

ТОМ 11, №5, 2026

eISSN 2500-1779

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Молодой исследователь Дона

Технические науки / Физико-математические науки / Гуманитарные науки
/ Биологические науки / Социально-экономические и общественные
науки / Медиакоммуникации



www.mid-journal.ru



Молодой исследователь Дона

Теоретический и научно-практический журнал (издается с 2016 г.)

eISSN 2500-1779

Том 11, № 5, 2026

Журнал создан в целях обеспечения современного качества образования на основе сохранения его фундаментальности и соответствия актуальным потребностям личности, общества и государства. Издание призвано способствовать укреплению, расширению целостного научно-информационного пространства России и успешной интеграции его в мировое научное информационное пространство.

В журнале публикуются научные статьи по:

- *техническим наукам;*
- *физико-математическим наукам;*
- *гуманитарным наукам;*
- *биологическим наукам;*
- *социально-экономическим и общественным наукам;*
- *медиакommunikации.*

<i>Индексация</i>	РИНЦ, CyberLeninka, РГБ
<i>Наименование органа, зарегистрировавшего издание</i>	Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-66530 от 21.07.2016 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
<i>Учредитель и издатель</i>	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
<i>Периодичность</i>	6 выпусков в год
<i>Адрес учредителя и издателя</i>	344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
<i>E-mail</i>	spu-10.2.3@donstu.ru
<i>Телефон</i>	+7 (863) 2–738–508
<i>Сайт</i>	https://mid-journal.ru
<i>Дата выхода в свет</i>	30.10.2026



Редакционная коллегия

Главный редактор, Месхи Бесарион Чохевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

выпускающий редактор, Комахидзе Манана Гивиевна, кандидат химических наук, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

заместитель главного редактора, Прокопенко Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

ответственный секретарь, Шевченко Надежда Анатольевна, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Тамаркин Михаил Аркадьевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Марчук Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, Институт сферы обслуживания и предпринимательства, филиал ДГТУ (Российская Федерация);

Языев Батыр Меретович, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Соловьёв Аркадий Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова (Симферополь, Республика Крым);

Айзикович Сергей Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Заковоротный Вилор Лаврентьевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Наседкин Андрей Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Карапетыняц Алексей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Пахомов Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Лаврентьев Анатолий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Бульгин Юрий Игоревич, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Шуйский Анатолий Иванович, кандидат технических наук, доцент, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Пицулина Виктория Владимировна, доктор архитектуры, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Сухинов Александр Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Пожарский Дмитрий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Павлов Игорь Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Симонян Татьяна Владимировна, доктор экономических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Минасян Лариса Артуровна, доктор философских наук, профессор Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Рудская Елена Николаевна, кандидат экономических наук, доцент, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Исакова Юлия Игоревна, доктор социологических наук, кандидат юридических наук, доцент, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Муругова Елена Валерьевна, доктор филологических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Дружба Ольга Владимировна, доктор исторических наук, профессор Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Бондаренко Тамара Алексеевна, доктор философских наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Тазаян Араван Бабкенович, доктор философских наук, профессор Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Морозова Ольга Михайловна, доктор исторических наук, профессор Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Абросимова Нина Акоповна, доктор биологических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Пономарева Елена Николаевна, доктор биологических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Пономарев Сергей Владимирович, доктор биологических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

Солодовник Любовь Владимировна, доктор философских наук, кандидат социологических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация).

Содержание

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Влияние различных импрегнаторов абразивных кругов на эффективность заточной операции <i>В.И. Бутенко, Р.Г. Кадач</i>	5
Разработка и оптимизация агентов искусственного интеллекта в мобильных пошаговых стратегиях на базе Unity 3D: алгоритмы радиального зонирования <i>В.С. Токарев, Д.О. Гуковский</i>	10
Проблемы распознавания символов в автоматизированных системах: анализ ключевых затруднений <i>П.А. Алекъян, А.А. Склярченко</i>	16
Экологические риски и пути минимизации выбросов в нефтегазовом секторе <i>С.К. Поршнев, Е.В. Стасева, С.Е. Гераськова</i>	23
Использование асинхронной парадигмы для OSINT приложений <i>Д.П. Ковалев, А.А. Лёза, Н.В. Гапон</i>	31
Временной индекс эвакуации в индикаторах эффективности интеллектуальной транспортной системы <i>А.А. Феофилова, Лижу Ху</i>	37
Оценка воздействия факторов условий труда на рабочих местах участка термической обработки металла предприятий машиностроения <i>А.А. Кириленко, Е.В. Стасева</i>	44
Оптимизация подходов к прогнозированию, выявлению и минимизации рисков на производстве <i>К.А. Богач, Е.В. Стасева</i>	52
Моделирование температурно-концентрационных зависимостей оптических характеристик твердых растворов InAsSb для ИК-оптоэлектроники <i>А.В. Соломаха, И.Г. Попова</i>	59

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Математическое моделирование трёхвидовой системы «Chironomidae – Mnemiopsis – Beroe» с температурной зависимостью и пространственной диффузией <i>А.А. Писаренко</i>	65
--	----

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Ценностно-смысловая сфера студентов первых курсов при различной выраженности трудностей адаптации к учебной группе и учебной деятельности <i>Е.А. Ворошилова, Е.Г. Денисова</i>	71
Комплексный подход к развитию моторных функций у старших дошкольников с ОНР с использованием логоритмики <i>З.Н. Мирзоева, М.Л. Скуратовская</i>	76
Теоретические и методические аспекты коррекции дисграфии у детей младшего школьного возраста <i>В.Ю. Пашкану, Н.Н. Абашина</i>	80

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Патент как юридический документ в системе интеллектуальной собственности: генезис и сущностные характеристики	
<i>А.Н. Максименко, Н.М. Дорошева</i>	85
Влияние санкционного давления на законодательное регулирование деятельности предпринимателей в Российской Федерации	
<i>А.И. Михайличенко, А.А. Коновалов</i>	89
Оценка эффективности государственно-частного партнёрства для регионального развития (на примере ООО «ИнфраГПЧ-А» и строительства северного обхода г. Омска)	
<i>Д.С. Кряжевских</i>	93
Исторические этапы формирования реновации промышленных территорий	
<i>О.С. Хмелевская, Д.В. Чеботарев</i>	96
Особенности формирования административно-деловых центров с XIX века по настоящее время	
<i>В.Д. Мединская, Ю.Я. Дворников</i>	100

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 621.923.6; 54.38; 544.162; 548.312

Влияние различных импрегнаторов абразивных кругов на эффективность заточной операции

В.И. Бутенко, Р.Г. Кадач

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В работе выполнен сравнительный анализ химически активных веществ, применяемых для импрегнирования абразивного инструмента при выполнении операции заточки резцов из быстрорежущей стали Р6М5К5. В ходе исследований установлено, что использование кругов, обработанных в йодсодержащем водном растворе, способствует существенному повышению стойкости оснастки при обработке конструкционного сплава 12ХМФ. Данный эффект достигается за счёт минимизации коэффициента трения и сопутствующего снижения температурных показателей в зоне резания. Составы, включающие соединения хлора и серы, продемонстрировали менее выраженную эффективность в сравнении с йодсодержащими реагентами. Подобные результаты объясняются интенсификацией процесса образования радикалов йода вследствие низкой энергии связей в молекулах, а также преобладающими антифрикционными характеристиками формируемого йодида железа.

Ключевые слова: импрегнирование, заточная операция, йод, стойкость инструмента, средняя температура, хлор, сера

Для цитирования. Бутенко В.И., Кадач Р.Г. Влияние различных импрегнаторов абразивных кругов на эффективность заточной операции. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):5–9.

