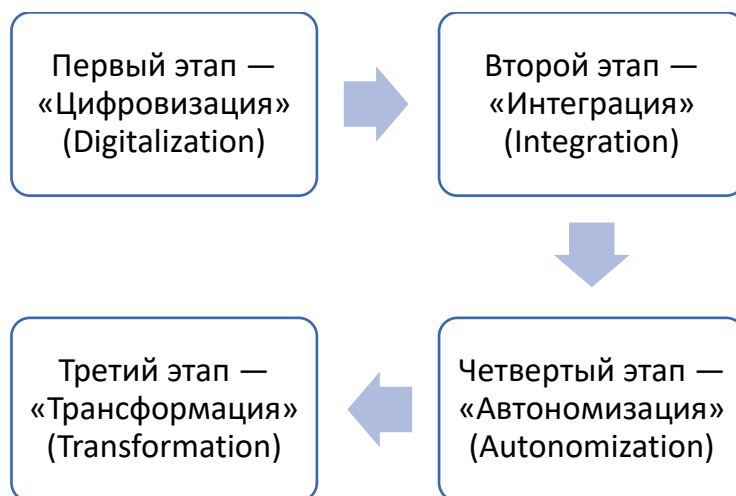
the ability to adapt to rapidly changing market conditions become key factors of competitiveness. This article describes the features of managing the preparation for digital transformation in small industrial businesses: implementation challenges and solutions.

Key words: digital transformation, industrial enterprises, digitalization, digital maturity, ERP system.

В настоящее время цифровая трансформация промышленных предприятий превратилась в императив выживания, особенно в условиях санкционного давления, разрыва логистических цепочек и необходимости импортозамещения [1]. Основное внимание государства и крупного бизнеса традиционно сосредоточено на цифровизации крупных промышленных корпораций, тогда как сектор малого и среднего предпринимательства (МСП), включая микропредприятия, остается наименее защищенным в методологическом и финансовом плане. Возникают противоречия между объективной необходимостью повышения эффективности управления промышленным предприятием через цифровую трансформацию и отсутствием адаптированных методик, регламентов и «дорожных карт» подготовки к таким изменениям с учетом ограниченных ресурсов и высоких регуляторных рисков.

Цифровая трансформация стимулирует малые промышленные предприятия к адаптации и совершенствованию цифровых возможностей во всех бизнес-процессах. Она требует пересмотра всей системы управления предприятием - от стратегического планирования до оперативного контроля исполнения [2]. В частности, меняются требования к компетенциям руководителей: от функциональных специалистов они должны трансформироваться в «цифровых лидеров», способных управлять проектами в условиях высокой неопределенности.

На рисунке 1 представлена уровневая модель, выделяющая четыре основных этапа процесса цифровой трансформации промышленного предприятия:



**Рис. 1. Этапы цифровой трансформации
промышленного предприятия**

На этом этапе осуществляется автоматизация отдельных бизнес-процессов, внедрение базовых информационных систем, создание цифровых двойников простых операций. Второй этап характеризуется объединением разрозненных информационных систем в единое информационное пространство, внедрением ERP-систем. На третьем этапе происходит перестройка бизнес-модели на основе цифровых технологий: внедрение предиктивной аналитики, оптимизация цепочек поставок на основе данных в реальном времени, персонализация взаимодействия с клиентами и др. Четвертый этап - высшая стадия цифровой зрелости, характеризующаяся функционированием самообучающихся и самонастраивающихся систем, принятием автоматизированных решений на основе искусственного интеллекта. Для микропредприятий наиболее реалистичной и экономически обоснованной является концентрация на первых двух этапах, с постепенным переходом к трансформации по мере накопления ресурсов и компетенций.

Структурно процесс подготовки малых промышленных предприятий к цифровой трансформации может быть представлен в виде четырех взаимосвязанных блоков: стратегическая подготовка, организационная подготовка, кадровая подготовка, инфраструктурная подготовка. Ключевая особенность управления подготовкой к цифровой трансформации на микропредприятиях заключается в необходимости интеграции этих четырех блоков в условиях крайне ограниченных ресурсов.

Малый бизнес сталкивается с основными вызовами: ограниченность бюджета на цифровые решения, дефицит квалифицированных IT-специалистов и высокая загруженность руководства операционными задачами, что не оставляет времени на стратегическое планирование трансформации. Ключевые барьеры, препятствующие успешной цифровой трансформации малых промышленных предприятий: финансовые ограничения, дефицит цифровых компетенций, сопротивление изменениям, неопределенность экономического эффекта, отсутствие адаптированных методик и др.

Основными драйверами цифровой трансформации малых промышленных предприятий являются: требования контрагентов и регуляторов; давление конкурентов; доступность облачных решений и SaaS-моделей; государственная поддержка; рост доступности внешних компетенций.

Оценка текущего уровня цифровой зрелости является необходимым первым шагом в управлении подготовкой к цифровой трансформации малых промышленных предприятий [3]. Одной из наиболее эффективных является интегральная модель оценки цифровой зрелости, включающая следующие ключевые аспекты: наличие цифровой стратегии, видение руководства, планирование цифровых инвестиций; взаимодействие с клиентами (уровень цифровизации каналов продаж, качество клиентского сервиса, использование CRM-систем); изменение организационной культуры (уровень цифровых компетенций, готовность персонала к изменениям, вовлеченность руководства); степень автоматизации основных и вспомогательных процессов, использование MES/ERP систем; информационные технологии (состояние IT-инфраструктуры, уровень информационной безопасности, интеграция систем).

Цифровая трансформация для промышленных микропредприятий сопряжена с рядом проблем, требующих методологического осмысления: избыточная детализация; отсутствие выделенных IT-специалистов; специфика учета «человеческого фактора»; высокая динамика и неформальность процессов и др.

Таким образом, управление подготовкой к цифровой трансформации включает стратегический, организационный, кадровый и инфраструктурный блоки, которые на промышленных микропредприятиях должны реализовываться в условиях крайне ограниченных ресурсов.

Список литературы

1. Ильченко С.В. Цифровая трансформация как драйвер роста бизнеса предприятия. Бизнес и дизайн ревю. 2026. № 1 (41). С. 52-60.
2. Аношина Ю.Ф., Симонов С.Ю. Особенности аудита в условиях цифровой экономики // В сборнике: Вызовы цифровой экономики: развитие комфортной городской среды. Труды III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2020. С. 72-81.
3. Тырина Т.Г., Ильченко С.В. Цифровые технологии как инновационные векторы развития стратегических отраслей экономики. В сборнике: Вызовы цифровой экономики: тренды развития в условиях последствий пандемии COVID-19. Сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к Году науки и технологий в России. Брянск, 2021. С. 296-299.

© Бабкин Е.В., Савицкая Е.В., Саумова М.В.,
Тюрюшкина О.П., 2026

СЕКЦИЯ ИНФОРМАТИКА

**АРХИТЕКТУРА ПОДСИСТЕМЫ ГРАФИЧЕСКОГО
ОТОБРАЖЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «АЛГОЗИТ»**

Каледин Валерий Олегович

д.т.н., профессор

Ульянов Артём Дмитриевич

к.т.н., доцент

Герасимов Максим Дмитриевич

магистрант

Кузбасский гуманитарно-педагогический институт,
Кемеровский государственный университет

Аннотация: Рассмотрена архитектура подсистемы графического отображения геометрических моделей в среде «Алгозит». Описаны некоторые детали реализации модуля визуализации и его взаимосвязи с остальными модулями среды. Представлены основные доменные объекты. Предложенная архитектура создает условия для локализации изменений.

Ключевые слова: программная архитектура, функционально-объектное программирование, геометрические модели, рендеринг, глифы, OpenGL.

**ARCHITECTURE OF THE GEOMETRIC MODEL VISUALIZATION
SUBSYSTEM IN THE ALGOZIT SOFTWARE PACKAGE**

Kaledin Valery Olegovich

Ulyanov Artyom Dmitrievich

Gerasimov Maksim Dmitrievich

Abstract: The architecture of the subsystem for graphical display of geometric models in the “Algozit” environment is considered. Some details of the implementation of the visualization module and its interconnections with the other modules of the environment are described. The main domain objects are presented. The proposed architecture creates conditions for localizing changes.

Key words: software architecture, functional-object programming, geometric models, rendering, glyphs, OpenGL.

Среда функционально-объектного программирования «Алгозит» используется для разработки расчетных программ, в том числе для решения математических и физических задач [1]. Результаты вычислительных экспериментов удобно анализировать графически, особенно при построении геометрической модели. Скалярные узловые атрибуты могут отображаться цветовыми полями с легендой, а векторные — стрелками, масштабируемыми в соответствии со значением атрибута.

Программный комплекс «Алгозит» содержит подсистему графического отображения, в процессе эксплуатации которой были выявлены ограничения производительности, управления и визуализации. Их причины можно разделить на технологические и архитектурные.

Технологические ограничения связаны с использованием OpenGL 2.x и непосредственного режима формирования изображения. Значительная нагрузка на CPU при подготовке кадров увеличивает число вызовов графического API и объем обмена данными между CPU и GPU, снижая производительность при работе с крупными моделями.

Глиф в «Алгозите» является элементом иерархической модели графического представления данных и не содержит расчетной логики или кода отрисовки. При этом менеджер глифов одновременно управляет моделью и взаимодействует со средствами рендеринга, нарушая принцип единственной ответственности [2]. Такая связность усложняет тестирование и сопровождение подсистемы, повышая риск ошибок и трудозатраты.

Целью работы является проектирование архитектуры подсистемы графического отображения геометрических моделей в среде функционально-объектного программирования «Алгозит».

Программный комплекс поддерживает подключение программных модулей в виде библиотек динамической компоновки (DLL) [3]. Это позволяет расширять систему без изменения протестированных компонентов и повторной сборки комплекса.

Используемые механизмы межмодульного взаимодействия позволили выделить средства графического отображения геометрических моделей в самостоятельную библиотеку. Менеджер глифов отвечает за иерархическое представление данных, а визуализация выполняется отдельной подсистемой. Взаимодействие осуществляется через внешний программный интерфейс и адаптерный слой, преобразующий обращения менеджера глифов в вызовы подсистемы и исключаяющий прямые зависимости от внутренних классов.

В основе архитектуры находится управляющий модуль, маршрутизирующий запросы от фасада к двум независимым подсистемам: абстракции графического интерфейса и абстракции графического API. Это позволяет не связывать управляющий модуль с OpenGL [4] и библиотекой пользовательского интерфейса. Компоненты и их зависимости представлены на рис. 1.

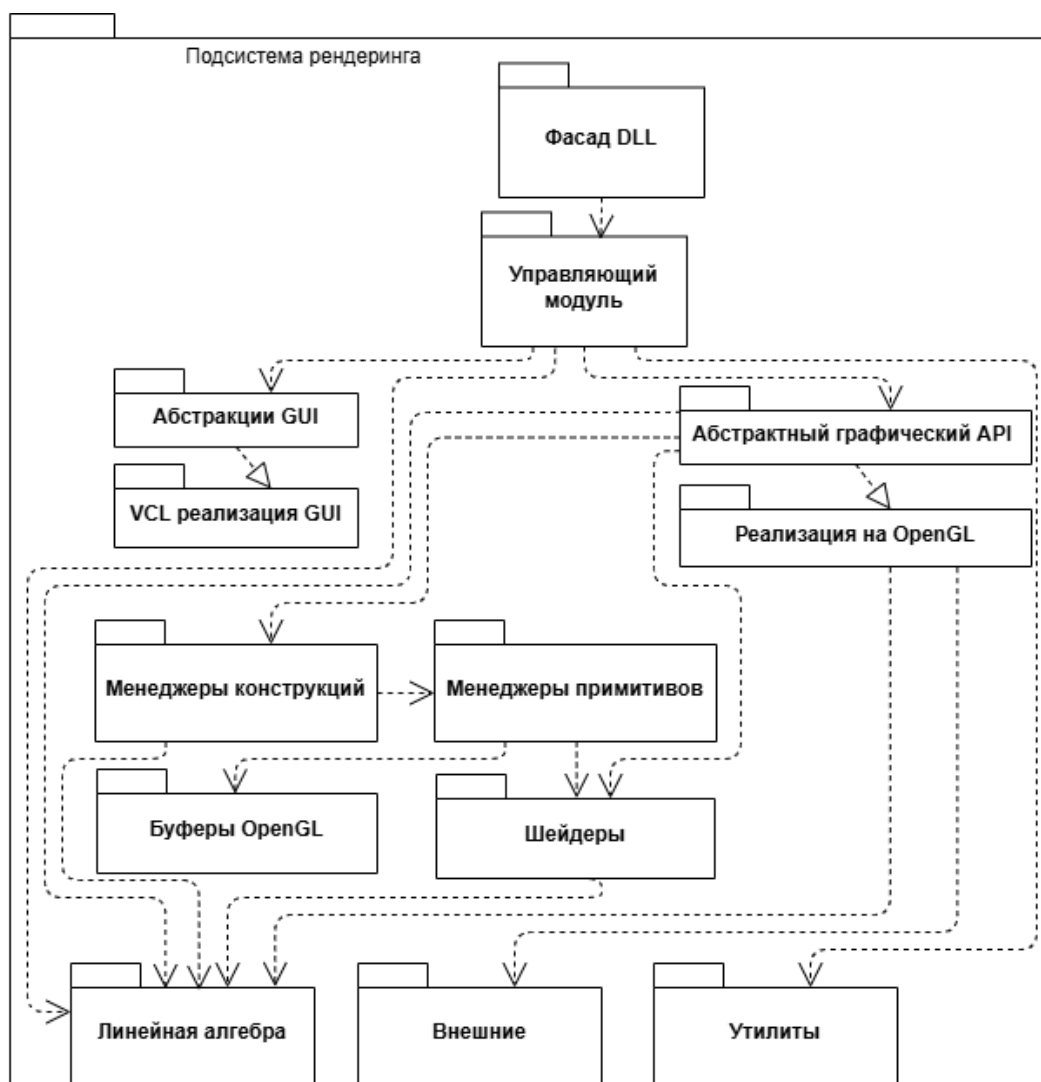


Рис. 1. Диаграмма пакетов подсистемы графического отображения

Для представления объектов графической сцены введено понятие конструкции. Конструкция соответствует графическому объекту определенного типа, например отрезку, сферическому маркеру или гексаэдру. Геометрические данные размещаются в общих буферах графического процессора, а конструкции хранят сведения об их расположении.

Для группового управления конструкциями используются специальные структуры – группы, позволяющие пакетно выполнять операции, например, изменять видимость или удалять объекты. Одиночные конструкции размещаются в базовой группе.

Управление группами выполняет компонент ConstructionManager, предоставляющий единый интерфейс доступа к объектам сцены. Конструкция идентифицируется дескриптором, содержащим номер группы и позицию внутри неё, что исключает обращение к внутренним структурам хранения.