The Effect of Different Agents for Grinding Wheel Impregnation on the Efficiency of Sharpening Operation

Viktor I. Butenko, Roman G. Kadach

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article presents a comparative analysis of the chemically active compounds designed for impregnation of abrasive tools used for sharpening the cutters made of R6M5K5 high-speed steel. In the frame of the research, it has been ascertained that treating the grinding wheels with the iodine-containing aqueous solution significantly increases the wear resistance of abrasive tools during machining 12KhMF structural alloy. This effect is achieved by minimizing the coefficient of friction, which results in reduction of temperature in the cutting zone. The impregnators containing chlorine and sulfur compounds proved to be less efficient compared to the iodine-containing ones. Such results could be explained by more active formation of iodine radicals due to the low binding energy in the molecules, as well as by the predominant antifriction properties of the ferric iodide formed.

Keywords: impregnation, sharpening operation, iodine, wear resistance of the tool, mean temperature, chlorine, sulfur

For Citation. Butenko VI, Kadach RG. The Effect of Different Agents for Grinding Wheel Impregnation on the Efficiency of Sharpening Operation. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):5–9.

Введение. Существует значительное количество способов повышения эффективности заточных операций, одним из которых является импрегнирование абразивного инструмента. Данная технология относится к наиболее результативным методам повышения производительности, а также качества процессов шлифования и заточки в различных видах машиностроительного производства, поскольку обработка кругов составами со специально подобранными свойствами позволяет целенаправленно управлять физико-химическими процессами в зоне обработки [1]. Импрегнирование оказывает положительное влияние практически на все показатели шлифования и

заточки, включая технологические остаточные напряжения, шероховатость обработанной поверхности, режущую способность, износ и стойкость абразивного инструмента [2].

В качестве импрегнаторов чаще всего применяют графит, фторированный углерод, парафин, стеариновую кислоту, фенолформальдегидные смолы, мелкодисперсные порошки твёрдых смазок, натриевые мыла высокомолекулярных жирных кислот, а также различные химически активные вещества (ХАВ). При повышенной температуре в зоне шлифования компоненты, находящиеся в порах круга, могут переходить в жидкое, пастообразное или газообразное состояние, формируя пограничный слой между контактирующими поверхностями и тем самым снижая коэффициент трения.

Эффективность импрегнаторов во многом определяется продуктами их распада, проникающей способностью, активностью взаимодействия с обрабатываемым материалом и свойствами конечного продукта реакции химически активного вещества с металлами [3]. В связи с этим в последнее время особое внимание уделяется соединениям, способным формировать в рабочей зоне газовую среду с высокой проникающей способностью [4]. Также широко известно, что соединения элементов VI группы (халькогенов) и VII группы (галогенов) Периодической системы химических элементов обладают высокой реакционной способностью по отношению к металлам, особенно при повышенных температурах, и способны образовывать газовые среды путём сублимации и испарения [5]. Наибольшее распространение получили соединения йода, хлора и серы.

Среди халькогенов широкое применение получила сера [6]. Импрегнирование чаще всего проводят расплавом серы. Известно, что сера является минералом с выраженными антифрикционными и противобактериальными свойствами. При импрегнировании шлифовальных кругов серой на обрабатываемых поверхностях детали образуются сульфидные плёнки, сохраняющие эффективность до температуры 800 °С. Указанные плёнки, предотвращают непосредственный контакт свежеработанных (ювенильных) поверхностей металла с абразивными зёрнами, вследствие чего снижается интенсивность процессов диффузии, адгезии и молекулярного схватывания между ними. Одновременно в среде серы погибают бактерии и микробы, появление которых в порах шлифовального круга обусловлено применением различных СОТС на органической основе. Кроме того, в отдельных случаях пропитка шлифовальных кругов серой позволяет исключить последующую упрочняющую обработку поверхности детали в результате её «бакелизации», что уменьшает потери деталей от брака. Импрегнирование шлифовальных кругов серой повышает эксплуатационные показатели, в частности производительность и стойкость, например, при шлифовании изделий из подшипниковых сталей [6].

К числу наиболее активных элементов группы галогенов относятся хлор и йод. Эффективность применения хлорсодержащих веществ, например, четырёххлористого углерода, дихлорэтана, трихлорэтана и др., в качестве добавок в СОТС при металлообработке объясняется наличием в них активных атомов хлора или его радикалов, которые, взаимодействуя с ювенильными поверхностями обрабатываемых металлов, образуют хлорсодержащие соединения — хлориды. Результативность применения таких СОТС определяется присутствием в молекулах активных атомов хлора и его радикалов. Широко известна высокая смазочная способность хлорированных масел и парафина, четырёххлористого углерода, дихлорэтана и трихлорэтана. В основе их смазочного действия лежит способность хлорсодержащих молекул при контакте с ювенильной поверхностью или под действием температуры выделять атомарный хлор [7].

В технологии машиностроения представлены исследования, анализ которых показывает, что высокие эксплуатационные показатели достигаются при использовании в качестве импрегнаторов веществ, содержащих йод и его соединения [8].

В связи с этим возникает необходимость проведения сравнительных экспериментальных исследований эффективности применения различных составов для импрегнирования абразивных кругов, содержащих химически активные вещества (ХАВ), на операции заточки металлорежущих инструментов из быстрорежущих сталей.

Результаты исследований. По составу импрегнатора были исследованы следующие способы заточки:

- абразивный круг, не подвергнутый импрегнированию;
- абразивный круг, импрегнированный водным раствором диiodида хрома (CrI_2 — 2 %, вода — остальное);
- абразивный круг, импрегнированный водным раствором хлористого аммония (NH_4Cl — 2 %; вода — остальное);
- абразивный круг, импрегнированный водным раствором сернокислого аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — 2 %; вода — остальное);
- абразивный круг, импрегнированный тетраметилтиурамдисульфидом $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S}_4$ в ацетоне ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S}_4$ — 3,5 %, ацетон — остальное) [9];
- абразивный круг, импрегнированный гексахлорпараксиолом $\text{C}_8\text{H}_4\text{Cl}_6$ в толуоле ($\text{C}_8\text{H}_4\text{Cl}_6$ — 36 %, толуол — остальное) [10].

Импрегнированию подвергались абразивные круги типа ПП размерами 175×40×32 (ГОСТ 2 424–83), изготовленные из электрокорунда нормального 14А, зернистостью F60, номером структуры 7, среднемягкой твёрдости

К7, на керамической связке V (ГОСТ Р 052587–2006). Импрегнирование осуществляли методом свободного капиллярного поднятия с окунанием круга в жидкость с растворённым импрегнатором.

В качестве инструментов использовались свёрла диаметром 16 мм из быстрорежущей стали Р6М5К5. Заточка инструментов производилась на универсально-заточном станке модели 3А64М. Режимы обработки: $v = 13,2$ м/с; $S_{пр} = 0,06$ м/с; $S_{поп} = 0,02$ мм/дв. ход. Была принята следующая геометрия свёрл: $2\phi = 118 \pm 1^\circ$, $\psi = 55^\circ$, $B = 2,5$ мм. За критерий износа был принят износ по задней поверхности сверла на периферийном участке равный $h_z = 0,8$ мм, который фиксировался на микроскопе БМИ-1М при помощи специальной подставки [6]. Средняя температура в зоне резания при сверлении $\Theta_{ср}$ определялась методом естественной термопары.

Сверление заготовок из стали 12ХМФ в виде брусков с размерами $B \times H \times L = 80 \times 30 \times 200$ мм осуществлялось на вертикально-сверлильном станке мод. 2Н135 без охлаждения на следующих режимах: $V = 0,33$ м/с ($n = 500$ об/мин), $S = 0,15$ мм/об.