Геометрические данные хранятся в буферных объектах графического API [4]. В подсистеме выделены абстракции буферов вершин, индексов, цветов и признаков видимости, инкапсулирующие соответствующие ресурсы и операции.

Особенности хранения индексных данных и отрисовки различных типов примитивов сосредоточены в модуле менеджеров примитивов. Каждый менеджер управляет индексными данными, признаками видимости и шейдерной программой.

Общие буферы вершин и цветов, а также менеджеры примитивов объединены контроллером, предоставляющим единый интерфейс к геометрическим данным и делегирующим специализированные операции.

Для выполнения математических операций разработан самостоятельный модуль линейной алгебры, совместимый со средой C++ Builder 5. Он включает классы матриц и векторов, базовые операции и функции построения матриц вида и проекции.

Спроектированная архитектура отделяет управление иерархией данных от рендеринга. Внешний интерфейс и адаптерный слой уменьшают зависимость менеджера глифов от графической реализации, а разделение обязанностей упрощает локализацию изменений и развитие подсистемы. Использование обновленной версии OpenGL и новой архитектуры повышает производительность за счет увеличения доли GPU в графических расчетах и пакетной обработки данных.

Список литературы

1. Среда программирования "Алгозит" для задач механики сплошных сред / А.Е. Паульзен, В.О. Каледин, С.В. Пономарев, С.В. Белов // Актуальные

проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики - 2020: материалы X Всероссийской научной конференции с международным участием / под ред. М.Ю. Орлова. - Томск, 2021. - С. 70-74. EDN: FMHYNE.

2. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. - Санкт-Петербург: Питер, 2018. - 352 с.

3. Каледин В.О., Ульянов А.Д., Вячкина Е.А. Функционально-объектная реализация комплексирования вычислительных программ // Science and technology - 2023 : сборник статей Международной научно-практической конференции. - Петрозаводск : МЦНП "Новая наука", 2023. - С. 256-264. DOI: 10.46916/03122023-3-978-5-00215-169-1 EDN: HULLQZ.

4. Segal M., Akeley K. The OpenGL Graphics System: A Specification. Version 4.3 (Core Profile). - 2013. - URL: <https://registry.khronos.org/OpenGL/specs/gl/glspec43.core.pdf> (дата обращения: 15.09.2026). - Текст: электронный.

© Каледин В.О., Ульянов А.Д.,
Герасимов М.Д.

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ
НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ЗАПРОСОВ В BPM-СИСТЕМАХ:
ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД НА БАЗЕ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРАВИЛ,
ЛОКАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ И БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ**

Булгаков Геннадий Геннадьевич

аспирант

ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»

Аннотация: В статье описан подход к маршрутизации неструктурированных текстовых заявок в системах автоматизации бизнес-процессов. В центре внимания статьи контролируемая и безопасная автоматизация исполнения задач. В рамках исследования разработаны и протестированы алгоритмы работы с маршрутизацией процессов разных подходов: от примитивного статического сценария до связки нейросетевого классификатора с большой языковой моделью (LLM). Фундаментом архитектуры служит разделение двух механизмов: поиск подходящего процесса и проверка корпоративных политик.

Ключевые слова: управление бизнес-процессами, BPM, RPA, интеллектуальная маршрутизация, обработка естественного языка, машинное обучение, большие языковые модели, сценарий с участием человека, управление рисками.

**INTELLIGENT ROUTING OF UNSTRUCTURED REQUESTS
IN BPM/RPA SYSTEMS: A HYBRID PIPELINE WITH RULES,
LOCAL MODELS AND LLM**

Bulgakov Gennadii Gennad'evich

Abstract: The article describes an approach to routing unstructured text requests in business process automation systems. The focus of the article is on controlled and secure automation of task execution. As part of the research, algorithms for processing different approaches to process routing have been developed and tested: from a simple static scenario to a combination of a neural

network classifier and a large language model (LLM). The architecture is based on the separation of two mechanisms: finding a suitable process and checking corporate policies.

Key words: business process management, BPM, robotic process automation, intelligent routing, natural language processing, machine learning, large language models, human-in-the-loop, risk management.

Введение

Современное управление бизнес-процессами представляет собой тяжелый цикл сквозной аналитики деятельности организаций, сосредоточенный на оптимизации процессов в узких местах и автоматизации всевозможных операций. Современные технологии, одной из которых является роботизированная автоматизация процессов (RPA), забирают на себя рутинные операции, отлично дополняя корпоративные системы. Отечественные исследователи справедливо подчеркивают: программные роботы перестали быть просто игрушкой, превратившись в полноценный драйвер процессного управления [1], а также исследования показывают, что их внедрение напрямую сокращает операционные издержки [2].

Однако технология RPA имеет слабое место в виду малой вариативности при работе с необработанными запросами. И именно на этом этапе возникает огромная сложность. Программному комплексу нужно не только понять суть запроса пользователя, но и оценить риски. Робот может выполнить типовое действие только после того, как система определит необходимый бизнес-процесс и допустимость автоматического запуска. В противном случае RPA получает не задание, а неразборчивый текст. «RPA» Российские авторы связывают RPA с управлением процессами и сокращением ручных операций [1; 2], но выбор процесса перед выполнением обычно остается отдельной задачей.

Задача оценки риска задачи особенно важна в таких запросах как «предоставить доступ», «отозвать права», «учетная запись не найдена» и тому подобных. Общие положения те же, но исполнитель RPA должен обрабатывать различные сценарии: предоставление прав, отзыв разрешений или восстановление учетных данных. Случайный запуск специализированного процесса более опасен, чем универсальная очередь, а постоянный резервный вариант делает автоматизацию бессмысленной.

Цель исследования состоит в том, чтобы проверить, какая схема маршрутизации обеспечивает запуск наиболее релевантных процессов, не обходя политику безопасности.

Алгоритмы работы

В рамках исследования рассматривались следующие алгоритмы маршрутизации и методы обработки запросов:

1) Статичный режим. Не подразумевает под собой никакой первичной машинной обработки. А только имитирует процесс обработки запросов без применения какой-любой автоматической маршрутизации, чтобы иметь возможность рассчитывать экономический эффект внедрения таких технологий.

2) Обработка по заранее заданным правилам. Регулярные выражения позволяют находить в запросах заранее заданные слова и словосочетания. Этот метод обеспечивает воспроизводимость результатов и служит основой для сравнения с более сложными подходами.

3) Классификация с использованием методов машинного обучения. Метод TF-IDF оценивает значимость слов в тексте, а модели, реализованные с помощью библиотеки scikit-learn, используют эти признаки для классификации запросов [3].

4) Обработка с использованием локальной нейросетевой модели. Модель на основе трансформера преобразует текст в числовое представление и дополняет его структурированными признаками. Отдельные блоки определяют намерение пользователя, подходящий процесс, необходимое действие и необходимость перехода к резервному сценарию. Дальнейшая адаптация к русскому языку осуществляется на основе RuBERT [4] и облегченных моделей семейства BERT [5].

5) Вспомогательная обработка с помощью большой языковой модели. Модель систематизирует информацию из запроса, выявляет факторы риска, уточняет порядок предварительно выбранных опций и формирует отчет для оператора. Запрещается выбирать процесс, не входящий в предоставленный список, или игнорировать установленные правила и ограничения. Это снижает риски, связанные с получением недостоверной информации [6], и соответствует требованиям к контролируемому использованию ИИ в бизнес-процессах [7; 8].

Каждый из выше описанных алгоритмов и методов маршрутизации были включены в единую систему как режимы работы. Режимы отличаются составом

активных слоёв, в то время как интерфейс взаимодействия остается неизменным. Активные слои каждого из режимов представлены ниже (табл. 1).

Таблица 1

Режимы маршрутизации перед RPA-исполнением

Режим	Rules	Local ML	Neural local	LLM
Статичный	–	–	–	–
Обработка по заранее заданным правилам	+	–	–	–
Обработка с использованием локальной нейросетевой модели	+	+	–	+
Классификация с использованием методов машинного обучения.	+	–	+	–
Вспомогательная обработка с помощью большой языковой модели.	+	–	+	+

Архитектура и данные

Входящий запрос приходит в виде текста, далее проходит не через один классификатор, а по маршруту, состоящему из нескольких этапов: L0 сохраняет запрос; базовый набор правил генерирует объяснимую подсказку; L1 нормализует текст, выделяет сущности, пропуски и противоречия; L2.5 оценивает риск; L2 ранжирует процессы. Затем происходит принятие решения о назначении задачи исходя из политики безопасности. Если автоматический запуск неприемлем, L3 генерирует краткую справку для оператора.

Критичность рассчитывается по принципу $C_{final} = \max(C_{rule}, C_{AI})$. Модель может повысить уровень осторожности, но не может снизить риск, который уже был выявлен на основе правил. В случае низкой достоверности, конфликта входных данных или запрета, предусмотренного политикой, запрос перенаправляется на исполнение релевантным специалистом, или, если такового определить не удалось, формирует универсальную заявку, которая будет маршрутизирована специалистами. Это не ошибка системы, это предусмотренная безопасная ветвь, применяемая к использованию в реальных организациях.

Для обучения моделей используются следующие данные: S1 — синтетические данные на основе шаблонов, S2 — логи реальных процессов,

S3 — корпус заявок во внешнюю службу поддержки в качестве слабого контроля для оценки риска, S4 — набор данных с перефразированием, шумом и жесткими отрицательными примерами. В ключевом прогоне S1 содержал 2800 примеров, S3 — 800, S4 — 2793; S2 — 476. Это объясняет разрыв между показателями на синтетических данных и в реальных приложениях.

Для сопоставления процессов были созданы карточки процессов: определение процесса, условия применения, исключения, маркеры действий и список смешанных классов. Для пяти процессов было создано 30 вариантов текста на русском и английском языках. Карточка нужна для того, чтобы различать не слово «доступ», а действие: выдать, изменить, отозвать или восстановить.

Результаты тестирования

Сквозное тестирование осуществлено на ста заявках, 90 из которых относились к конкретным целевым процессам, а 10 должны были согласно установленной политике безопасности отправиться в безопасную ветвь (процесс — универсальная заявка). Результаты работы каждого из режимов представлены ниже (табл. 2).

Таблица 2

**Сравнение эффективности режимов маршрутизации
на 100 обращениях**

Показатель	Статический	Детерминированный	Гибридный с LLM
Релевантных процессов запущено из 90	0	55	77
Доля релевантных запусков	0,0000	0,6111	0,8556
Fallback на целевых заявках	90	33	4
Доля fallback на целевых заявках	1,0000	0,3667	0,0444
Точное совпадение по 100 заявкам	10	65	84
Ошибочные профильные маршруты	0	2	12

В гибридном режиме количество запросов, отправленных в универсальную очередь, сократилось с 33 до 4, а количество запусков подходящих процессов увеличилось с 55 до 77. Однако эти результаты не свидетельствуют о явном преимуществе использования большой языковой модели. Количество ошибочных выборов специализированного процесса увеличилось с 2 при использовании регулярных выражений до 12 в гибридном режиме. При повторной обработке исторических запросов доля правильных решений снизилась с 0,9652 до 0,9127.

Показатели производительности системы также ограничивают возможность применения языковой модели ко всем запросам. Среднее время обработки составило 14,48 секунды, при этом 95% запросов обрабатывались не более чем за 35,04 секунды. Доля успешных вызовов составила 93,25%, а доля случаев, когда из-за сбоя в работе языковой модели использовался резервный метод обработки, — 27%. Таким образом, генеративную модель целесообразно использовать для выборочной корректировки порядка выбранных вариантов — для сложных и неоднозначных запросов.

Проверка на вручную созданных запросах выявила основной риск исследования — ограниченную способность системы обрабатывать запросы, отличающиеся от обучающих примеров. На десяти составленных вручную запросах, которые не использовались при обучении, комбинация из четырех классических этапов обработки обеспечивала правильный выбор процесса только в 20% случаев. Средний показатель F1 по классам, учитывающий точность и полноту классификации, составил 0,0556. Система классифицировала восемь из десяти запросов как запросы на доступ. Во всех случаях соблюдались установленные правила и ограничения. Таким образом, соблюдение требований безопасности само по себе не гарантирует правильный выбор процесса.

После добавления карточек с описаниями процессов локальная нейросетевая модель правильно определяла процесс в 60% случаев на другом наборе из десяти запросов, которые отличались от обучающих данных. Для базовой версии, работающей без доступа к внешним сервисам, этот показатель составил 20%. Из-за небольшого размера выборки результат следует считать предварительным. Он указывает на возможность использования карточек с описаниями процессов и уточнения порядка вариантов путем попарного сравнения, но требует проверки на более широком наборе запросов.

Выводы

В проведенном эксперименте разработанный подход позволил увеличить количество запусков подходящих процессов с 55 до 77 и сократить количество обращений в универсальную очередь с 33 до 4. Подход сочетает в себе возможности моделей для анализа содержания запросов с контролем допустимости действий: установленные ограничения остаются обязательными, а случаи, требующие уточнения, передаются оператору.

Перспективным направлением является последовательное применение правил и моделей, при этом языковая модель активируется по мере необходимости. Правила определяют допустимые границы для принятия решений, локальные модели выбирают подходящие процессы, а языковая модель участвует в анализе сложных запросов. В случае недостаточной уверенности окончательное решение принимает оператор. Дальнейшая работа будет направлена на определение пороговых значений для отдельных классов запросов и оценку статистической достоверности результатов на новых выборках исторических данных.

Список литературы

1. Трифонов П.В., Матяш А.И. Современные подходы к управлению бизнес-процессами с помощью технологии RPA // Креативная экономика. 2021. № 8. С. 3249–3262. URL: <https://1economic.ru/lib/113118> (дата обращения 21.09.2026).
2. Соснило А.И., Соловьёв Р.С. Оценка влияния технологии роботизации бизнес-процессов на современную экономическую систему // Управленческое консультирование. 2022. № 2. С. 63–69. URL: <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2022-2-63-69> (дата обращения 21.09.2026).
3. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python // Journal of Machine Learning Research. 2011. Vol. 12, I. 85. P. 2825–2830. URL: <https://jmlr.org/papers/v12/pedregosa11a.html> (accessed 21.09.2026).
4. Kuratov Y., Arkhipov M. Adaptation of Deep Bidirectional Multilingual Transformers for Russian Language. 2019. URL: <https://arxiv.org/abs/1905.07213> (accessed 21.09.2026).