Определение h_z и $\Theta_{ср}$ осуществлялось через 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 и 80 просверленных отверстий. По достижению величины износа, равного принятому критерию $h_z = 0,8$ мм, определялась стойкость сверла T умножением времени сверления одного отверстия $t_0 = 0,5$ мин на количество просверленных отверстий.

Из анализа таблицы 1 следует, что применение абразивного круга, подвергнутого импрегнированию йодсодержащим составом, обеспечивает формирование поверхности металлорежущего инструмента, которая при контакте с материалом заготовки характеризуется меньшей температурой и наибольшей стойкостью к износу. Представленные результаты экспериментальных исследований по показателям T и $\Theta_{ср}$ могут быть объяснены наименьшей среди исследуемых химически активных веществ прочностью связи в молекулах (таблица 2) [7].

Таблица 1

Показатели качества металлорежущего инструмента и процесса обработки
в зависимости от используемого состава для импрегнирования

Показатели качества	№ составов для импрегнирования					
	1	2	3	4	5	6
Стойкость инструмента T , мин	24,6	36,7	34,4	30,3	33,5	35,2
Средняя температура в зоне резания $\Theta_{ср}$, °C	240	190	208	220	215	200

Таблица 2

Зависимость между прочностью связей между атомами
в некоторых молекулах галогенов и халькогенов

Компонент	Тип связи	Прочность связи, ккал/моль
Cl_2	Cl – Cl	57,2
Br_2	Br – Br	45,4
I_2	I – I	35,5
S_2	S – S	63,0

В процессе заточной операции в результате различных энергетических воздействий, включая тепловые, силовые и электрические, происходит разрушение молекул химически-активного вещества на радикалы, которые участвуют в поверхностных химических реакциях образуя соединения с металлами [8]. Исходя из данных, представленных в таблицах 1 и 2, можно сделать вывод о том, что низкая энергия связи в молекуле способствует более активному образованию радикалов.

Немаловажным фактором, влияющим как на стойкость металлорежущего инструмента T , так и на среднюю температуру в зоне резания $\Theta_{ср}$, является структура продукта реакции химически-активного вещества с металлом. Известно, что соединения FeI_2 , $FeCl_2$ и FeS являются слоистыми соединениями с гексагональной сингонией, в которых внутри слоя действуют прочные химические связи, а между слоями действуют слабые Ван-дер-Ваальсовы силы. И чем менее плотная упаковка атомов в кристаллической решётке, тем легче слоям «скользить» друг относительно друга, и, соответственно, тем ниже коэффициент трения. Осуществить приближённую численную оценку свободного пространства в кристаллической ячейке можно через нахождение объёма кристаллической ячейки и вычитания из него соответствующих объёмов атомов.

Согласно источнику [11], объём гексагональной ячейки вычисляется по формуле:

$$V_{эл} = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot a^2 \cdot c, \quad (1)$$

где, a и c — параметры кристаллической решётки.

Параметры кристаллической решётки для йодида железа FeI_2 : $a = b = 0,404$ нм; $c = 0,675$ нм; $z = 1$ [12]; $R_{\text{I}^-} = 0,206$ нм [13]. Для хлорида железа FeCl_2 : $a = b = 0,357$ нм; $c = 1,71$ нм; $z = 3$ [14]; $R_{\text{Cl}^-} = 0,181$ нм [15]; для сульфида железа FeS : $a = b = 0,343$ нм; $c = 0,588$ нм; $z = 2$ [16]; $R_{\text{S}^{2-}} = 0,170$ нм [13]; $R_{\text{Fe}^{2+}} = 0,063$ нм [13]. Подставив справочные значения в формулу (1), получим объёмы элементарных кристаллических ячеек для трёх соединений: $V_{эл\text{FeI}_2} = 0,286$ нм³; $V_{эл\text{FeCl}_2} = 0,571$ нм³; $V_{эл\text{FeS}} = 0,197$ нм³. Однако данные соединения имеют различное количество формульных единиц в ячейках, для сравняемого объёма на одну формульную единицу, необходимо разделить данный показатель на z : $V_{эл\text{FeI}_2} = 0,286$ нм³; $V_{эл\text{FeCl}_2} = 0,190$ нм³; $V_{эл\text{FeS}} = 0,0985$ нм³.

Принимается допущение о том, что объём иона считаем равным объёму сферы с соответствующим радиусом, который можно вычислить по формуле:

$$V = \frac{4 \cdot \pi \cdot R^3}{3}, \quad (2)$$

где R — радиус иона, нм.

В результате расчёта по формуле (2) получены следующие значения объёмов ионов: $V_{\text{I}^-} = 0,036$ нм³; $V_{\text{Cl}^-} = 0,0247$ нм³; $V_{\text{S}^{2-}} = 0,02$ нм³; $V_{\text{Fe}^{2+}} = 0,00196$ нм.

Для расчёта свободного объёма $V_{с.о.}$ в кристаллической решётке вычтем объёмы ионов химических соединений из объёмов элементарных ячеек:

$$V_{с.о.} = V_{эл} - \sum V_{ионов}. \quad (3)$$

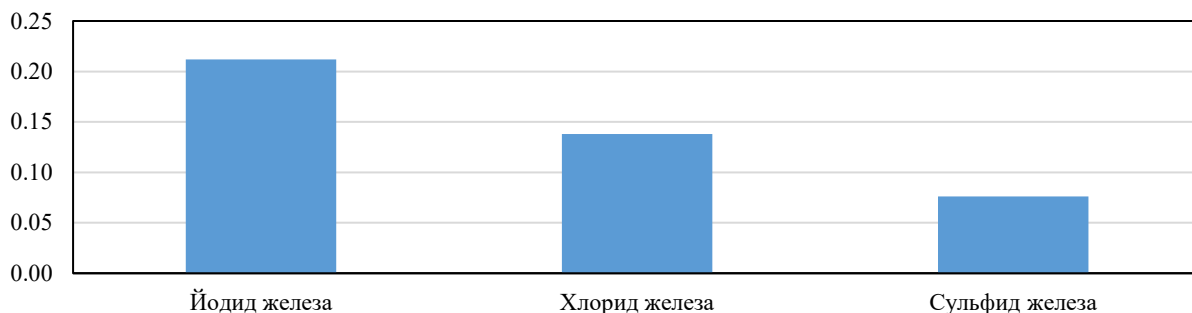


Рис. 1. Объём свободного пространства в элементарной ячейке кристаллической решётки соединения химически-активного вещества с железом, приходящийся на одну формульную единицу, нм³

Произведя сравнение объёма кристаллической ячейки с объёмом ионов, с учётом количества формульных единиц (рис. 1), видно, что объём пустот в кристаллической ячейке йодида железа FeI_2 (0,212 нм³) больше, чем для хлорида железа FeCl_2 (0,138 нм³) и для сульфида железа FeS (0,076 нм³). Из чего можно сделать вывод о том, что йодид железа имеет более выраженные антифрикционные свойства.

Заключение. Выполненные исследования влияния различных импрегнаторов на эффективность заточной операции металлорежущих инструментов из быстрорежущей стали показали, что наилучшие результаты по показателям стойкости инструмента и температуры в процессе механической обработки достигаются при обработке абразивных кругов водными растворами, содержащими йод и его соединения. Установленный эффект обусловлен как свойствами молекул йода, формирующихся в зоне резания, так и характеристиками конечного продукта реакции химически активного вещества с затачиваемой поверхностью металлорежущего инструмента.