5. Sanh V., Debut L., Chaumond J., Wolf T. DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper and lighter. 2019. URL: <https://arxiv.org/abs/1910.01108> (accessed 21.09.2026).
6. Li J., Cheng X., Zhao X. et al. HaluEval: A Large-Scale Hallucination Evaluation Benchmark for Large Language Models // Proceedings of EMNLP 2023. Singapore, 2023. P. 6449–6464. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/2023.emnlp-main.397> (accessed 21.09.2026).
7. Скворцова Н.А., Захаров А.В., Булатов И.И. Цифровая трансформация бизнес-процессов на основе технологий искусственного интеллекта (российский и международный опыт) // Экономика, предпринимательство и право. 2025. Т. 15, № 1. С. 131–152. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-biznes-protssessov-na-osnove-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-rossiyskiy-i-mezhdunarodnyy-opyt> (дата обращения 21.09.2026).
8. Ермакова С.Э., Еникеев И.М., Еникеева Е.М. Актуальные вопросы теории и практики применения технологий искусственного интеллекта в бизнес-процессах // Креативная экономика. 2025. Т. 19, № 5. С. 1253–1274. URL: <https://1economic.ru/lib/123109> (дата обращения 21.09.2026).
9. Geifman Y., El-Yaniv R. Selective Classification for Deep Neural Networks. 2017. URL: <https://arxiv.org/abs/1705.08500> (accessed 21.09.2026).
10. Andersen J.S., Maalej W. Efficient, Uncertainty-based Moderation of Neural Networks Text Classifiers // Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL 2022. Dublin, 2022. P. 1536–1546. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/2022.findings-acl.121> (accessed 21.09.2026).

© Булгаков Г.Г., 2026

**СЕКЦИЯ
СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ РАБОТНИКОВ ИТ-ОТРАСЛИ: ОБЗОР ДАННЫХ

Булгаков Геннадий Геннадьевич

аспирант

ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»

Аннотация: В работе обобщен эмпирический опыт внедрения генеративных нейросетей, и показано их реальное влияние на то, чем каждый день заняты ИТ-специалисты, и как они себя при этом воспринимают. Принято считать, что ИИ повлияет прежде всего на кодеров, однако на деле масштабная перестройка затрагивает и QA, и бизнес-аналитику, и техподдержку, и даже сферу UX-дизайна. Мы показываем, что глубина этих изменений диктуется самим продуктом — насколько легко его вогнать в стандарты, сгенерировать и затем проверить. Особое внимание уделено тому, как специалист превращается из непосредственного творца в «оператора-верификатора», и как это порождает острый кризис профессионального авторства. Отдельно затронута проблема кадрового голода и барьеров для джуниоров. Имеющиеся на сегодняшний день данные довольно противоречивы, поэтому делать окончательные выводы пока рано.

Ключевые слова: генеративный искусственный интеллект, ИТ-сектор, профессиональная идентичность, разработчики ПО, автоматизация рабочих процессов, компетенции, профессиональное авторство, рынок труда.

GENERATIVE AI AND THE PROFESSIONAL IDENTITY OF IT WORKERS: A REVIEW OF EVIDENCE

Bulgakov Gennadii Gennad'evich

Abstract: This study synthesizes empirical experience regarding the implementation of generative neural networks and demonstrates their tangible impact on the daily work of IT professionals, as well as on their self-perception. While AI is commonly thought to primarily affect coders, in reality, this large-scale transformation extends to QA, business analysis, technical support, and even UX

design. We suggest that the extent of these workplace shifts is largely dictated by the specific nature of the output—namely, how easily it can be standardized, generated, and audited. We also explore the ongoing shift from direct artifact creation to prompt engineering and verification, a transition that inevitably triggers an authorship dilemma. Finally, the paper addresses new barriers entering the IT market. Since the current evidence is somewhat conflicting, drawing definitive long-term conclusions would be premature.

Key words: generative artificial intelligence, IT industry, professional identity, software developers, workflow automation, competencies, professional authorship, labor market.

Введение

Бум генеративного ИИ (GenAI) — это далеко не только история про риск массовых увольнений. Речь идет о гораздо более глубоком изменении: меняется сам набор компетенций, за которые рынок готов платить специалисту. Как справедливо отмечают аналитики, полная замена человека алгоритмом маловероятна, зато подавляющее большинство профессий ждет радикальная перекройка ежедневного функционала [1]. Опросы показывают любопытную картину: хотя больше половины ИТ-специалистов обращаются к нейросетям ежедневно, реального доверия к их ответам почти нет. Специалисты жалуются, что большая доля времени уходит на банальную отладку того, что сгенерировано при помощи ИИ [2]. В российских компаниях ситуация похожая: ИИ-ассистенты внедряются повсеместно, но эйфория уже сменяется прагматичным скепсисом [16].

При этом в медиа и даже в научной среде почему-то принято говорить исключительно о будущем программистов. Такой узкий подход оставляет за бортом огромный пласт индустрии. Ведь цифровой продукт — это еще и результат работы QA-инженеров, аналитиков, службы поддержки и UX-дизайнеров [3]. В данном обзоре предпринята попытка собрать воедино то, как именно нейросети ломают и перестраивают работу самых разных профилей в ИТ. Следует определить, от чего зависит, насколько сильно ИИ поменяет работу в той или иной сфере?

Данные и подход к обзору

Материалом для анализа послужили статьи, доклады конференций и свежие препринты 2025–2026 годов. Мы отбирали те из них, где есть сухая

фактура: кто и как использует генеративный ИИ, что происходит с метриками производительности и найма. Одним из критериев оценки влияния ИИ следует выделить мысль о том, что нейросеть умеет писать код или создавать изображения, вовсе не гарантирует, что бизнесу будет выгодно автоматизировать весь процесс целиком [1]. Заключение об эффективности внедрения ИИ стоит рассматривать в контексте каждого отдельно взятого процесса и, главное, учитывать цену проверки того, что сгенерировала «машина».

Например, одни из последних экспериментов подсветили интересный феномен. Младшие ИТ-программисты выжимают из ИИ максимальную выгоду, резко ускоряя свою работу [4], исполняя задачи своего уровня. В то время как опытные старшие специалисты, когда берутся за выполнение нетривиальных задач, порой только теряют часы, пытаясь распутать логику машинного кода [5]. Поэтому бессмысленно рассуждать о влиянии нейросетей «в вакууме» — смотреть нужно строго через призму специфики решаемой задачи.

Неравномерность воздействия внутри ИТ-отрасли

Кажется очевидным, что нейросети действительно ускоряют определенные этапы работы [4]. Но как только дело доходит до сложной интеграции, длительного ревью или восстановления утерянного бизнес-контекста, выигрыш от использования ИИ нивелируется часами высококвалифицированного человеческого труда [2; 5]. Напрашивается вывод о том, что алгоритм не способен «заменить программиста» как класс. Он отбирает лишь часть рутины — написание шаблонных тестов или скриптов.

Зато среди специалистов поддержки ситуация обстоит иначе: здесь ИИ уверенно поднимает общую продуктивность примерно на 15%. Однако большую часть прироста продуктивности по статистике приносят запросы требующие внимания младших специалистов поддержки [6].

Это логично — стандартные диалоги с клиентами отлично ложатся в логику языковых моделей. Однако и тут живой оператор никуда не исчезает, ведь кто-то должен выявлять нетипичные инциденты и принимать решение об эскалации.

Похожая ситуация складывается и в тестировании (QA): ИИ уже вовсю пишет скрипты [7], но ставить цели, взвешивать риски и определять стандарты качества по-прежнему приходится живому человеку.

В аналитике нейросети приспособили для формализации спецификаций [8]. Алгоритму можно поручить набросать черновик, но трактовать бизнес-

ценность требования он не сможет. То же самое с техническими писателями: генерация «рыбы» документа делегируется ИИ, а вот сложные проверки фактов и редакция остаются сугубо человеческой прерогативой [9].

Даже в UX/UI-дизайне, где ИИ отлично справляется с быстрыми прототипами, ключевые вещи — эмпатия к пользователю и стратегическое видение — остаются за дизайнером [10].

Тип профессионального результата как фактор глубины изменений

Если обобщить вышеописанные тенденции, можно выделить три критерия, определяющих потенциал применения ИИ к профессиональным задачам: стандартизируемость (наличие четко определенного формата результата), генеративность (способность ИИ создать приемлемую исходную версию), верифицируемость (возможность быстро оценить качество результата без необходимости полностью переделывать работу).

Чем выше значения этих показателей, тем больше роль специалиста смещается от непосредственного достижения результата к постановке задачи, контролю качества и принятию окончательных решений.[1; 4; 6; 9; 10].

Основные направления такой трансформации применительно к различным профессиональным ролям представлены ниже (табл. 1).

Таблица 1

Тип профессионального результата и трансформация роли

Профессиональная роль	Характерный результат	Наиболее генерируемая часть	Смещение человеческой работы
Разработчик ПО	Код, тесты, компоненты	Типовой код, рефакторинг	Архитектура, интеграция, проверка кода
Тестировщик (QA)	Тест-кейсы, скрипты	Шаблоны сценариев, заглушки	Критерии приемки, оценка рисков
Аналитик	Спецификации, user stories	Черновики ТЗ, суммаризация	Валидация требований, контекст
Техподдержка	Ответы клиентам, FAQ	Шаблонные ответы, сборки баз	Уникальные кейсы, эскалация

Продолжение таблицы 1

Технический писатель	Техническая документация	Драфты документации	Фактчекинг, структура, редакция
UX/UI-дизайнер	Прототипы, тексты UI	Черновые макеты, идеи	Концептуальное проектирование

В то же время автоматизация отдельных задач не умаляет важности профессиональных знаний. Хотя наиболее заметное увеличение скорости работы наблюдается у начинающих специалистов [4; 6], выявление неочевидных ошибок в моделях, архитектурных недостатков и недостоверных результатов требует глубоких профессиональных знаний и практического опыта [5].

От создания к проверке: идентичность, авторство и ответственность

Исследования Microsoft показывают, что разработчики готовы делегировать рутинные задачи искусственному интеллекту, но стремятся сохранить самостоятельность в тех видах деятельности, которые, по их мнению, являются основой их профессиональной уникальности [11]. Материалы глубинных интервью с дизайнерами и разработчиками также свидетельствуют о том, что использование ИИ для подготовки первоначальных вариантов решений может сопровождаться переоценкой собственного вклада в конечный результат [12].

Таким образом, меняется основа профессиональной идентичности: фокус смещается с непосредственного создания продукта на постановку задач, выбор решений и оценку их качества. Творческая составляющая в этом процессе не исчезает, но все больше проявляется в определении концепции и управлении процессом ее реализации. На этом фоне возникает противоречие между субъективным ощущением авторства и сохраняющейся ответственностью за результат. Специалист может в меньшей степени воспринимать продукт как свою работу, но при этом по-прежнему нести профессиональную и, в предусмотренных случаях, юридическую ответственность за допущенные ошибки [2; 12]. Подобные процессы размывания профессиональных границ отмечаются и в исследованиях российских IT-специалистов [17].

Восприятие искусственного интеллекта как угрозы профессиональному статусу может вызывать защитные реакции и побуждать специалистов пересматривать свои стратегии обучения и развития [13]. В этих условиях

можно предположить, что значимость IT-специалиста будет все больше определяться не только навыками, необходимыми для непосредственного написания кода, но и умением обосновывать выбор технологического стека, выявлять архитектурные недостатки и декомпозировать задачи для их реализации с помощью ИИ. Российские эксперты также отмечают, что использование языковых моделей требует усиленного архитектурного контроля и более тщательной проверки предлагаемых ими решений.

Изменение условий входа в профессию

Одним из наиболее значимых последствий распространения генеративного ИИ является изменение условий для начала карьеры в сфере информационных технологий. Базовые задачи, которые организации считают рутинными, традиционно служили для начинающих специалистов способом развития профессиональных навыков. Делегирование таких задач языковым моделям может сократить возможности для обучения на практике [12]. Возникает противоречие: инструменты ИИ упрощают выполнение определенных операций, но в то же время могут ограничивать доступ к опыту, необходимому для перехода на следующий квалификационный уровень.

Данные исследований рынка труда свидетельствуют о сокращении доли вакансий для младших специалистов примерно на 14–15% после распространения ChatGPT, а также о повышении требований к опыту и коммуникативным навыкам кандидатов [14]. В то же время наблюдаются и другие тенденции: в компаниях, активно использующих GitHub Copilot, наблюдается определенный рост найма, в том числе на позиции начального уровня. При этом растет важность нетехнических компетенций соискателей [15]. Эти результаты указывают на неоднородность изменений: внедрение ИИ может сопровождаться как снижением спроса на специалистов начального уровня, так и расширением возможностей для их найма в зависимости от пересмотра квалификационных требований.

Таким образом, условия для начала карьеры меняются не только количественно, но и качественно. Уже на начальных этапах карьеры возрастает важность системного мышления, критической оценки сгенерированного кода и взаимодействия с представителями бизнеса. Это подчеркивает необходимость разработки новых форматов обучения и наставничества, которые позволят специалистам начального уровня получить практический опыт и развить профессиональное суждение в контексте автоматизации типовых задач.

Заключение

Подводя итог, следует отметить, что существующая исследовательская база пока не позволяет в полной мере оценить влияние генеративного ИИ на профессиональную деятельность в сфере информационных технологий. Большинство исследований посвящено разработчикам программного обеспечения [3]. Эмпирические данные часто получают на основе небольших качественных выборок [12; 13] или с помощью опросов с участием добровольцев, что ограничивает возможность обобщения результатов [2; 14]. Кроме того, стремительное развитие технологий требует регулярного пересмотра выводов, сделанных на основе предыдущих поколений моделей [5].

Несмотря на эти ограничения, рассмотренные исследования позволяют выявить общую тенденцию: характер трансформации профессиональной деятельности связан со свойствами получаемого продукта, в первую очередь с возможностями его стандартизации, создания и проверки. Задачи, связанные с получением формализованного цифрового продукта, в большей степени поддаются автоматизации. В то же время происходит перераспределение функций между людьми и ИИ: подготовка первоначальных версий всё чаще перекладывается на модель, в то время как постановка задач, оценка качества и принятие окончательных решений остаются за специалистом.

Таким образом, одним из ключевых социальных последствий распространения генеративного ИИ в сфере информационных технологий является смещение профессиональной роли от непосредственного создания результата к организации и проверке процесса его получения. Этот переход не устраняет творческую составляющую и потребность в экспертных знаниях, но меняет формы их проявления. Центральное противоречие заключается в сокращении непосредственного участия человека в создании продукта при сохранении его ответственности за качество конечного результата.

Список литературы

1. Gmyrek P., Berg J., Kamiński K., Konopczyński F., Ładna A., Nafradi B., Rosłaniec K., Troszyński M. Generative AI and Jobs: A Refined Global Index of Occupational Exposure // ILO Working Paper 140. 2025. pp. 1–72. URL: <https://doi.org/10.54394/HETP0387> (accessed: 09.09.2026).

2. 2025 Developer Survey: AI; Methodology // Stack Overflow. 2025. URL: <https://survey.stackoverflow.co/2025/> (accessed: 10.09.2026).
3. Melegati J. Role and Identity Work of Software Engineering Professionals in the Generative AI Era // Proceedings of CHASE@ICSE 2026. 2026. pp. 138–142. URL: <https://arxiv.org/abs/2602.18190> (accessed: 11.09.2026).
4. Cui K. Z., Demirer M., Jaffe S., Musolff L., Peng S., Salz T. The Effects of Generative AI on High-Skilled Work: Evidence from Three Field Experiments with Software Developers // Management Science. 2026. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4945566 (accessed: 11.09.2026).
5. Becker J., Rush N., Barnes E., Rein D. Measuring the Impact of Early-2025 AI on Experienced Open-Source Developer Productivity // arXiv. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2507.09089> (accessed: 11.09.2026).
6. Brynjolfsson E., Li D., Raymond L. Generative AI at Work // The Quarterly Journal of Economics. 2025. Vol. 140, No. 2. pp. 889–942. URL: <https://doi.org/10.1093/qje/qjae044> (accessed: 11.09.2026).
7. Ricca F., Marchetto A., Stocco A. A Multi-Year Grey Literature Review on AI-Assisted Test Automation // Information and Software Technology. 2025. Vol. 186. Article 107799. URL: <https://arxiv.org/abs/2408.06224> (accessed: 10.09.2026).
8. Cheng H., Husen J.H., Lu Y. et al. Generative AI for Requirements Engineering: A Systematic Literature Review // Software: Practice and Experience. 2026. Vol. 56, No. 2. pp. 141–170. URL: <https://doi.org/10.1002/spe.70029> (accessed: 11.09.2026).
9. de Souza K., Nikolaev A., Koponen M. Generative AI for Technical Writing: Comparing Human and LLM Assessments of Generated Content // Proceedings of the Joint 25th Nordic Conference on Computational Linguistics and 11th Baltic Conference on Human Language Technologies. 2025. pp. 661–679. URL: <https://aclanthology.org/2025.nodalida-1.67/> (accessed: 11.09.2026).
10. Luo Y. Designing With AI: A Systematic Literature Review on the Use, Development, and Perception of AI-Enabled UX Design Tools // Advances in Human-Computer Interaction. 2025. URL: <https://doi.org/10.1155/ahci/3869207> (accessed: 12.09.2026).
11. Choudhuri R., Badea C., Bird C., Butler J., DeLine R., Houck B. AI Where It Matters: Where, Why, and How Developers Want AI Support in Daily Work // Microsoft Research. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2510.00762> (accessed: 12.09.2026).

12. Zulu N. C., Åkesson M., Thomsen M. What Does Generative AI Mean for My Professional Competence? Insights into the Perspectives of Digital Creative Professionals // Interacting with Computers. 2026. Article iwaf056. URL: <https://doi.org/10.1093/iwc/iwaf056> (accessed: 12.09.2026).
13. Cao L., Werder K., Park E. H., Ramesh B., Li Y., Kumar A. Identity Threats of GenAI: Defensive and Adaptive Responses of Software Professionals // IT Professional. 2026. Vol. 28, No. 3. pp. 66–73. URL: <https://doi.org/10.1109/MITP.2026.3682117> (accessed: 12.09.2026).
14. Westby S., Sasser Modestino A., Cheng P. Generative AI and the Redefinition of Entry-Level Software Work // IZA Discussion Paper No. 18723. 2026. URL: <https://docs.iza.org/dp18723.pdf> (accessed: 12.09.2026).
15. Baird M., Carpanelli M., Xu B., Xu K. Firms' GitHub Copilot Adoption and Labor Market Outcomes for Software Engineers // Contemporary Economic Policy. 2026. pp. 1–22. URL: <https://doi.org/10.1111/coep.70035> (accessed: 12.09.2026).
16. Стоянова О.В., Окусов И.С. Проникновение искусственного интеллекта в жизненный цикл разработки программного обеспечения: эмпирический анализ рынка труда // Бизнес-информатика. 2026. Т. 20, № 2. С. 81–93. URL: <https://bijournal.hse.ru/article/download/28267/31334/> (дата обращения: 22.09.2026).
17. Лебедева Л.С., Морозова Е.Б., Карей Э.Э. ИИ трансформирует спрос на компетенции работников. М. : ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, 2026. URL: <https://issek.hse.ru/news/1149346227.html> (дата обращения: 22.09.2026).
18. Лукьянова А.Л., Талакаускас Д.С. Структурные парадоксы рынка ИИ-компетенций. М. : ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, 2026. URL: <https://issek.hse.ru/news/1172434027.html> (дата обращения: 22.09.2026).

© Булгаков Г.Г., 2026

DOI 10.46916/24092026-4-978-5-00276-175-3

**АСИММЕТРИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ВЕРИФИКАЦИИ: ВЛИЯНИЕ
ГЕНЕРАТИВНОГО ИИ НА ПРАКТИКИ СОГЛАСОВАНИЯ
И ПЕРЕДАЧИ ЗНАНИЙ В ИТ-КОМАНДАХ**

Петров Иван Николаевич

аспирант

ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»

Аннотация: В статье исследуется расхождение между ростом индивидуальной производительности разработчиков и снижением стабильности коллективного результата при использовании генеративного ИИ. Предложена модель асимметрии удешевления: инструменты радикально снизили издержки производства кода, но почти не снизили издержки его проверки и легитимации. Обосновывается, что это приводит к смещению узкого места на верификацию, размытию ответственности и ослаблению механизмов передачи неявного знания в ИТ-командах.

Ключевые слова: генеративный ИИ, разработка программного обеспечения, ревью кода, передача знаний, ИТ-команды, производительность.

**ASYMMETRY OF PRODUCTION AND VERIFICATION: THE IMPACT
OF GENERATIVE AI ON THE PRACTICES OF COORDINATION
AND KNOWLEDGE TRANSFER IN IT TEAMS**

Petrov Ivan Nikolaevich

Abstract: The article explores the divergence between the growth in individual developer productivity and the decline in the stability of collective outcomes when generative AI is used. A model of cost reduction asymmetry is proposed: the tools have radically reduced the costs of code production but have barely reduced the costs of its verification and legitimation. It is argued that this leads to a shift of the bottleneck to verification, a blurring of responsibility, and a weakening of the mechanisms for transferring tacit knowledge in IT teams.

Key words: generative AI, software development, code review, knowledge transfer, IT teams, productivity.

Введение

К 2025 году генеративные инструменты стали для разработчиков почти повседневной нормой. Согласно отчёту DORA, ими пользуются 90% специалистов, и больше 80% считают, что работают теперь продуктивнее [1]. Но в тех же исследованиях видна и обратная сторона: стабильность поставки падает, неудачных изменений становится больше, растёт объём переделок [1]. Недоверие к точности того, что выдают инструменты, тоже усилилось: доля скептиков среди разработчиков выросла с 31% до 46% [2]. Эта картина повторяется от источника к источнику. Отдельный разработчик работает быстрее, по крайней мере, по собственной оценке, а общий результат команды становится менее надёжным.

Обычно это расхождение пытаются объяснить с позиции отдельного человека: эффект инструмента оценивают по тому, насколько быстрее конкретный разработчик справляется с задачей. При таком взгляде из поля зрения выпадает как раз то, что затронуто в первую очередь, а именно устоявшийся в команде порядок работы. Речь о том, как согласуются решения, как распределяется ответственность и как профессиональное знание передаётся от опытных к новичкам. Эти практики существуют на уровне коллектива: команда сама поддерживает и воспроизводит их, и к сумме индивидуальных показателей они не сводятся.

В статье исходим из того, что за наблюдаемыми сдвигами стоит один общий механизм, который далее называется асимметрией удешевления. Генеративные инструменты резко снизили стоимость создания программного артефакта. Проверить этот артефакт, признать его приемлемым и дать новичку в нём разобраться почти так же дорого, как раньше. Задача статьи состоит в том, чтобы превратить это допущение в объяснительную модель и предложить способ проверить её на эмпирических данных.

1. Асимметрия производства и верификации как механизм

1.1. Удешевление производства при неизменной стоимости проверки и обучения

Генеративные инструменты радикально снизили издержки производства программного артефакта, но издержки последующих операций с ним почти не изменились. Различие не техническое, а структурное: проверка, легитимация и обучение новичка упираются в ресурс, который не масштабируется вместе с вычислениями, — во внимание компетентного человека и в его готовность

отвечать за результат. Ревьюер не может делегировать понимание того, что он принимает; наставник не может делегировать объяснение, если объяснение и есть передаваемое. Обе операции остаются трудоёмкими ровно в той мере, в какой они и были.

Отсюда асимметрия: производство ускорилося, проверка и воспроизводство — нет. Нагрузка на них при этом растёт пропорционально объёму произведённого, и именно это смещает узкое место производственного процесса, не меняя его формально.

Объяснительный выигрыш модели состоит в следующем. Наблюдаемые сдвиги — проблематизация ответственности, перегрузка верификации, утрата задач начального уровня, ослабление неформальной передачи знания — описаны в литературе порознь, как самостоятельные эффекты внедрения. Предлагаемая модель выводит их из одного основания и предсказывает, что они должны наблюдаться совместно, а не по отдельности. Это отличает её от перечислительных описаний и делает проверяемой: обнаружение любого из сдвигов при отсутствии остальных модель опровергает.

2. Контур согласования: рецензирование и ответственность

2.1. Исчезновение презумпции авторства

Рецензирование кода в том виде, в каком оно сложилось, выстроено вокруг автора. А. Баккелли и К. Бёрд показали, что от ревью прежде всего ждут поиска дефектов, однако на деле оно во многом решает другие задачи: через него распространяется знание о системе, согласуются решения и поддерживается общее понимание кодовой базы [3]. Все три функции держатся на одном негласном условии: у изменения есть автор, и он может объяснить, почему сделал именно так.

С появлением генеративных инструментов это условие перестаёт выполняться. Разработчик, который взял сгенерированный фрагмент и отправил его на ревью, по-прежнему числится автором изменения, но совсем не обязательно понимает, почему в нём приняты те или иные решения. Рецензент теперь оценивает не то, что человек написал, а то, что он согласился принять. Вопрос «почему здесь так?» задать можно, но ответить на него некому. Формально процедура ревью остаётся на месте, но теряет то, на чём она по-настоящему держалась: возможность получить от автора объяснение.

2.2. Неурегулированность ответственности за принятое

Распространённое возражение состоит в том, что ответственность и прежде лежала на принимающем изменении, так что в этом отношении всё

осталось по-прежнему. Возражение верно формально и неверно по существу. Изменилось основание вменения: прежде ответственность принимающего опиралась на понимание, теперь — на факт принятия при возможном отсутствии понимания.

Такая конфигурация воспроизводит описанную Х. Ниссенбаум проблему многих рук [4]: вклад каждого участника по отдельности недостаточен для вменения, а совокупный результат, тем не менее, требует ответственного. Итог описан М.К. Элиш как «моральная зона смятия»: ответственность концентрируется на человеке, ближайшем к автоматизированной системе, независимо от степени его реального контроля над результатом [5]. Роль ревьюера оказывается именно такой позицией: он отвечает за то, что не производил и не всегда в состоянии проверить исчерпывающе.

Сопутствующий эффект — рост невидимого труда [6]. Издержки, возникающие при верификации принятого кода, ложатся на рецензента, но не фиксируются ни в одной учётной системе: метрики фиксируют произведённое, а не проверенное.

2.3. Смещение узкого места и его следы в метриках

Асимметрия удешевления предсказывает смещение узкого места с написания кода на его проверку. Косвенные подтверждения содержатся в отраслевых данных.

В отчёте DORA за 2025 год зафиксирована двойственная картина: поставка идёт быстрее, но становится менее стабильной. На фоне повсеместного внедрения инструментов растёт и число неудачных изменений, и объём переделок [1]. Похожее видно в телеметрии Faros AI, собранной по 22 тыс. разработчиков. Когда организации переходят от низкого уровня использования ИИ к высокому, медианное время, которое изменение находится на ревью, вырастает на 441%, а запросов, которые сливаются вообще без рецензирования, становится на 31% больше [7]. Второй показатель особенно важен. Он говорит не о том, что проверка ускорилась, а о том, что под нагрузкой от неё просто отказываются.

Более прямое подтверждение того, что нагрузка по проверке смещается на рецензентов, дают данные по 22 953 запросам на слияние от 1719 разработчиков, работающих с генеративными агентами [8]. У менее опытных участников в запросах в 2,15 раза больше коммитов, рецензенты оставляют к ним в 4,52 раза больше комментариев, принимают их на 31% реже,

а открытыми они остаются в 5,16 раза дольше. Авторы исследования делают вывод без обиняков: неопытные разработчики заняты тем, чтобы производить код, а проверять его приходится рецензентам.

3. Контур воспроизводства: вхождение в профессию и передача контекста

Задачи начального уровня, вроде исправления мелких багов, написания тестов или небольших локальных правок, традиционно были нужны не только для дела, но и для обучения. Если пользоваться понятиями Дж. Лейв и Э. Венгера, они составляли зону легитимного периферийного участия: именно через неё новичок постепенно входил в профессиональное сообщество и осваивал его практику [9]. И как раз с такими задачами генеративные инструменты справляются особенно уверенно.

Главная проблема здесь не в том, что начинающих специалистов стали меньше нанимать, а в том, что пропадает сам путь в профессию. Когда задачи, на которых люди набирались опыта, перестают доставаться новичкам, профессиональная группа воспроизводится не просто медленнее: у неё исчезает механизм воспроизводства. Косвенно на это указывают данные Э. Бриньолфссона и соавторов. В профессиях, сильнее всего затронутых ИИ, занятость работников 22–25 лет снизилась на 16% по сравнению со старшими возрастными группами, а в пересмотренной версии работы 2026 года разрыв вырос до 19%. Причём спад приходится в основном на те области, где ИИ заменяет человеческий труд, а не помогает ему [10].

3.1. Ослабление неформальной передачи знания

Существенная часть профессионального знания неявна и передаётся разговором о конкретных случаях [11, 12]. В таком разговоре вместе с решением передаётся то, что в ответе системы отсутствует: границы применимости, история предыдущих попыток, причины, по которым в этом коде принято поступать так, а не иначе.

Смена адресата вопроса — от коллеги к системе — сохраняет решение и утрачивает контекст. Обследования фиксируют рост обращения к инструментам в учебных целях: 44% разработчиков используют их для освоения нового против 37% годом ранее [2]. Учебная функция, таким образом, не исчезает, а перемещается в канал, который передаёт меньше.

Хорошо это видно на одной практике, которую автор замечает, работая в распределённых командах, и о которой слышит от коллег из других команд.