Список литературы

1. Рыжкин А.А. *Обработка материалов резанием: физические основы*. Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ; 1995. 241 с.
2. Носенко В.А., Крутикова А.А. Повышение эффективности шлифования импрегнированным абразивным инструментом, выделяющим активные газовые среды. *Вестник Воронежского государственного технического университета*. 2018;14(2):125–131.
3. Крутикова А.А. *Влияние импрегнаторов, выделяющих при термическом разложении химически активные газовые среды, на свойства абразивного инструмента и показатели процесса шлифования*. Волгоград; 2019. 19 с.
4. Носенко В.А., Митрофанов А.П., Наумов А.Г. Модель химического взаимодействия импрегнаторов абразивного инструмента с обрабатываемым металлом. *СТИН*. 2014;(3):12–15.

5. Чурилин А.В., Жуков Н.П. Импрегнирование инструмента с целью повышения энергоэффективности абразивной обработки. *Достижения вузовской науки*. 2013;(6):127–131.
6. Бутенко В.И., Прокопец Г.А. *Поверхностно-активные вещества в процессах абразивной обработки материалов*: монография. Ростов-на-Дону: ДГТУ; 2021. 159 с. URL: https://ntb.donstu.ru/system/files/2021-131_butenko_mng.pdf (дата обращения: 15.05.2026).
7. Латышев В.Н. *Повышение эффективности СОЖ*. Москва: Машиностроение; 1975. 89 с. URL: https://cloud.mail.ru/public/ckRG/ZfgFymbHU?dialog=EBOOK_READER&from=viewer (дата обращения: 15.05.2026).
8. Бутенко В.И. *Применение йода и его соединений в процессах обработки и эксплуатации деталей машин*: монография. Ростов-на-Дону: ДГТУ; 2023. 243 с. URL: https://ntb.donstu.ru/system/files/2023-1060_butenko_mng_0.pdf (дата обращения: 16.05.2026).
9. Носенко В.А., Крутикова А.А., Новопольцева О.М., Митрофанов А.П. *Состав для пропитки абразивного инструмента*. Патент РФ, № 2595790. 2016.
10. Крутикова А.А., Носенко В.А., Новопольцева О.М., Митрофанов А.П. *Состав для пропитки абразивного инструмента*. Патент РФ, № 2532615. 2014.
11. Белим С.В., Лях О.В., Тихомиров И.В. *Кристаллография: практикум*. Омск: ОмГТУ; 2024. 164 с.
12. Ролстен Р.Ф. *Йодидные металлы и йодиды металлов*. Москва: Металлургия; 1968. 524 с.
13. Хьюи Дж. *Неорганическая химия*. Москва: Химия; 1987. 696 с.
14. Фурман А.А. *Неорганические хлориды (Химия и технология)*. Москва: Химия; 1980. 416 с.
15. *Краткий справочник физико-химических величин*. Ленинград: Химия; 1983. 232 с.
16. Самсонов Г.В., Дроздов С.В. *Сульфиды*. Москва: Металлургия; 1972. 303 с.

Об авторах:

Роман Геннадьевич Кадач, аспирант кафедры «Технология машиностроения» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1, rkad925@mail.ru

Виктор Иванович Бутенко, профессор кафедры «Технология машиностроения» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1, butenkowiktor@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Roman G. Kadach, Postgraduate Degree Student of the Mechanical Engineering Technology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), rkad925@mail.ru.

Viktor I. Butenko, Dr.Sci. (Engineering), Professor of the Mechanical Engineering Technology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), butenkowiktor@yandex.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004.8:004.9

Разработка и оптимизация агентов искусственного интеллекта в мобильных пошаговых стратегиях на базе Unity 3D: алгоритмы радиального зонирования

В.С. Токарев, Д.О. Гуковский

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В статье рассматривается задача оптимизации интеллектуальных агентов в мобильных играх, обусловленная ограниченными вычислительными ресурсами и автономным питанием устройств. Показано, что регулярный перерасчет маршрутов при использовании классических алгоритмов поиска пути, включая A* и алгоритм Дейкстры, может создавать избыточную нагрузку на процессор и снижать производительность приложения. Предложен гибридный подход, сочетающий традиционные методы поиска пути с авторской системой радиального зонирования. Метод основан на формировании вокруг игрока невидимых концентрических зон, при пересечении которых противником выполняется расчет оптимального маршрута. Решение реализовано в Unity 3D с применением паттерна «пул объектов». Экспериментальные результаты показали четырехкратное сокращение среднего времени расчета пути, что подтверждает практическую эффективность предложенного алгоритма для мобильных игровых приложений.

Ключевые слова: Unity 3D, оптимизация мобильных игр, искусственный интеллект, поиск пути, пошаговая стратегия, радиальное зонирование, эвристические алгоритмы

Для цитирования. Токарев В.С., Гуковский Д.О. Разработка и оптимизация агентов искусственного интеллекта в мобильных пошаговых стратегиях на базе Unity 3D: алгоритмы радиального зонирования. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):10–15.

Development and Optimization of AI Agents in Mobile Turn-Based Strategy Games Based on Unity 3D: Radial Zoning Algorithms

Viktor S. Tokarev, Denis O. Gukovsky

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies the problem of optimizing the intelligent agents in mobile games caused by the limited computing resources and self-power capacity of devices. It has been ascertained that regular path recalculation in common pathfinding algorithms, such as A* and Dijkstra's algorithms, can impose an excessive load on CPU and reduce performance of an application. A hybrid approach has been proposed, which combines common pathfinding algorithms with the author's proprietary technique of radial zoning. The technique is based on the formation of invisible concentric zones around a player that, once intruded by an enemy, ensure optimal path computation. The solution was implemented in Unity 3D game engine using the "object pool" pattern. Experiment resulted in a fourfold reduction of the mean pathfinding computation time, which confirms the practical efficiency of the proposed algorithm for mobile gaming applications.

Keywords: Unity 3D, optimization of the mobile games, artificial intelligence, pathfinding, turn-based strategy, radial zoning, heuristic algorithms

For Citation. Tokarev VS, Gukovsky DO. Development and Optimization of AI Agents in Mobile Turn-Based Strategy Games Based on Unity 3D: Radial Zoning Algorithms. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):10–15.

Введение. Рынок мобильных игр в настоящее время является крупнейшим сегментом глобальной игровой индустрии. Количество пользователей мобильных игр превышает 2,5 миллиарда человек по всему миру [1]. Жанры стратегий и головоломок входят в топ-5 наиболее популярных категорий среди приложений, предназначенных для скачивания игр и утилит. С учетом перечисленных факторов игроки ожидают нестандартных и содержательно интересных решений, однако на мобильных платформах масштаб проекта практически всегда ограничивается производительностью устройства и уровнем энергопотребления телефона.

Классические алгоритмы поиска пути, широко применяемые в коммерческой разработке игр, при периодическом пересчете маршрутов приводят к избыточному энергопотреблению [2]. В пошаговых играх, таких как «Шахматы», искусственный интеллект должен принимать решение на каждом ходу, и использование неоптимизированных алгоритмов с высокой вероятностью приводит к снижению частоты кадров в секунду и чрезмерным затратам энергии [3]. Особенно выраженной данная проблема является в играх, где игровое поле представляет собой открытую местность со строгим алгоритмом передвижения, поскольку в таких проектах каждый ход требует повторного расчета узлов маршрута.

Анализ успешных игровых проектов показывает, что их привлекательность во многом определяется художественной концепцией, которая способна компенсировать ограниченное количество ключевых механик. В данной статье авторский алгоритм поиска пути рассматривается на примере самостоятельно разработанной пошаговой стратегии «Behind Cells».