Когда младший сотрудник приходит к старшему с содержательным вопросом, тот всё чаще не объясняет сам, а советует спросить у языковой модели. Наставничество, которое и раньше в отрасли было развито слабо, превращается в формальную ответственность за результат. Причины люди называют разные. Одни говорят, что задач стало больше и времени на объяснения просто нет. Другие считают, что модель отвечает достаточно хорошо, а то и лучше, чем они сами. Важно, что при такой переадресации теряет не только тот, кто спрашивает, лишаясь контекста. Теряет и тот, кто мог бы объяснить: принято считать, что, излагая материал другому, человек сам начинает лучше в нём разбираться. Кроме того, младшие сотрудники перенимают эту практику и начинают воспринимать её как норму.

3.2 Конкурирующее объяснение

Сокращение возможностей входа в профессию может быть объяснено не только внедрением генеративных инструментов. З. Исценко и Ф. Курто Милле показывают, что число вакансий начало снижаться ещё весной 2022 г., то есть до широкого распространения этих инструментов, причём для младших и старших позиций примерно одинаково [13]. Авторы связывают это с общим сжатием рынка на фоне ужесточения денежно-кредитной политики.

Возражение серьёзное, и имеющиеся данные не позволяют его отвергнуть. Однако два объяснения дают разные предсказания, и по ним их можно разграничить:

- если причина в состоянии рынка, обе категории позиций должны сокращаться примерно пропорционально;
- если верно предлагаемое здесь объяснение, то из сохраняющихся команд должны уходить именно задачи начального уровня.

Проверить это позволяет не статистика найма, а то, какую работу на деле поручают младшим сотрудникам.

4. Схождение контуров: внимание опытного разработчика как дефицитный ресурс

Рассмотренные контуры выше описаны отдельно, однако они зависят от одного и того же ресурса. Проверкой принятого кода и объяснениями для новичков обычно занимаются одни и те же люди — сотрудники, достаточно компетентные для того и другого. Как отмечалось в разделе 1.1, обе операции требуют внимания такого сотрудника и не дешевеют вместе с производством кода. При этом внимание ограничено и в пределах рабочего времени почти не может быть увеличено.

4.1. Конкуренция за внимание как следствие механизма

Получается, что с ростом объёма кода проверка и наставничество начинают соперничать друг с другом: чем больше внимания уходит на проверку, тем меньше его остаётся на объяснения. Здесь не утверждается, что перегруженный рецензент именно поэтому перестаёт наставлять младших. Речь о более скромной вещи: обе задачи тратят один и тот же ограниченный ресурс, а значит, затраты на них не могут меняться независимо друг от друга.

Если эмпирические данные подтвердят, что такая конкуренция действительно существует, встанет вопрос об обратной связи между контурами. Возможно, из-за ослабления наставничества всё больше кода принимается без понимания, и это ещё сильнее нагружает проверку. Имеющихся данных недостаточно, чтобы ответить на этот вопрос, поэтому он оставлен для дальнейших исследований и не относится к результатам статьи.

4.2. Программа эмпирической проверки

Положения модели, их индикаторы и условия опровержения сведены в табл. 1.

Таблица 1

Положения модели и условия их эмпирической проверки

Положение	Индикатор	Источник данных	Опровергается
Ответственность за принятое не урегулирована	Основания вменения при инциденте; наличие практик фиксации происхождения кода	Полуструктурированные интервью с рецензентами; регламенты ревью	Устойчивыми нормами вменения, сложившимися после внедрения
Узкое место сместилось на проверку	Время в ревью, размер запроса на слияние, доля слияний без ревью	Телеметрия репозиторий; отраслевые обследования	Ростом пропускной способности ревью, соразмерным росту производства
Задачи начального уровня утрачены	Состав работ, фактически поручаемых младшим сотрудникам	Интервью с тимлидами; трекары задач	Сохранением доли учебных задач при сокращении найма
Неформальная передача знания ослабевает	Адресат вопроса при затруднении; частота переадресации к модели	Опрос разработчиков; интервью	Сохранением частоты обращений к коллегам
Контуры конкурируют за внимание	Соотношение затрат времени на ревью и на объяснение у одного сотрудника	Интервью с ретроспективным сравнением; учёт рабочего времени	Независимой динамикой обеих величин

Дизайн интервью. Интервьюировать предлагается две группы: разработчиков, которые проводят ревью кода, и тех, кто работает в профессии первые годы. Планируется опросить 20–30 человек, подобрав их так, чтобы в выборке были представлены разные организационные условия. Вопросы лучше строить через сравнение: просить человека вспомнить, как он поступал в похожей ситуации, скажем, два года назад, а не спрашивать, почему он поступает так сейчас. Объяснять мотивы своих поступков люди умеют хуже, чем описывать, как изменилось их поведение, так что рассказ о поведении даёт более надёжные данные.

Ограничения. Первое: то, как разработчики сами оценивают свою продуктивность, систематически расходится с реальными измерениями. В одном контролируемом эксперименте участники были уверены, что с ИИ стали работать на 20% быстрее, хотя на самом деле тратили на задачи на 19% больше времени [14]. Второе: компании, внедрившие инструменты, могли отличаться от остальных ещё до внедрения, поэтому наблюдаемые корреляции нельзя принимать за причинно-следственные связи. Третье: большая часть используемых данных собрана на западном материале, и насколько они применимы к российскому рынку труда, нужно обосновывать отдельно.

Выводы

Четыре изменения в работе ИТ-команд, которые обычно рассматривают по отдельности, можно вывести из одного корня. Генеративные инструменты сделали дешёвым написание кода, но проверить этот код, обосновать его и объяснить новичку почти так же дорого, как раньше. Все три задачи требуют внимания опытного сотрудника, а его не стало больше. Отсюда и всё остальное: рецензент оценивает уже не написанный, а принятый код; узким местом становится проверка; пропадают задачи, через которые люди входили в профессию; с вопросами теперь идут не к коллеге, а к модели.

Проверкой и объяснением занимаются одни и те же люди, поэтому, когда кода становится больше, эти две задачи начинают отнимать время друг у друга. Контуры согласования и воспроизводства, которые в статье разобраны порознь, не могут меняться независимо друг от друга.

Этим же объясняется, почему оценки эффекта на уровне отдельного разработчика дают неполную картину. Выигрыш в скорости попадает в метрики, а цена за него ложится на рецензирование и наставничество, то есть на работу, которую почти никто не учитывает. Растут одновременно и

производительность отдельного разработчика, и затраты команды, но заметна только первая.

Из модели следует, что меры, нацеленные лишь на ускорение генерации, усиливают нагрузку там, где и так находится ограничение. Если модель верна, организационные решения должны быть направлены на другое: нужно учитывать время, которое уходит на проверку и объяснение, и сохранять задачи начального уровня как способ обучения, а не рассматривать их только как статью расходов.

Список литературы

1. State of AI-assisted Software Development : 2025 DORA Report / Google Cloud. 2025. URL: <https://dora.dev/research/2025/dora-report/> (accessed 21.09.2026).
2. 2025 Stack Overflow Developer Survey. Stack Overflow, 2025. URL: <https://survey.stackoverflow.co/2025/> (accessed 21.09.2026).
3. Bacchelli A., Bird C. Expectations, Outcomes, and Challenges of Modern Code Review // Proceedings of the 35th International Conference on Software Engineering (ICSE 2013). San Francisco, 2013. P. 712–721. DOI: 10.1109/ICSE.2013.6606617.
4. Nissenbaum H. Accountability in a Computerized Society // Science and Engineering Ethics. 1996. Vol. 2, I. 1. P. 25–42. DOI: 10.1007/BF02639315.
5. Elish M.C. Moral Crumple Zones: Cautionary Tales in Human-Robot Interaction // Engaging Science, Technology, and Society. 2019. Vol. 5. P. 40–60. DOI: 10.17351/ests2019.260.
6. Star S.L., Strauss A. Layers of Silence, Arenas of Voice: The Ecology of Visible and Invisible Work // Computer Supported Cooperative Work. 1999. Vol. 8, I. 1–2. P. 9–30. DOI: 10.1023/A:1008651105359.
7. The AI Engineering Report 2026: The Acceleration Whiplash / Faros AI. 2026. URL: <https://www.faros.ai/blog/ai-acceleration-whiplash-takeaways> (accessed 21.09.2026).
8. Novice Developers Produce Larger Review Overhead for Project Maintainers while Vibe Coding / S.A. Asdaque, I. Haider, M.U. Malik et al. // arXiv. 2026. arXiv:2602.23905. URL: <https://arxiv.org/abs/2602.23905> (accessed 21.09.2026).

9. Lave J., Wenger E. Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation. Cambridge : Cambridge University Press, 1991. 138 p.
10. Brynjolfsson E., Chandar B., Chen R. Canaries in the Coal Mine? Six Facts about the Recent Employment Effects of Artificial Intelligence. Stanford Digital Economy Lab, 2026. URL: <https://digitaleconomy.stanford.edu/publication/canaries-in-the-coal-mine-six-facts-about-the-recent-employment-effects-of-artificial-intelligence/> (accessed 21.09.2026).
11. Orr J.E. Talking About Machines: An Ethnography of a Modern Job. Ithaca : Cornell University Press, 1996. 172 p.
12. Polanyi M. The Tacit Dimension. New York : Doubleday, 1966. 108 p.
13. Iscenko Z., Curto Millet F. Looking for the Ladder: Is AI Impacting Entry-Level Jobs? Washington : Economic Innovation Group, 2026. URL: <https://eig.org/wp-content/uploads/2026/01/TAWP-Iscenko-Millet.pdf> (accessed 21.09.2026).
14. Measuring the Impact of Early-2025 AI on Experienced Open-Source Developer Productivity / J. Becker, N. Rush, E. Barnes, D. Rein // arXiv. 2025. arXiv:2507.09089. URL: <https://arxiv.org/abs/2507.09089> (accessed 21.09.2026).

© Петров И.Н., 2026

**СЕКЦИЯ
ИСТОРИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

DOI 10.46916/24092026-2-978-5-00276-175-3

**РЕКОНСТРУКЦИЯ УТРАЧЕННЫХ ФРАГМЕНТОВ АРТЕФАКТОВ
МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: КУЛЬТУРНЫЙ
КОНТЕКСТ КАК ОГРАНИЧЕНИЕ И РАЗГРАНИЧЕНИЕ
ПОДЛИННОГО И ДОСТРОЕННОГО**

Ануров Александр Олегович

аспирант

Научный руководитель: **Ярушев Сергей Александрович**

к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»

Аннотация: В статье исследуется проблема применения методов машинного обучения для реконструкции повреждённых памятников материальной культуры. Рассматривается противоречие между визуальным правдоподобием сгенерированных фрагментов и их исторической достоверностью. Предлагается классификация методов достройки на основе источника данных (физические следы или корпус аналогий). Обосновывается необходимость сохранения за машинной реконструкцией статуса гипотезы, для чего формулируются шесть принципов, опирающихся на традиционные гуманитарные нормы реставрации и издания текстов.

Ключевые слова: машинное обучение, реконструкция артефактов, виртуальная археология, реставрация, цифровое наследие, эпиграфика.

**RECONSTRUCTION OF LOST ARTIFACT FRAGMENTS USING
MACHINE LEARNING: CULTURAL CONTEXT AS A CONSTRAINT
AND THE DISTINCTION BETWEEN THE AUTHENTIC
AND THE RECONSTRUCTED**

Anurov Aleksandr Olegovich

Scientific adviser: **Yarushev Sergey Aleksandrovich**

Abstract: The article explores the problem of applying machine learning methods to the reconstruction of damaged monuments of material culture. It considers the contradiction between the visual plausibility of generated fragments and

their historical authenticity. A classification of reconstruction methods by data source (physical traces or a corpus of analogies) is proposed. The article argues that machine reconstruction must retain the status of a hypothesis and formulates six principles for this, based on the established norms of restoration and text editing in the humanities.

Key words: machine learning, artifact reconstruction, virtual archaeology, restoration, digital heritage, epigraphy.

Введение

Применение методов машинного обучения к повреждённым памятникам материальной культуры в последние годы распространилось со вспомогательной обработки изображений на восполнение утраченных частей. Специализированные системы для эпиграфики выполняют восстановление лакун, датировку и географическую атрибуцию надписей [1, 2]. Генеративные модели изображения применяются для заполнения утраченных участков росписи и рельефа [3], модели трёхмерной формы используются для достройки фрагментированных сосудов и скульптуры [4]. Результат машинной достройки, как правило, стилистически согласован с сохранившейся частью памятника и визуально от неё не отличается.

Указанное свойство обуславливает научную проблему: правдоподобие реконструкции не тождественно её документированности. Достроенный фрагмент не обладает статусом исторического свидетельства и представляет собой вывод по аналогии, полученный из корпуса, на котором обучена модель. В гуманитарных дисциплинах разграничение подлинного и восполненного закреплено нормативно. При издании надписей восстановленный текст заключается в квадратные скобки лейденской системы [5]. Венецианская хартия предписывает отличимость восполнений от подлинных частей и прекращение реставрации там, где начинается гипотеза [6]. В теории реставрации Ч. Бранди сформулировано требование распознаваемости восполнения при близком рассмотрении [7]. Лондонская хартия вводит обязательную фиксацию параданных, то есть сведений о ходе интерпретации [8]. Для машинной достройки изображения и формы общепринятый аналог перечисленных средств отсутствует.

Исследование направлено на определение ограничений, накладываемых культурным контекстом на машинную реконструкцию утраченных фрагментов, и формулирование принципов, сохраняющих за реконструкцией статус гипотезы.

В рамках исследования предложены два новых положения. Методы машинной реконструкции разграничены по происхождению сведений, на которых основана достройка: физические следы на памятнике либо корпус аналогий, что позволяет отделить измерение от вывода по аналогии. Нормы разграничения подлинного и восполненного, выработанные в издании текстов и в реставрации, сведены к трём общим свойствам и распространены на машинную достройку изображения и формы в виде шести принципов.

Раздел 1. Типология повреждений и классы методов

1.1. Типы повреждений

Повреждения памятников, к которым применяется машинная достройка, разделяются на четыре типа по характеру утраченной информации. Утрата фрагмента означает отсутствие части носителя: отбитого участка рельефа, выпавшего участка росписи или мозаики, недостающих частей сосуда. При эрозии рельефа носитель сохраняется, но снижается различимость нанесённых на него изображений и знаков. Лакуна в тексте возникает вследствие первых двух типов и выделяется отдельно, поскольку утраченная информация имеет языковую природу и восполняется по иным правилам. Утрата полихромии характеризуется сохранностью формы при отсутствии красочного слоя, что типично для античной скульптуры [9]. Типы различаются объёмом сведений об утраченном, сохраняющихся на самом памятнике, и этим определяется допустимый способ восполнения.