Цель данной работы — демонстрация работоспособности авторского алгоритма поиска пути и оптимизация методов взаимодействия с интеллектуальными агентами на примере игры собственной разработки «Behind Cells». В исследовании рассматривается система, использующая гибридный подход к работе с интеллектуальными агентами, который сочетает классический поиск пути и авторский метод «система радиального зонирования».

Задачи исследования

В задачи исследования предметной области входит: формулирование базовых игровых механик игры «Behind Cells», проектирование гибридной системы работы с интеллектуальными агентами, позволяющей агенту строить локальный маршрут до искомого объекта, а не до границ всей карты, а также реализация рабочего прототипа в игровом движке Unity 3D с применением методов оптимизации. В процессе оптимизации необходимо реализовать паттерн «пул объектов», изолировать вычисления от метода, срабатывающего каждый компьютерный тик, — «Update», а также обеспечить хранение данных в одномерных массивах «value types». Кроме того, требуется провести сравнительный анализ производительности разработанного алгоритма с классическим A* во внутреннем тестировщике производительности Unity Profiler.

Материалы и методы

Концепция игры «Behind Cells»

Для понимания сущности игры и роли искусственного интеллекта в ее структуре необходимо кратко рассмотреть концепцию и сюжет проекта. Сюжет игры основан на похищении главного героя коварным волшебником, являющимся заядлым любителем головоломок. Проиграв волшебнику, герой попадает в магическое подземелье, построенное по принципу шахматной доски. Игроку предстоит выбраться из подземелья, минуя стража, который на каждом уровне будет пытаться дойти до игрока и одолеть его. Именно страж выступает в роли интеллектуального агента: на каждый ход игрока он совершает собственное действие, рассчитывая оптимальный путь до местоположения героя и пытаясь настичь его.

Игровое поле представляет собой прямоугольную сетку, в которой в самом простом случае игрок начинает движение из левого верхнего угла, а стражник, охраняющий выход, располагается в правом нижнем углу.

Игровой цикл разделен на фазу обдумывания, в течение которой игрок выбирает клетку для перемещения, и фазу действия, в рамках которой непосредственно осуществляется передвижение игрока и противника.

Ключевыми сущностями на игровом поле являются страж, сложность поведения которого измеряется глубиной просчета допустимых ходов, рядовые элементы, среди которых ловушки и иные игровые противники, а также люк, представляющий собой переход на следующий уровень.

Визуальный стиль игры выполнен в жанре «пиксель-арт», интерфейс имеет минималистичное оформление, а вид на игрока реализован от третьего лица таким образом, чтобы создавать впечатление ортогональности. Игра средствами 2D-графики формирует ощущение объема — данный прием в разработке игр называется 2,5D-графикой.

Архитектура искусственного интеллекта

В процессе реализации искусственного интеллекта стража была разработана указанная выше гибридная модель, сочетающая классический поиск пути и авторский эвристический подход «система радиального зонирования». В пространстве вокруг целевого объекта формируются невидимые концентрические кольца, при попадании в которые ИИ-агент начинает строить маршрут до игрока более эффективно.

Алгоритм работы интеллектуального агента можно разделить на несколько этапов:

- сканирование территории: агент определяет, в каком кольце он находится относительно игрока. Полученная информация о местоположении противника относительно игрока выступает первичным фильтром для отсеивания заведомо ошибочных векторов движения;
- анализ препятствий: на поле присутствуют преграды, не позволяющие проходить через них, поэтому после сканирования необходимо также запомнить, в каких клетках находятся непроходимые препятствия;
- расчет маршрута: вместо построения полного пути от своей клетки до клетки игрока агент формирует локальный маршрут до ближайшего радиуса, выпущенного относительно позиции игрока, что позволяет снизить экспоненциальный рост вычислений, присущий стандартным алгоритмам, перечисленным выше.

На рис. 1 приведена схема, демонстрирующая принцип работы алгоритма с визуальной точки зрения: R1 — зона захвата, R2 — зона сближения, R3 — зона обнаружения. Безусловно, функцию поиска игрока противником выполняют все кольца, однако на схеме для каждого из них указано отдельное название, позволяющее понять, где противник обнаруживает игрока, где сближается с ним, а где атакует. Интеллектуальный агент в зависимости от уровня сложности выбирает вектор движения, минимизирующий попадание в зоны с ловушками и зоны, которые расположены дальше желаемого радиуса и не являются оптимальными.

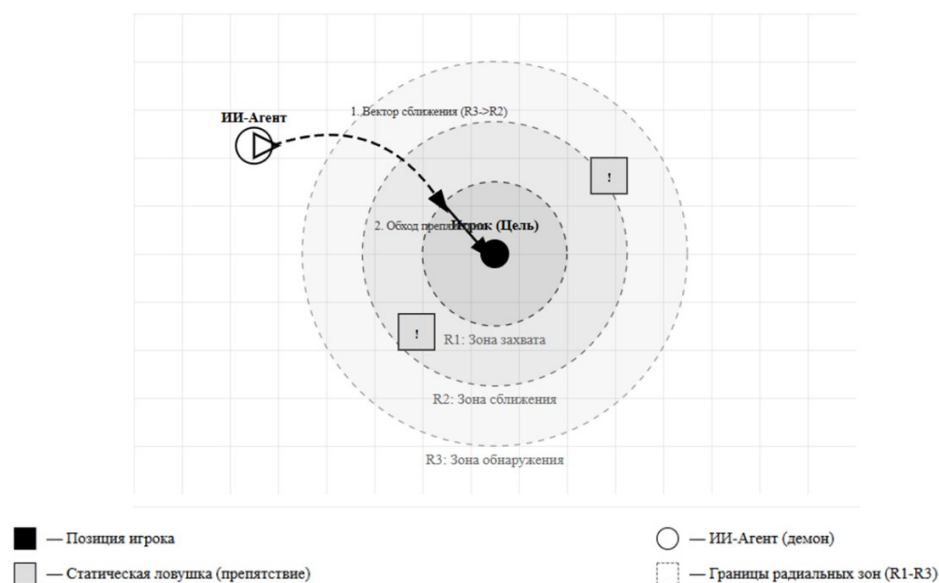


Рис. 1. Схема реализации гибридной системы управления интеллектуальными агентами: показан процесс иерархического выбора вектора движения с учетом радиальных зон

Техническая реализация и оптимизация

Игра разрабатывается на игровом движке Unity, что обеспечивает ее кроссплатформенность. Для повышения производительности игрового приложения были реализованы следующие меры:

- использование паттерна «пул объектов» для расчета узлов графа и построения невидимых колец вокруг игрока, что исключает частое создание и удаление игровых объектов `GameObject`, к числу которых относятся и указанные кольца [4, 5];
- изоляция логики искусственного интеллекта в отдельный менеджер, функционирующий только в фазу обдумывания;
- хранение данных о ловушках и радиусах, в пределах которых пересекаются луч, выпущенный из местоположения игрока, и противник, в одномерных массивах. Данный подход позволяет минимизировать количество итераций работы сборщика мусора `Garbage Collector`, каждый вызов которого отрицательно влияет на производительность;
- исключение тяжеловесных методов поиска игровых объектов на сцене, в том числе метода `FindObjectsOfType`.

Сложность игры против интеллектуального агента масштабируется за счет глубины просчета ходов. Это обеспечивается количеством колец, построенных от местоположения игрока, а также их плотностью, то есть расстоянием между кольцами относительно друг друга.