1.2. Классы методов

Применяемые методы объединяются в четыре класса. Диффузионная достройка изображения формирует содержимое утраченной области последовательным удалением шума при условии согласованности с сохранившимися участками [3]. Трансформеры изображения, обучаемые как маскированные автоэнкодеры, восстанавливают скрытые участки по видимым и усваивают при обучении статистику корпуса [10]. Восполнение трёхмерной формы применяется к фрагментированным предметам, в частности к керамике, и достраивает недостающую геометрию по выборке целых предметов того же класса [4]. Специализированные системы для эпиграфики решают задачи восстановления текста, датировки и географической атрибуции. Система Pythia ограничена восстановлением греческих надписей [11], Ithaca дополняет его датировкой и атрибуцией [1], Aeneas распространяет подход на латинскую эпиграфику, учитывает изображение надписи и подбирает параллели из корпуса [2].

Общим для перечисленных классов является способ оценки качества. Показатели получены на искусственно скрытых участках неповреждённых образцов [1, 2], поскольку для действительной утраты эталон отсутствует. Публикуемая точность характеризует способность модели воспроизводить известное и не является оценкой достоверности восполнения утраченного.

1.3. Источник сведений для достройки

С позиции исторического исследования методы целесообразно различать по происхождению сведений, на которых основана достройка. Первый источник образуют физические следы на самом памятнике. Остатки египетской синей краски выявляются по люминесценции в ближней инфракрасной области [12]. Различия в выветривании камня под утраченной краской позволяют установить границы красочных полей [9]. Остаточный рельеф и следы инструмента фиксируются съёмкой поверхности при переменном освещении [13]. Реконструкция на такой основе является измерением: результат проверяется повторным обследованием памятника и не зависит от внешнего корпуса.

Второй источник образует корпус аналогий, то есть совокупность других памятников, на которой обучена модель. Реконструкция на этой основе является выводом по аналогии. Результат сообщает о типичном для корпуса и не содержит сведений о конкретном памятнике сверх его сохранившейся части. Все четыре класса методов, рассмотренные в разделе 1.2, относятся ко второму случаю. Соотношение типов повреждений, методов, источников сведений и последствий ошибки приведено ниже (табл. 1). Для эрозии рельефа и утраты полихромии указаны оба варианта, поскольку выбор между ними остаётся за исследователем.

Таблица 1

Типы повреждений, методы восполнения и источники сведений

Тип повреждения	Метод	Источник сведений	Цена ошибки
Утрата фрагмента	Диффузионная достройка [3], маскированные автоэнкодеры [10], восполнение формы [4]	Корпус аналогий; сохранившаяся часть задаёт только граничные условия	Вымышленная деталь иконографии или формы входит в описание и типологию памятника
Эрозия рельефа	Съёмка поверхности при переменном освещении [13]	Физические следы (измерение)	Ограничена погрешностью съёмки, устраняется повторным обследованием

Продолжение таблицы 1

Эрозия рельефа	Достройка изображения [3, 10]	Корпус аналогий	Ложное чтение знака или изображения
Лакуна в тексте	Pythia [11], Ithaca [1], Aeneas [2]	Корпус изданных надписей	Ложное чтение; при использовании в датировке и атрибуции ошибка переходит в хронологию и просопографию
Утрата полихромии	Люминесцентная визуализация [12], анализ выветривания и следов пигмента [9]	Физические следы (измерение)	Ограничена неполнотой следов; неустановленные зоны остаются обозначенными
Утрата полихромии	Генеративное окрашивание по аналогиям	Корпус аналогий	Ложная цветовая схема закрепляется в экспозиции и публикациях

Раздел 2. Культурный контекст как ограничение

2.1. Корпус памятников одной традиции как априорное знание

При достройке по аналогии корпус выполняет функцию, которая в традиционной практике принадлежит знанию исследователя о параллелях. Состав корпуса определяет множество допустимых вариантов восполнения, поэтому границы понятия «та же традиция» приобретают методическое значение. Границы задаются тремя признаками: периодом, регионом и мастерской. Сужение выборки по этим признакам повышает уместность аналогий, но сокращает объём данных. Расширение выборки вводит в вывод параллели, чуждые данному памятнику. В традиционном исследовании выбор параллелей оговаривается и доступен критике. В обученной модели он совершён при формировании корпуса и в результате не отражён. Подбор параллелей, сопровождающий вывод системы Aeneas, частично восстанавливает эту прозрачность, поскольку основание вывода предъявляется исследователю.

2.2. Гомогенизация

Модель, обученная на максимизацию правдоподобия, присваивает наибольшую вероятность наиболее частому в корпусе варианту. Редкие формы получают низкую вероятность и в результат достройки не попадают. Для исторического исследования именно редкое обладает наибольшей ценностью. К нему относятся локальные варианты письма и орфографии, ошибки резчика,

диалектные формы, нетипичная иконография, индивидуальные приёмы мастерской. Машинная достройка заменяет такие особенности нормативной формой, и памятник сближается с усреднённым представителем своего класса. Нормализация при издании текстов известна и традиционной эпиграфике, однако там она фиксируется в критическом аппарате. В изображении, достроенном моделью, следов замены не остаётся.

2.3. Смещение корпуса

Корпус отражает сохранившееся и оцифрованное и не тождествен совокупности существовавшего. Оценки, полученные методами учёта ненаблюдаемых видов для средневековой рукописной традиции, показывают значительную долю утрат и неравномерность сохранности между отдельными традициями [14]. Для памятников материальной культуры неравномерность определяется несколькими факторами. К ним относятся долговечность материала, вторичное использование камня и металла, география раскопок, приоритеты публикации и оцифровки. Крупные центры представлены в корпусах непропорционально полно, периферийные области представлены фрагментарно. Модель воспроизводит структуру сохранности и принимает её за структуру исторической действительности. При достройке памятника из слабо представленного региона вывод смещается к формам доминирующего центра.

2.4. Порочный круг

Описанные ограничения усиливаются двумя замкнутыми цепочками. Первая возникает при использовании достроенной части в качестве основания для датировки или атрибуции. Восполнение получено из представлений корпуса о типичном для определённого времени и места. Датировка по такому восполнению возвращает те же представления в качестве результата и независимого подтверждения не даёт. Риск возрастает в системах, выполняющих восстановление, датировку и атрибуцию на одном корпусе.

Вторая цепочка связана с попаданием реконструкций в обучающие данные. Реконструкция, опубликованная без маркировки и включённая в оцифрованную коллекцию, становится для модели следующего поколения равноправным образцом. Показано, что рекурсивное обучение на сгенерированных данных приводит сначала к утрате редких вариантов распределения, затем к сужению распределения в целом [15]. Применительно к корпусу памятников это означает нарастание гомогенизации от поколения к

поколению. В изданиях надписей восполненный текст отделён скобками и при сохранении разметки в машиночитаемом виде [16] исключается из обучающих данных. Для изображений и трёхмерных моделей подобная разметка отсутствует, что определяет предмет третьего раздела.

Раздел 3. Эпистемический статус реконструкции

3.1. Пути попадания достройки в научный оборот

Достроенный фрагмент приобретает статус факта тремя путями. Первый путь представляет собой публикацию без маркировки: изображение памятника с достроенной областью помещается в статью, каталог или экспозицию, и граница между сохранившимся и восполненным читателю недоступна. Второй путь связан с базами данных. При включении изображения или трёхмерной модели в электронную коллекцию сведения о достройке утрачиваются при экспорте и преобразовании форматов, после чего запись приравнивается к записям о подлинных памятниках. Третий путь образует цитирование: оговорки первой публикации не переносятся во вторичные работы, и достроенная деталь описывается как признак памятника. Общим для трёх путей является утрата маркировки при каждой передаче. Причина заключена в носителе: изображение, в отличие от изданного текста, не содержит внутри себя знака, отделяющего восполненное от подлинного.

3.2. Сопоставление с нормами реставрации и издания текстов

В эпиграфике и папирологии разграничение закреплено лейденской системой 1931 г. Текст, восстановленный издателем в лакуне, заключается в квадратные скобки, знаки сомнительного чтения отмечаются точкой под буквой. Система принята и в отечественной учебной литературе по латинской эпиграфике [17]. Сходная норма действует в отечественной археографии: утраченные части текста, восстановленные по дополнительным источникам, заключаются в квадратные скобки и оговариваются в текстуальных примечаниях со ссылкой на источник [18]. В цифровых изданиях надписей восполненный текст размечается отдельным элементом с указанием причины утраты и степени уверенности издателя [16].

В реставрации аналогичное требование сформулировано Венецианской хартией. Согласно статье 9, «реставрация прекращается там, где начинается гипотеза», а любое дополнение должно «нести на себе печать нашего времени» [6, с. 182]. Статья 12 устанавливает, что элементы, заменяющие недостающие фрагменты, должны «так отличаться от подлинных, чтобы реставрация не

фальсифицировала историческую и художественную документальность памятника» [6, с. 182]. В теории Ч. Бранди восполнение должно оставаться распознаваемым при близком рассмотрении и не нарушать целостности восприятия на расстоянии, что реализовано в технике штриховой тонировки (*tratteggio*). Вмешательство при этом не должно препятствовать последующим реставрациям [7]. В отечественной теории реставрации отличимость восполнения рассматривается в ряду основных методологических положений [19].

Перечисленные нормы обладают тремя общими свойствами. Знак восполнения неотделим от носителя: скобки перемещаются вместе с текстом, тонировка остаётся на памятнике. Основание восполнения указывается в аппарате или примечании. Степень уверенности градуирована. Машинная достройка изображения и формы в существующей практике ни одним из этих свойств не обладает.

3.3. Принципы сохранения статуса гипотезы

Для компьютерной визуализации наследия исходные требования заданы Лондонской хартией, которая вводит понятие параданных и предписывает указывать, что именно представляет визуализация: существующее состояние, обоснованное восстановление или гипотетическую реконструкцию [8]. Севильские принципы конкретизируют эти положения для археологии в требованиях подлинности и научной прозрачности [20]. В отечественной исторической информатике вопрос об источниковой базе виртуальных реконструкций поставлен как самостоятельная источниковедческая проблема [21]. Названные документы разработаны для реконструкций, создаваемых исследователем вручную. Порождающие модели ими не охвачены: в этом случае автор решения, основание вывода и условия его получения требуют отдельной фиксации.

Принципы, приведённые в таблице 2, распространяют рассмотренные нормы на машинную реконструкцию. Каждому принципу сопоставлен прототип в гуманитарной традиции и способ реализации. Первые четыре принципа обеспечивают сохранение маркировки при передаче результата и тем самым закрывают пути, описанные в разделе 3.1. Пятый принцип разрывает обе замкнутые цепочки, рассмотренные в разделе 2.4. Шестой принцип закрепляет за исследователем ответственность за перевод гипотезы в научный оборот.

Таблица 2

**Принципы сохранения за машинной реконструкцией
статуса гипотезы**

Принцип	Прототип в гуманитарной традиции	Реализация для машинной реконструкции
Различимость	Квадратные скобки [5, 18]; статья 12 Венецианской хартии [6, с. 182]; распознаваемость восполнения [7]	Маска достроенной области, хранящаяся вместе с изображением или моделью; отметка в метаданных; визуальное выделение в публикации
Множественность вариантов с оценкой уверенности	Разночтения в критическом аппарате; точка под буквой сомнительного чтения [5]; указание степени уверенности [16]	Несколько вариантов достройки с оценками модели; карта неопределённости по достроенной области
Фиксация параданных	Параданные Лондонской хартии [8]; научная прозрачность [20]; ссылка на источник восстановления [18]	Наименование и версия модели, состав и версия корпуса, параметры и входные данные, дата получения
Неизменяемость оригинала	Обратимость вмешательства [7]; издание не заменяет подлинника	Исходная съёмка хранится без изменений; реконструкция ведётся отдельным слоем со ссылкой на оригинал
Запрет производного использования	Статья 9: прекращение реставрации на границе гипотезы [6, с. 182]	Достроенные области исключаются из оснований датировки и атрибуции и из обучающих данных
Зафиксированное решение исследователя	Ответственность издателя за принятое восполнение; документирование интерпретационных решений [18]	Запись о принятии или отклонении гипотезы с указанием лица, даты и обоснования

Выводы

Рассмотрены ограничения машинной реконструкции утраченных фрагментов памятников и условия, при которых её результат сохраняет статус гипотезы. Выделены четыре типа повреждений и четыре класса методов. Показано, что для исторического исследования определяющим признаком метода является источник сведений для достройки. Реконструкция по физическим следам на памятнике является измерением, реконструкция по корпусу аналогий является выводом по аналогии, и все рассмотренные порождающие модели относятся ко второму случаю.

Показано, что культурный контекст ограничивает достройку по трём направлениям: неявный выбор границ традиции, вытеснение редких форм частыми, воспроизведение структуры сохранности корпуса вместо структуры исторической действительности. Ограничения усиливаются при датировке по достроенной части и при попадании реконструкций в обучающие данные.

Сопоставление с лейденской системой, археографическими правилами, Венецианской хартией и теорией Ч. Бранди выявило три общих свойства гуманитарных норм: неотделимость знака восполнения от носителя, указание основания, градацию уверенности. На этой основе сформулированы шесть принципов, каждому из которых сопоставлены прототип в гуманитарной традиции и способ реализации.

Сформулированные принципы имеют методический характер и экспериментально не проверялись. Направлением дальнейшей работы является их закрепление в форматах описания изображений и трёхмерных моделей по образцу разметки восполненного текста в цифровых изданиях надписей.

Список литературы

1. Restoring and attributing ancient texts using deep neural networks / Y. Assael, T. Sommerschild, B. Shillingford et al. // Nature. 2022. Vol. 603, I. 7900. P. 280–283. DOI: 10.1038/s41586-022-04448-z.
2. Contextualizing ancient texts with generative neural networks / Y. Assael, T. Sommerschild, A. Cooley et al. // Nature. 2025. Vol. 645. P. 141–147. DOI: 10.1038/s41586-025-09292-5.
3. RePaint: Inpainting using Denoising Diffusion Probabilistic Models / A. Lugmayr, M. Danelljan, A. Romero et al. // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). New Orleans : IEEE, 2022. P. 11451–11461. DOI: 10.1109/CVPR52688.2022.01117.
4. Hermoza R., Sipiran I. 3D Reconstruction of Incomplete Archaeological Objects Using a Generative Adversarial Network // Proceedings of Computer Graphics International 2018 (CGI 2018). New York : ACM, 2018. P. 5–11. DOI: 10.1145/3208159.3208173.
5. Essai d'unification des méthodes employées dans les éditions de papyrus // Chronique d'Égypte. 1932. Vol. 7, I. 13–14. P. 285–287. DOI: 10.1484/J.CDE.2.307092.