Разработанная архитектура позволила существенно сократить энергозатраты на фазе обдумывания. В тех случаях, когда обычно применялся бы тяжеловесный алгоритм поиска пути, в предложенной системе используются математические операции, формирующие кольца вокруг игрока с постепенным увеличением их радиуса, а также методы фиксации коллизий интеллектуального агента с одним из таких колец. При обнаружении соответствующего пересечения инициируется процесс расчета расстояния между игроком и противником.

Результаты исследования. Для сравнения с классическим алгоритмом A* [6] в среде Unity Profiler было проведено профилирование вычислительной нагрузки, направленное на оценку эффективности разработанной гибридной системы радиального зонирования. Тестирование выполнялось на мобильном устройстве среднего ценового сегмента при сборке проекта с компилятором IL2CPP. Тестовая конфигурация включала сетку 6×12 клеток и 5 статических ловушек.

При программной реализации ИИ-агента, представленного демоном, был применен ряд архитектурных ограничений [7], соответствующих современным практикам оптимизации высоконагруженных мобильных проектов на Unity [8]:

- паттерн Object Pool использовался для расчетов пути, что позволило избежать ресурсоемких операций реинициализации и уничтожения узлов графа в памяти во время игры;
- вычислительная логика поиска пути была полностью изолирована от покадрового метода Update [9] и делегирована собственному менеджеру управления состояниями State Manager, активируемому исключительно в фазу обдумывания;
- из алгоритма полностью исключены ресурсоемкие методы поиска, например FindObjectsOfType [10], а также операции боксинга и анбоксинга в C#. Это позволило установить ручной контроль над работой сборщика мусора и исключить микрофризы, возникающие при динамическом выделении памяти во время хода противника.

Таблица 1

Сравнительный анализ времени расчёта пути ИИ-агентом с помощью Unity Profiler

Параметр оценки	Классический алгоритм A*	Гибридная система ИИ
Среднее время расчёта пути в миллисекундах	1.85 мс	0.42 мс
Пиковая нагрузка при перестроении в миллисекундах	3.10 мс	0.85 мс
Количество обрабатываемых узлов в среднем	48 узла	12 узлов в пределах 2-х колец, исходящих от игрока
Выделение памяти «GC Alloc» (сколько новой памяти выделяется под вычисления, иницилируя работу «Garbage collector»)	~2.4 КБ	0 КБ (при переиспользовании игровых объектов, среди которых концентрические кольца, при реализации паттерна «Пул объектов»)

В таблице 1 представлены сравнительные метрики времени выполнения скриптов, выраженные в миллисекундах на кадр расчета, для двух алгоритмов на сетке 6×12 клеток при наличии 5 статических препятствий, представленных ловушками.

Полученные данные отчетливо демонстрируют, что внедрение системы радиального зонирования позволило сократить среднее время расчета маршрута в 4 раза: с 1,85 мс до 0,42 мс. Снижение пиковой нагрузки объясняется тем, что радиальный алгоритм выполняет поиск исключительно в пределах локальных концентрических зон, так называемых колец, формируемых вокруг игрока, тогда как недостижимые сегменты графа исключаются из обработки. Таким образом, за счет контролируемого управления памятью удалось минимизировать количество вызовов сборщика мусора Garbage Collector и повысить общую производительность системы.

На рис. 2 приведен скриншот контекстного интерфейса, карты, расположения игрока, стража и ловушек на клеточном поле в разработанной игре «Behind Cells».



Рис. 2. Игровой процесс «Behind Cells»: игрок (слева сверху) и страж (справа внизу) на клеточном поле

Обсуждение. Двухфазная система, предложенная в разработанной игре «Behind Cells», в сочетании с радиальным поиском решает значимую техническую задачу. Поскольку расчеты ИИ-агента выполняются только в специально выделенную фазу обдумывания, а не в каждом кадре Update, процессорное время мобильного устройства высвобождается для рендеринга сложной 2.5D-графики, включающей пиксель-арт и объемные объекты.

По сравнению с классическим рейкастингом [11] или использованием ресурсоемкого Unity NavMesh [12], которые являются избыточными для клеточного поля, данный подход демонстрирует высокую эффективность. Радиальная эвристика позволяет алгоритму поиска пути в большинстве штатных ситуаций работать со сложностью $O(N)$, где N — количество клеток внутри активного кольца, а не площадь всей карты.

Гибкость алгоритма обеспечивает возможность его адаптации к внедрению новых игровых объектов и механик, например: добавлению новых типов препятствий, изменению поведения стража в зависимости от уровня сложности. Все перечисленные изменения реализуются без переработки базовой архитектуры системы. Полученные результаты подтверждают эффективность и практическую применимость предложенного подхода к созданию производительных мобильных игр с интеллектуальными агентами.

Заключение. В ходе исследования была создана система поиска пути, основанная на гибридном подходе к работе с интеллектуальным агентом.

К ключевым результатам исследования относятся:

- спроектирована двухфазная система игрового цикла, в которой точно заданы временные интервалы работы интеллектуального агента;
- разработана новая концепция взаимодействия с интеллектуальным агентом;
- сформирована техническая база, позволяющая масштабировать игру в направлении многопользовательского режима при наличии нескольких игроков на поле;
- экспериментально подтверждено четырехкратное снижение времени расчета пути по сравнению с классическими эвристическими методами.

Созданное решение предлагает авторский способ разработки игр, оптимизированных для мобильных устройств: оно позволяет сохранить производительность и обеспечить необходимый баланс между сложностью игрового процесса и низким энергопотреблением.

Список литературы

1. Newzoo. *Global Mobile Market Report 2023*. URL: <https://resources.newzoo.com/global-mobile-market-report> (дата обращения: 10.03.2025).
2. Hart PE, Nilsson NJ, Raphael B. A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*. 1968;4(2):100–107. <https://doi.org/10.1109/TSSC.1968.300136>
3. Millington I, Funge J. *Artificial Intelligence for Games*. 3rd Ed. CRC Press; 2019. 1010 p.
4. Tulleken H. *Deep Dive: The Design and Implementation of Object Pools*. *Game Developer*. 2024. URL: <https://www.gamedeveloper.com/programming/deep-dive-the-design-and-implementation-of-object-pools> (дата обращения: 20.03.2026).
5. Ellison G. Boost Unity Performance with Object Pooling. Wayline, 2025. URL: <https://www.wayline.io/blog/unity-object-pooling-performance> (дата обращения: 20.03.2026)
6. Dill K. Spatial Reasoning for Strategic Decision Making. In book: *Game AI Pro 360: Guide to Tactics and Strategy*. CRC Press; 2019. P. 211–220. <https://doi.org/10.1201/9780429054969>
7. Rabin S (Ed). *Game AI Pro 360: Guide to Movement and Pathfinding*. CRC Press; 2019. 320 p. <https://doi.org/10.1201/9780429055096>
8. Rabin S (Ed). *Game AI Pro 2: Collected Wisdom of Game AI Professionals*. CRC Press; 2015. 578 p. <https://doi.org/10.1201/b18373>
9. Cossu S. *Beginning Game AI with Unity: Programming Artificial Intelligence*. Apress Berkeley; 2021. 143 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6355-6>
10. Palacios J. *Unity 2018 Artificial Intelligence Cookbook*. Packt Publishing; 2018. 334 p.
11. Stanescu M, Bethel CL. A Comparison of Grid-Based Pathfinding Techniques for Video Games. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*. Volume 2; 2015. P. 453–458.
12. Juliani A, Berges VP, Teng E, Cohen A, Harper J, Elion C, et al. Unity as a Platform for Intelligent Agents. *arXiv*. 2020;arXiv:1809.02627v2