6. Международная хартия по консервации и реставрации памятников и достопримечательных мест (Венеция, 1964 г.) // ICOMOS Scientific Journal. 1994. № 4. С. 180–184. URL: https://admin.icomos.org/wp-content/uploads/2025/03/Venice_Charter_RU.pdf (дата обращения 16.09.2026).
7. Brandi C. Theory of Restoration / ed. by G. Basile ; transl. by C. Rockwell. Roma : Istituto Centrale per il Restauro ; Firenze : Nardini, 2005. 186 p.
8. The London Charter for the Computer-based Visualisation of Cultural Heritage. Draft 2.1. 2009. URL: https://londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_en.pdf (accessed 16.09.2026).
9. Gods in Color: Polychromy in the Ancient World / ed. by V. Brinkmann, R. Dreyfus, U. Koch-Brinkmann. Munich : Prestel, 2017. 191 p.
10. Masked Autoencoders Are Scalable Vision Learners / K. He, X. Chen, S. Xie et al. // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). New Orleans : IEEE, 2022. P. 15979–15988. DOI: 10.1109/CVPR52688.2022.01553.
11. Assael Y., Sommerschild T., Prag J. Restoring ancient text using deep learning: a case study on Greek epigraphy // Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP). Hong Kong : ACL, 2019. P. 6369–6376. DOI: 10.18653/v1/D19-1668.
12. Verri G. The spatially resolved characterisation of Egyptian blue, Han blue and Han purple by photo-induced luminescence digital imaging // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2009. Vol. 394, I. 4. P. 1011–1021. DOI: 10.1007/s00216-009-2693-0.
13. Malzbender T., Gelb D., Wolters H. Polynomial texture maps // Proceedings of the 28th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH 2001). New York : ACM, 2001. P. 519–528. DOI: 10.1145/383259.383320.
14. Forgotten books: The application of unseen species models to the survival of culture / M. Kestemont, F. Karsdorp, E. de Bruijn et al. // Science. 2022. Vol. 375, I. 6582. P. 765–769. DOI: 10.1126/science.abl7655.
15. AI models collapse when trained on recursively generated data / I. Shumailov, Z. Shumaylov, Y. Zhao et al. // Nature. 2024. Vol. 631, I. 8022. P. 755–759. DOI: 10.1038/s41586-024-07566-y.

16. EpiDoc Guidelines: Ancient documents in TEI XML. Version 9.8 / T. Elliott, G. Bodard, E. Mylonas et al. 2026. URL: <https://epidoc.stoa.org/gl/latest/> (accessed 18.09.2026).
17. Фёдорова Е.В. Введение в латинскую эпиграфику : учеб. пособие для ист. и филол. специальностей ун-тов. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1982. 256 с.
18. Правила издания исторических документов в СССР / Гл. арх. упр. при Совете Министров СССР [и др.]. М., 1969. 111 с.
19. Бобров Ю.Г. Теория реставрации памятников искусства: закономерности и противоречия. М. : Эдсмит, 2004. 303 с.
20. The Seville Principles: International Principles of Virtual Archaeology : ratified by the 19th ICOMOS General Assembly, New Delhi, December 2017. URL: <https://icomos.es/wp-content/uploads/2020/06/Seville-Principles-IN-ES-FR.pdf> (accessed 21.09.2026).
21. Юмашева Ю.Ю. Источниковая база виртуальных исторических реконструкций объектов историко-культурного наследия: к постановке проблемы // Историческая информатика. 2020. № 3 (33). С. 21–50. DOI: 10.7256/2585-7797.2020.3.33473.

© Ануров А.О., 2026

**СЕКЦИЯ
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

СОВРЕМЕННЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И СОДЕРЖАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕТЕВЫХ РОДИТЕЛЬСКИХ СООБЩЕСТВ

Павлова Евгения Вячеславовна

к.п.н., доцент

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный
социально-педагогический университет»

Аннотация: Статья представляет теоретико-аналитический обзор сетевых родительских сообществ как социального феномена. Предложена классификация по шести признакам: целевому назначению, организационной структуре, характеру связей, географической принадлежности, специфике семейных практик и уровню интеграции с внешними социальными институтами. Описаны пять направлений деятельности сообществ: информационное обеспечение, психолого-педагогическое просвещение, эмоциональная поддержка, организационная деятельность и формирование социального капитала. Выявлены риски функционирования — пассивность участников, поляризация, дезинформация — и предложены условия повышения эффективности. Показано, что ни одна из существующих научных трактовок отдельно не охватывает весь спектр функций; адекватная картина требует их интеграции с психологическим анализом групповой динамики, социального сравнения и формирования идентичности. Обозначены перспективные направления исследований..

Ключевые слова: сетевые родительские сообщества, формы родительских сообществ, деятельность родительских сообществ, риски функционирования, условия повышения эффективности.

MODERN FORMS OF ORGANIZATION AND CONTENT OF ACTIVITY OF ONLINE PARENT COMMUNITIES

Pavlova Evgeniia Vyacheslavovna

Abstract: The article provides a theoretical and analytical overview of online parental communities as a social phenomenon. A classification is proposed based on

six criteria: purpose, organizational structure, nature of relationships, geographical location, specifics of family practices, and level of integration with external social institutions. Five areas of community activity are described: information provision, psychological and pedagogical education, emotional support, organizational activities, and the formation of social capital. The risks associated with their functioning — participant passivity, polarization, and misinformation — are identified, and conditions for increasing effectiveness are proposed. It has been shown that none of the existing scientific interpretations alone covers the entire range of functions; an adequate picture requires their integration with a psychological analysis of group dynamics, social comparison, and identity formation. Promising directions for research are identified.

Key words: online parent communities, forms of parent communities, activities of parent communities, risks of operation, conditions for improving efficiency.

В эпоху цифровизации сетевые родительские сообщества трансформировались в ключевой ресурс формирования родительской компетенции, социальной поддержки и репрезентации семейных практик. Цель работы — систематизировать формы сетевых родительских сообществ и описать содержание их основного направления деятельности.

Понятие сетевого родительского сообщества формируется на пересечении социологии, психологии и педагогики. Ж.В. Чернова и Л.Л. Шпаковская рассматривают их как институционализированные структуры, способствующие производству социального капитала [1]. А. А. Майер и соавт. подчёркивают, что сетевые родительские сообщества выступают как площадка для поиска единомышленников, где участники делятся практическим опытом, обсуждают сложности воспитания и получают эмоциональную поддержку [2]. М.Р. Илакавичус рассматривает сетевые сообщества как институты просвещения, призванные преодолевать «цифровой разрыв» между доступностью информации и её применением в семейной практике [3].

На основе работ Г.Н. Гришиной, М.Р. Илакавичус, А.А. Майер, Ж.В. Черновой, Л.Л. Шпаковской, Э.Н. Яковлевой, и др. предлагается классификация сетевых родительских сообществ по шести признакам: целевому назначению; организационной структуре; характеру связей между участниками, распределению ролей и типу взаимодействия; географической

принадлежности; специфике семейных практик и уровню интеграции с внешними социальными институтами [1], [2], [3].

По **целевому назначению** выделяются информационно-просветительские, поддерживающие, практико-ориентированные и общественно-политические сообщества. *Информационно-просветительские* создаются для распространения научных знаний и практических рекомендаций в области родительства. *Поддерживающие* сообщества направлены на оказание поддержки участникам в сложных жизненных ситуациях, разделение опыта и преодоление социальной изоляции. Выделяют три типа поддержки: три типа поддержки: эмоциональную (разделение опыта, преодоление социальной изоляции, нормализация проблемных ситуаций), информационную (обмен знаниями и практическим опытом) и материальную (обмен товарами и услугами). Поддерживающая функция сообщества может трансформироваться в свою противоположность, если нормализация проблемных ситуаций подменяется их идеализацией. Это означает, что организация поддерживающего сообщества может воспроизводить сравнение с идеализированными образами и усиливать напряжение вместо его снятия. *Практико-ориентированные* сообщества объединяют родителей, интересующихся конкретными практиками воспитания и развития детей. *Общественно-политические* сообщества направлены на защиту прав родителей и детей, изменение законодательных норм в области семейного права и образования. Данные сообщества эффективны для решения локальных проблем, но слабо реализуют задачи защиты гражданских прав и политической мобилизации из-за трудностей перехода от общественной активности к политическому участию. Это обусловлено не только институциональными барьерами, но и психологическими факторами — в анонимной виртуальной среде сложно сформировать устойчивую групповую идентичность и готовность нести издержки, необходимые для коллективных действий.

По **организационной структуре** выделяют формализованные и неформализованные сообщества. *Формализованные* сетевые родительские сообщества — это объединения, имеющие чёткую институциональную структуру, регламентированные правила участия, закреплённые функции и, как правило, внешнюю координацию со стороны образовательных, государственных или общественных организаций. *Неформализованные* родительские сообщества не обладают юридическим статусом и формируются спонтанно — по инициативе родителей, объединённых общими интересами.

По **характеру связей** между участниками, распределению ролей и типу взаимодействия выделяют вертикальные (иерархические) и горизонтальные сообщества. *Вертикальные* сообщества формируются вокруг признанных экспертов — авторов конкретных педагогических подходов, методистов, создателей образовательных программ. Выход лидера может привести к распаду. С психологической точки зрения вертикальная структура может подавлять активность участников через механизм выученной беспомощности. *Горизонтальные* сообщества не имеют единого центра и вертикальной подчинённости. Психологический механизм, обеспечивающий устойчивость горизонтальных сообществ, связан с формированием идентичности через взаимное признание.

По **географической принадлежности** выделяются локальные, региональные, федеральные и международные сообщества. *Локальные* сообщества объединяют родителей из одного города, района или даже микрорайона. Они ориентированы на обмен практической информацией «здесь и сейчас». Они наиболее близки к переходу из онлайн-формата в реальное взаимодействие. *Региональные* и *федеральные* сообщества объединяют родителей из нескольких регионов или всей страны. Они транслируют медийные образы родительства, которые влияют на установки и ценности молодых людей в масштабах всей страны. *Международные* сообщества объединяют родителей из разных стран. Такие сообщества позволяют обмениваться опытом родительства в разных культурных контекстах и адаптировать лучшие практики в российские условия.

По **специфике семейных практик** выделяются сообщества родителей детей с особенностями развития, многодетных семей и практикующих альтернативные формы воспитания. *Сообщества родителей детей с особенностями развития* выполняют реабилитационную функцию, объединяя участников потребностью в специализированной информации. *Сообщества многодетных семей* формируют сильную солидарность на основе общих вызовов. Они направлены на решение специфических проблем многодетных родителей: получение материальной помощи, организацию совместного отдыха для детей, адаптацию детей друг к другу. *Сообщества родителей, практикующие альтернативные формы воспитания* (Монтессори, Вальдорф, семейное образование), обмениваются материалами и организуют совместные занятия. Противопоставление себя педагогическому коллективу

образовательной организации укрепляет внутригрупповую идентичность и мотивирует участников к самообразованию, но формирует установку недоверия к профессиональному педагогическому сообществу, что может затруднить конструктивный диалог при переходе ребёнка из семейного образования в школьную систему.

По *уровню интеграции* с внешними социальными институтами выделяют изолированные, частично и полностью интегрированные сообщества. *Изолированные* сетевые родительские сообщества функционируют автономно — без взаимодействия с внешними социальными институтами, опираясь на внутренние ресурсы и опыт участников. В них консультации заменяются советами таких же родителей, а экспертное мнение отсутствует. *Частично интегрированные* сообщества взаимодействуют с отдельными внешними социальными институтами (например, одним медицинским учреждением или школой) для получения специализированной информации и поддержки. Эти сообщества обычно являются формализованными и имеют средний уровень модерации контента. Взаимодействие с экспертами в таких сообществах носит нерегулярный характер. *Полностью интегрированные* сообщества встроены в деятельность образовательных организаций, государственных учреждений и общественных структур. Они характеризуются систематическим взаимодействием с формальными институтами, наличием официального статуса или устойчивого партнёрства, а также опорой на профессиональную экспертизу наряду с внутрисетевой солидарностью.

Предложенные основания классификации не являются независимыми: на практике типы сообществ образуют устойчивые комбинации. Так, иерархические сообщества (по характеру связей) почти всегда совпадают с формализованными (по организационной структуре) и информационно-просветительскими (по целевому назначению) — поскольку вертикальная передача знаний от эксперта к аудитории требует институциональной инфраструктуры и регламентированных правил. Напротив, горизонтальные сообщества тяготеют к неформализованной структуре и практико-ориентированной или поддерживающей направленности, так как обмен опытом между равноправными участниками не требует внешней координации. Эти пересечения не являются недостатком классификации, а отражают реальную сложность феномена: каждое сообщество может быть охарактеризовано по нескольким основаниям одновременно, и именно сочетание признаков даёт наиболее адекватное описание.

Для практического применения предлагаемой типологии в качестве проверяемых индикаторов могут выступать: доля экспертного контента (соотношение публикаций специалистов и рядовых участников), уровень модерации (наличие правил, фильтрации сообщений, верификации при входе), частота горизонтальных взаимодействий (доля комментариев и обсуждений между участниками по отношению к реакциям на контент лидера), наличие или отсутствие юридического статуса, а также степень регулярности взаимодействия с внешними институтами (образовательными, медицинскими, государственными).

Деятельность сетевых родительских сообществ разделяют на пять основных направлений: *информационное обеспечение* заключается в формировании единого информационного поля для всех участников сообщества, обеспечении доступа к актуальной информации и поддержке взаимодействия; *психолого-педагогическое просвещение* — родителям научно обоснованных знаний о развитии ребёнка, возрастных особенностях, методах воспитания и способах решения типичных трудностей; *эмоциональная поддержка* помогает преодолеть чувство социальной изоляции, совместно осмыслить трудности и снизить их субъективную остроту за счёт нормализации ситуации; *организационная деятельность* заключается в создании условий для совместной деятельности участников, координации их усилий и реализации совместных проектов; *формирование социального капитала* — накопление ресурсов через доверие и взаимопомощь.

Функционирование сетевых родительских сообществ сопряжено с рядом взаимосвязанных трудностей, требующих научного осмысления: доминирование информационной составляющей в ущерб продуктивному взаимодействию; поляризация взглядов, приводящая к эскалации конфликтов; неравенство доступа и компетенций участников; риски дезинформации [2], [3].

С нашей точки зрения, перечисленные риски имеют общее: они возникают там, где структура сообщества не обеспечивает баланса между свободой самовыражения и наличием экспертной «привязки».

Для повышения эффективности сетевых родительских сообществ необходимы методическое сопровождение, обеспечивающее доступ к проверенным источникам и экспертным рекомендациям; ролевая структура и распределение ответственности, позволяющие избежать хаоса и повысить результативность работы; механизмы перевода онлайн-активности в офлайн-

практику, укрепляющие доверие и создающие устойчивые социальные связи; обучение цифровой и медиаграмотности, позволяющее родителям критически оценивать информацию и соблюдать правила сетевого этикета [2].

Особым потенциалом обладает направление исследовательской работы – создание верифицированных цифровых платформ для сетевых родительских сообществ. Они будут сочетать в себе модерацию контента под руководством психологов и педагогов, централизованный доступ к проверенным методическим материалам, инструменты для организации офлайн-встреч и интеграцию с государственными образовательными сервисами.

Список литературы

1. Чернова Ж.В., Шпаковская Л.Л. Политэкономия современного родительства: сетевое сообщество и социальный капитал // Экономическая социология. – 2011. – Т. 12. – № 3. – С. 85–105.
2. Майер А.А., Яковлева Э.Н., Гришина Г.Н. Родительское сообщество: ищем единомышленников: методическое пособие. – Орехово-Зуево: ГГТУ, 2021. – 36 с.
3. Илакавичус М.Р. Просвещение родительских сообществ: трансфер из интернет-пространства в реальное конструктивное взаимодействие // Молодой учёный. – 2022. – № 35 (430). – С. 48–50.

© Павлова Е.В., 2026

**СЕКЦИЯ
МЕДИЦИНСКИЕ
НАУКИ**

ОТ ЗАМЫСЛА ДО МИРОВОГО ПРИЗНАНИЯ: ТРИ ЮБИЛЕЙНЫХ РУБЕЖА ЦЕНТРА ИЛИЗАРОВА

Сараева Марина Григорьевна
студент

Научный руководитель: **Семченко Любовь Николаевна**
к.м.н., доцент

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный
медицинский университет»

Аннотация: Статья посвящена тройному юбилею в травматологии и ортопедии в 2026 году. Цель работы – изучить и представить неразрывную связь между личностью учёного, его фундаментальным открытием и развитием современного НМИЦ как действующего наследия. Материалы и методы: теоретический анализ и обобщение научной литературы, библиографический анализ литературы и материалов сети Internet. В статье прослеживаются биография Г.А. Илизарова, история создания аппарата, внедрение метода и создание учреждения от лаборатории до НМИЦ, а также представлены современные достижения Центра Илизарова и основные памятные мероприятия. Завершает статью мысль: эти три даты олицетворяют единый путь – от замысла до мирового признания. В настоящее время Центр Илизарова продолжает дело своего основателя и подтверждает важность данного метода для современной клинической практики.

Ключевые слова: Г.А. Илизаров, метод Илизарова, чрескостный остеосинтез, аппарат внешней фиксации, НМИЦ имени академика Г.А. Илизарова, история травматологии и ортопедии, юбилейные даты, научное наследие.

FROM THE IDEA TO WORLD RECOGNITION: THREE ANNIVERSARY MARKERS OF THE ILYAZAROV CENTER

Saraeva Marina Grigorievna
Scientific adviser: **Semchenko Lyubov Nikolaevna**

Abstract: The article is devoted to the triple anniversary in traumatology and orthopedics in 2026. The aim of the work is to study and present the inseparable connection between the personality of the scientist, his fundamental discovery, and the development of the modern NMIC as an ongoing legacy. Materials and methods: theoretical analysis and synthesis of scientific literature, bibliographic analysis of literature and materials from the Internet. The article traces the biography of G. A. Ilizarov, the history of the creation of the apparatus, the implementation of the method, and the establishment of the institution — from a laboratory to an NMIC; it also presents the current achievements of the Ilizarov Center and the main commemorative events. The article concludes with the following thought: these three dates embody a single path – from conception to global recognition. Currently, the Ilizarov Center continues the work of its founder and confirms the importance of this method for modern clinical practice.

Key words: G.A. Ilizarov, the Ilizarov method, transosseous osteosynthesis, external fixation device, NMIC named after Academician G.A. Ilizarov, history of traumatology and orthopedics, anniversary dates, scientific legacy.

В отечественной истории травматологии и ортопедии 2026 год особенный, поскольку это год тройного юбилея: 105 лет со дня рождения Г.А. Илизарова, 75 лет его легендарному методу и 55 лет со дня основания Курганского научно-исследовательского института экспериментальной и клинической ортопедии и травматологии (1971 г.), ныне - Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова» [1], [2], [3]. Эти три даты - главы одной истории, три слагаемых великого наследия.

Цель - изучить и представить неразрывную связь между личностью учёного, его фундаментальным открытием и развитием современного НМИЦ как действующего наследия.

Задачи:

1. Изучить биографию и личность Г.А. Илизарова.
2. Изучить суть научного открытия, его значение и актуальность для отечественной и мировой травматологии и ортопедии
3. Проследить трансформацию учреждения от лаборатории до НМИЦ.
4. Показать, как традиции объединяют прошлое и будущее.

Материалы и методы: теоретический анализ и обобщение научной литературы, библиографический анализ литературы и материалов сети Internet.

Илизаров Гавриил Абрамович - советский хирург-ортопед, изобретатель компрессионно-дистракционного аппарата, доктор медицинских наук [1].

Родился 15 июня 1921 г. в многодетной крестьянской семье. Детство его прошло в горном ауле на Кавказе. Из-за тяжёлого материального положения семьи Гавриил Абрамович начал обучение в школе только с 11 лет. Экстерном обучался в Крымском медицинском институте. После окончания института по распределению был направлен в село Долговка Курганской области [1].

После окончания войны Гавриил Абрамович наблюдал возвращение с фронта раненых солдат и инвалидов, поэтому его заинтересовала проблема регенерации костной и мягких тканей при лечении переломов конечностей. По легенде, источником идеи для Гавриила Абрамовича послужили лошадиная сбруя и велосипедное колесо [1].

По замыслу врача, костные отломки должны внешне фиксироваться и направляться по аналогии с данными предметами. В полном одиночестве, изоляции от научного сообщества, с использованием простых слесарных инструментов изобретатель экспериментировал с фиксацией, и после удачных попыток был разработан первый аппарат, выполненный из спиц и полуколец [1].

Первое испытание на пациенте проводилось на местном жителе-гармонисте, с детства страдающем от туберкулёза коленного сустава. После оперативного вмешательства уже через месяц он передвигался без средств дополнительной опоры.

Официальное клиническое испытание состоялось в 1951 году на пациенте с ложным суставом большеберцовой кости. Исход лечения оказался высокоэффективным. Спустя неделю после оперативного вмешательства было отмечено самостоятельное передвижение пациента [1].

Аппарат внешней фиксации позволял надёжно фиксировать повреждённые кости без больших хирургических разрезов, управлять процессом заживления и сохранять подвижность повреждённой конечности, что способствовало ускоренному восстановлению, предотвращало атрофию мышц и нарушение кровообращения [2].

Г.А. Илизаров не разделял время на работу и личную жизнь, вкладывал все силы в дело своей жизни, работал по 18-20 часов в сутки, проводил ночные

консультации, обходы, отвечал на письма своих пациентов и отказывался от отпуска. Он также требовал полной отдачи от своих учеников и коллег. Во время операции он заставлял переделывать конструкцию аппарата, если она стояла не "идеально". В последующем лично следил за перерасчётом сроков лечения и контролем мельчайших деталей лечения [4].

Для Г.А. Илизарова не существовало понятия «безнадёжный пациент», он брался за самые запущенные случаи и пробовал до тех пор, пока не достигнет результата. Ярким примером является история Валерия Брумеля. После аварии спортсмену было проведено 32 оперативных вмешательства, столичные врачи признали его инвалидом. Г.А. Илизаров не только срастил застарелый перелом, но и нарастил 3,5 см, что позволило Валерию Брумелю вернуться в спорт высоких достижений [5].

При всей своей серьезности и даже суровости врач любил детей и всегда находил с ними общий язык. Он не просто проводил оперативное вмешательство, а возвращал детям сказку детства, дарил возможность бегать и прыгать, а благодаря своему навыку владения гипнозом, избавлял своих маленьких пациентов от боли. В 1978 году польские дети и их представители наградили врача "Орденом улыбки", который стал для Г.А. Илизарова самой главной наградой [6].

Новый метод чрескостного остеосинтеза и методы лечения перевернули представление о лечении переломов конечностей, ложных суставов и костных деформаций, а также ознаменовали начало новой эры в отечественной и мировой травматологии и ортопедии [2].

В декабре 1952 года Гавриил Илизаров представил свое изобретение и клинические случаи на заседании Общества травматологов и ортопедов в Свердловске [1].

Через 2 года способ был внесен в Государственный реестр изобретений СССР как "Способ сращивания костей и аппарат для осуществления этого способа", и только спустя 15 лет аппарату официально было присвоено имя своего создателя [2].

После многочисленных экспериментальных исследований Г.А. Илизаров представил свой опыт в кандидатской диссертации "Компрессионный остеосинтез аппаратом автора". Учёный совет высоко оценил труды изобретателя и сразу присвоил учёную степень доктора медицинских наук [2].

Учёный предпочитал делиться знаниями и навыками в полном объеме. На конференции в Италии Г.А. Илизаров поставил ультиматум, требуя отказаться от программы и выделить на его доклад не менее двух часов. «Что значит программа? То, что по программе есть, это всё старьё. А я привёз свежий материал», - сказал академик Илизаров. Организаторы пошли навстречу, и доклад перерос в лекцию, длившуюся 4 часа [7].

В 1966 году для дальнейшего изучения принципиально нового метода была создана проблемная лаборатория на базе Свердловского НИИТО. В связи с увеличением потока пациентов лаборатория расширилась до филиала Ленинградского НИИТО. В 1971 году филиал был преобразован в Курганский НИИ экспериментальной и клинической ортопедии и травматологии (КНИИЭКТО), первым директором был назначен Г.А. Илизаров [3].

Высокие клинические результаты, демонстрируемые институтом, обеспечили его признание, в связи с чем, в 1982 году институт за выдающиеся заслуги в развитии медицинской науки был награжден орденом «Знак Почета», а в 1987 году ему был присвоен статус Всесоюзного центра. Активное развитие клинической и научной базы позволило Институту повысить свой статус до Российского научного центра "ВТО" (2005), а в последующем - и до получения нынешнего звания - Национальный медицинский исследовательский центр (НМИЦ) травматологии и ортопедии им. Г.А. Илизарова [3].

На сегодняшний день Центр Илизарова остаётся "Столицей ортопедии". Центр является мощным исследовательским кластером, в его составе 21 научная лаборатория, где трудятся 30 докторов и 81 кандидат наук [8].

НМИЦ активно занимается подготовкой кадров: аспирантура открыта по 6 специальностям, ординатура по специальности «Травматология и ортопедия». Собственный диссертационный совет позволяет защищать докторские и кандидатские диссертации. Программа ординатуры готовит практикующих врачей не только из регионов РФ, но и из-за рубежа (Алжир, Киргизия, Таджикистан). Для молодых ученых действуют программы «Наставничество» и «Академическая мобильность» [8].

Ежегодно здесь получают лечение более 20 000 пациентов, проводится свыше 16 тыс. операций и свыше 35 тыс. консультаций. Организация оказания медицинской помощи осуществляется по клиническому принципу и включает в себя 6 специализированных подразделений [8].

Центр Илизарова хранит память о родоначальнике метода и его истории развития. Ежегодно проводятся памятные мероприятия, которые стали традициями. Накануне дня рождения академика Илизарова проводится праздник спорта – «Илизаровский пробег». В день рождения великого хирурга-ортопеда проводится международная научно-практическая конференция «Илизаровские чтения». Сотрудники и гости возлагают цветы к памятнику и могиле академика. Более 20 лет в России существует первый музей травматологии и ортопедии, в котором представлены личные вещи Г.А. Илизарова, его документы и записи, а также сохранивший первоначальный вид кабинета [8].

На территории центра создан мемориальный парк с памятником Г.А. Илизарову, разбит сквер «Чайка» - отреставрированная служебная «Волга» (ГАЗ-13 «Чайка»), выданная Илизарову министерством здравоохранения в 1981 году. Как память («Они служат науке») о тех, на ком отрабатывались новые методики, установлена бронзовая собака Спица [8].

В честь 95-летия академика высажена аллея из 40 лип. Установлена инсталляция «Ворота Брумеля» - планка на высоте 2,05 м [8].

Три юбилейные даты олицетворяют три неразрывных этапа одного пути: от идеи сельского хирурга до мирового признания. В настоящее время Центр Илизарова продолжает дело своего родоначальника и подтверждает важность метода Илизарова для современной клинической практики.

Список литературы

1. Илизаров. Г.А. Биография // Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова»: официальный сайт.
2. История метода // Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова»: официальный сайт.
3. История Центра // Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова»: официальный сайт.
4. Дьячкова Г.В. Много лет спустя. Илизаров (к 100-летию со дня рождения) // Гений ортопедии. — 2021. — Т. 27, № 3. — С. 286–290.

<https://vk.ru/away.php?to=https%3A%2F%2Fwww.ilizarov-journal.com%2Fjour%2Farticle%2Fview%2F2633&utf=1>.

5. Юбилей Валерия Брумеля // Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова: официальный сайт. — 2022.

6. Нувахов Б.Ш. Доктор Илизаров. — М.: Прогресс, 1988. — 160 с.

7. Шевцов В.И. История от первого лица: Как центр Илизарова стал всемирно известным брендом // Официальный сайт. — 2024.

8. Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова : официальный сайт. — Курган, 2026.

© Сараева М.Г., 2026

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ 2026:
АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Сборник статей

Международной научно-практической конференции,
состоявшейся 21 сентября 2026 г. в г. Петрозаводске.

Ответственные редакторы:

Ивановская И.И., Кузьмина Л.А.

Подписано в печать 24.09.2026.

Формат 60х84 1/16. Усл. печ. л. 7.96.

МЦНП «НОВАЯ НАУКА»

185002, г. Петрозаводск,
ул. С. Ковалевской, д.16Б, помещ. 35

office@sciencen.org

www.sciencen.org

16+

НОВАЯ НАУКА

Международный центр
научного партнерства



NEW SCIENCE

International Center
for Scientific Partnership

МЦНП «НОВАЯ НАУКА» - член Международной ассоциации издателей научной литературы
«Publishers International Linking Association»

ПРИГЛАШАЕМ К ПУБЛИКАЦИИ

- 1. в сборниках статей Международных
и Всероссийских научно-практических конференций**

<https://www.sciencen.org/konferencii/grafik-konferencij/>



- 2. в сборниках статей Международных
и Всероссийских научно-исследовательских,
профессионально-исследовательских конкурсов**

<https://www.sciencen.org/novaja-nauka-konkursy/grafik-konkursov/>



- 3. в составе коллективных монографий**

<https://www.sciencen.org/novaja-nauka-monografii/grafik-monografij/>



<https://sciencen.org/>