Об авторах:

Виктор Сергеевич Токарев, студент Института сквозных технологий Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), victor.tokareff@gmail.com

Денис Олегович Гуковский, студент Института сквозных технологий Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), denisguk25032004@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Viktor S. Tokarev, Student at the Institute of End-to-End Technologies, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), victor.tokareff@gmail.com

Denis O. Gukovsky, Student at the Institute of End-to-End Technologies, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), denisguk25032004@gmail.com

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004.418

Проблемы распознавания символов в автоматизированных системах: анализ ключевых затруднений

П.А. Алексян, А.А. Скляренко

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В статье рассматриваются актуальные вопросы распознавания символьных данных в рамках функционирования автоматизированных систем на примере процесса идентификации государственных регистрационных знаков различных транспортных средств. Автором осуществлен комплексный сравнительный анализ показателей устойчивости классических инструментов оптического распознавания — в частности библиотеки Pytesseract — и прогрессивного нейросетевого подхода, основанного на программной архитектуре YOLOv8. Представлено описание оригинальной методики посимвольной детекции, дополненной последующей программной сортировкой объектов вдоль координатной оси, что обеспечивает сохранение четкой структуры текстовой строки при возникновении значительных геометрических искажений. В рамках экспериментального исследования детально проанализировано влияние ключевых этапов предварительной обработки изображений (разрешение DPI, дескьюинг, процедуры морфологической фильтрации и бинаризации) на итоговую точность и общую скорость функционирования программных алгоритмов. Установлено, что специализированная модель YOLOv8 демонстрирует преимущество в два раза по критерию точности при обработке зашумленных массивов информации и одновременно сохраняет высокие параметры производительности. Выявлен специфический эффект дестабилизации функционирования нейросетевых архитектур в условиях применения избыточной бинаризации входного потока данных.

Ключевые слова: распознавание символов, компьютерное зрение, OCR, YOLOv8, Pytesseract, автоматизированные системы, посимвольная детекция, предобработка изображений

Для цитирования. Алексян П.А., Скляренко А.А. Проблемы распознавания символов в автоматизированных системах: анализ ключевых затруднений. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):16–22.

The Problem of Character Recognition in Automated Systems: Analysis of Main Difficulties

Petr A. Alekryan, Anna A. Sklyarenko

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies the topical issues of character recognition in automated systems on the example of identifying license plate numbers of various vehicles. The authors have conducted a comprehensive comparative analysis of reliability parameters provided by the traditional optical character recognition engines, notably Pytesseract (Python wrapper), and those provided by the advanced neural network technologies based on the YOLOv8 software architecture. The original character-by-character detection technique with subsequent sorting of objects along an axis of coordinates done by a software has been described. The technique ensures the preservation of a distinct text string structure in case of significant geometric distortions. In the frame of the experimental study, the impact of key image preprocessing stages (DPI resolution, deskewing, morphological filtering, and binarization) on the final accuracy and overall performance of software algorithms has been analysed in detail. It has been found that the specialized YOLOv8 model demonstrates twice better accuracy in processing noisy datasets, as well as maintains high performance rate. A specific destabilizing effect in the work of the neural-network-based architectures, which occurs upon excessive binarization of the input data stream, has been identified.

Keywords: character recognition, computer vision, OCR, YOLOv8, Pytesseract, automated systems, character-by-character detection, image preprocessing

For Citation. Alekryan PA, Sklyarenko AA. The Problem of Character Recognition in Automated Systems: Analysis of Main Difficulties. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):16–22.

Введение. В условиях глобальной цифровизации производственных и транспортных процессов распознавание символов выступает одним из фундаментальных направлений в области компьютерного зрения. Автоматизированные системы идентификации, принимающие решения на основе анализа визуальной информации, находят широкое применение в логистических цепочках, интеллектуальных транспортных сетях, государственном секторе и комплексах безопасности. Эффективность функционирования таких систем напрямую определяется достоверностью данных, извлекаемых на этапе первичной обработки изображений.

Любая ошибка, возникающая на этапе детекции или сегментации символов, неизбежно приводит к формированию «каскадных сбоев» в последующих модулях логической обработки. В контексте идентификации государственных регистрационных знаков транспортных средств некорректное считывание даже одного символа делает невозможной автоматическую проверку по базам данных, что требует участия оператора и снижает преимущества автоматизации. В связи с этим минимизация рисков и поиск наиболее устойчивых стратегий распознавания в условиях реальной эксплуатации представляют собой актуальную научно-техническую задачу.

Основная проблема современных алгоритмов распознавания заключается в их уязвимости перед дестабилизирующими факторами окружающей среды. В отличие от лабораторных условий или обработки сканированных документов, системы реального времени сталкиваются с рядом затруднений:

- искажением перспективы и значительным наклоном объекта относительно оптической оси камеры;
- избыточной освещенностью, включая засветы, либо, напротив, низкой контрастностью изображения;
- визуальным перекрытием элементов и наличием специфических шумов.

Традиционные методы оптического распознавания символов (далее — OCR), ярким представителем которых является библиотека Pytesseract, основанная на движке Tesseract, на протяжении длительного времени рассматривались как индустриальный стандарт [1]. Однако жесткая привязка данных методов к структуре строки и их высокая чувствительность к качеству бинаризации изображения ставят под сомнение эффективность применения в сложных эксплуатационных условиях. В качестве альтернативного решения рассматриваются современные нейросетевые архитектуры, в частности детекторные модели семейства YOLO (You Only Look Once) [2].

В данной работе предлагается подход, основанный на использовании архитектуры YOLOv8, обученной для посимвольной детекции. Особенность предлагаемого метода состоит в отказе от распознавания всей строки целиком в пользу идентификации отдельных графических образов символов с их последующим программным ранжированием по координатной оси для формирования итоговой последовательности. Предполагается, что данный подход позволит нивелировать проблему потери структуры данных при геометрических искажениях кадра.

Цель исследования заключается в проведении сравнительного анализа устойчивости классических методов OCR на примере библиотеки Pytesseract и нейросетевого подхода на базе модели YOLOv8 при решении задачи идентификации символьной информации в условиях типовых визуальных помех.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить точность детекции символов обоими методами на исходных изображениях без предварительной обработки;
- проанализировать влияние различных этапов программной предобработки, включая изменение DPI, выравнивание горизонта и морфологическую фильтрацию, на результирующие показатели точности и скорости работы алгоритмов;
- выявить ключевые факторы, вызывающие ложные срабатывания и отказы в работе исследуемых систем.

Основная часть. Ключевым отличием предложенной методики применения YOLOv8 является отказ от стандартной парадигмы распознавания всей текстовой строки целиком. В рамках настоящего исследования реализован подход посимвольной детекции, при котором модель обучалась идентификации отдельных графических образов символов — букв и цифр — как независимых объектов в кадре. После этапа нейросетевой детекции для получения строки автомобильного номера используется алгоритм постобработки, который выполняет извлечение координат ограничивающих рамок (bounding boxes) для каждого обнаруженного символа, сортировку объектов по горизонтальной координатной оси X и последующую агрегацию предсказанных меток классов в единую строку.

Пример логики работы данного метода представлен на рис. 1.

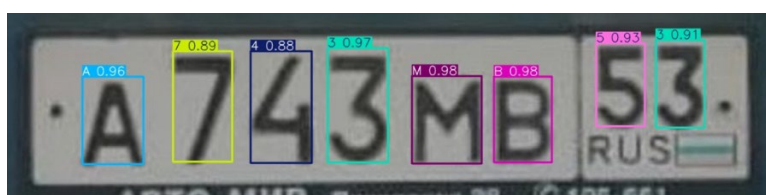


Рис. 1. Логика работы посимвольной детекции и последующей сортировки

Так как чтение строки целиком в классическом OCR-решении полностью зависит от исходной структуры текстовой последовательности на изображении, основное преимущество метода посимвольной детекции проявляется в его устойчивости к нарушению этой структуры. Даже при наличии геометрических перекосов, частичном перекрытии сторонними объектами или иных помехах на изображении автомобильного номера данный подход опирается на точные координаты каждого символа в отдельности. После последующего восстановления последовательности по координате X формируется итоговая строка.

Для проведения эксперимента был собран датасет, включающий 500 изображений государственных регистрационных знаков. Каждое изображение прошло ручную разметку с выделением отдельных независимых классов для каждого символа. При обучении модели не применялись методы аугментации, в том числе геометрические преобразования (масштабирование, сдвиги, обрезка и т. д.) и фотометрические преобразования (коррекция яркости, контрастности и т. д.), поскольку исследование предполагает оценку адаптивности архитектуры YOLOv8 в условиях работы с ограниченными выборками данных.

Для оценки влияния визуальных искажений на оба метода была сформирована тестовая выборка с учетом основных условий, воздействующих на точность детекции строки. Использование единой тестовой выборки позволяет отдельно оценить вклад каждого типа визуального искажения в итоговые метрики точности распознавания. Перечень таких искажений представлен в таблице 1.

Таблица 1

Перечень визуальных искажений

Тип	Описание	Влияние
Нарушение геометрии изображения	Поворот номерного знака относительно горизонтальной оси	Снижение точности распознавания строки целиком
Световые искажения	Чрезмерное освещение или наличие засветов	Снижение контрастности фона и символов
Внешние шумы	Условия плохой видимости или загрязнение	Снижение чёткости контуров символов
Частичное перекрытие	Посторонние предметы в объективе (прикрытый номер, проходящий мимо человек)	Потеря символа/ов из изображения

Пример изображений с подобными визуальными искажениями отображен на рис. 2.

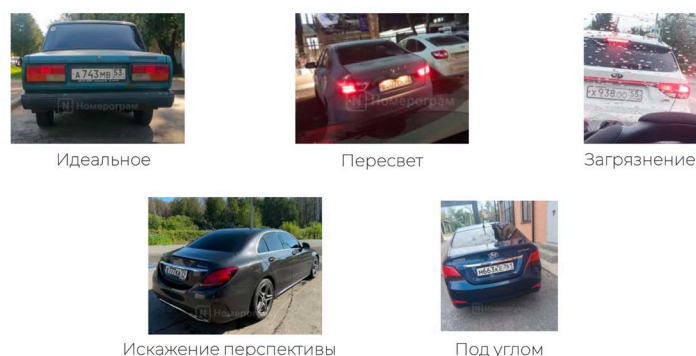


Рис. 2. Примеры тестовых изображений с различными типами помех

Для оценки точности и эффективности исследуемых методов в рамках данной работы были определены три ключевых показателя. Базовым индикатором выступала посимвольная точность, которая отражала отношение количества правильно идентифицированных графических знаков к их общему числу в строке. В приоритете же для систем контроля и управления доступом находился показатель точности распознавания всей строки целиком, фиксирующий долю безошибочно считанных государственных регистрационных знаков относительно общего объема тестовой выборки. Дополнительно производилось измерение среднего времени инференса на один кадр, что позволило проанализировать вычислительную сложность каждого из рассматриваемых подходов.

Исследование базируется на детальном анализе влияния различных этапов программной предобработки входного изображения на итоговые качественные и скоростные показатели методов. Выбранная стратегия позволила наглядно продемонстрировать условия, при которых алгоритмы способны дифференцировать образы символов на зашумленном фоне, а также выявить моменты снижения точности вследствие критических искажений.

Пилотная проверка осуществлялась на исходных изображениях, содержащих естественные засветы, загрязнения, эффекты искаженной перспективы и автомобильные номера, расположенные под значительным углом. Классическое OCR-решение обеспечило корректное считывание отдельных символов и строки в целом лишь в единичных случаях, что подтвердило его уязвимость и низкую эффективность детекции на изображениях без предварительной подготовки. В то же время нейросетевая модель YOLOv8 продемонстрировала способность к успешной идентификации как независимых знаков, так и последовательностей символов даже в сложных условиях. Данный факт подтверждает, что метод на базе архитектуры YOLOv8 обладает существенным преимуществом перед традиционным OCR в ситуациях, характеризующихся деформацией текстовой строки и наличием интенсивных внешних помех. Результаты функционирования алгоритмов на необработанных данных представлены на рис. 3.

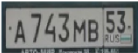
Изображение	Реальное значение	YOLO	Pytesseract
	A743MB53	A743MB53 (126.5 ms)	A743MB23 (305.2 ms)
	B007CK02	B0015K2 (40%) (70.1 ms)	- (190.4 ms)
	X9380055	X938055 (93%) (52.9 ms)	X93859553 (199.0 ms)
	E777KA74	E7771K174 (77%) (70.3 ms)	P (231.8 ms)
	M663KE761	M663KE761 (63.8 ms)	66KE (217.7 ms)

Рис. 3. Сравнение работы алгоритмов на исходных изображениях

Программное увеличение разрешения до 300 DPI было сделано для проверки гипотезы о необходимости повышения плотности пикселей для улучшения сегментации. Результаты показали, что для YOLOv8 данная операция практически не влияет на точность, но сохраняет высокую скорость обработки. Для OCR увеличение объема данных привело к значительному замедлению обработки кадра, что делает такую предобработку сомнительной для систем, работающих в режиме реального времени. Результаты работы алгоритмов на данных с увеличенным разрешением изображены на рис. 4.

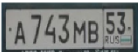
Изображение	Реальное значение	YOLO	Pytesseract
	A743MB53	A743MB53 (135.6 ms)	A743MB23 (336.1 ms)
	B007CK02	B0015K (28%) (63.3 ms)	- (323.7 ms)
	X9380055	X938055 (93%) (60.3 ms)	X93890553 (370.8 ms)
	E777KA74	E7771K1774 (73%) (69.5 ms)	B (363.4 ms)
	M663KE761	M663KE761 (55.0 ms)	- (424.2 ms)

Рис. 4. Влияние изменения DPI на скорость и точность

На этапе выравнивания горизонта устранялся наклон государственного регистрационного знака относительно горизонтальной оси. Визуальный анализ показал, что именно данный этап стал первым, на котором классическое OCR-решение смогло частично восстановить линейную структуру строки и выполнить считывание отдельных символов. Для модели YOLOv8 такая процедура также оказалась значимой, поскольку после коррекции положения номера были устранены артефакты детекции, обусловленные поворотом ограничивающих рамок. При этом сохранялись отдельные ошибки, связанные с визуальным сходством некоторых символов, например, «7» и «У». Результаты функционирования алгоритмов на данных с выровненным горизонтом представлены на рис. 5.

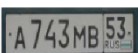
Изображение	Реальное значение	YOLO	Pytesseract
	A743MB53	A743MB53 (120.5 ms)	A743MB23 (300.6 ms)
	B007CK02	B0075K02 (50%) (71.0 ms)	- (333.5 ms)
	X9380055	X93855 (85%) (53.1 ms)	93820553 (348.1 ms)
	E777KA74	E77YKA74 (75%) (76.8 ms)	- (351.5 ms)
	M663KE761	M663KE761 (58.9 ms)	MOO3KE76 (399.0 ms)

Рис. 5. Результаты распознавания после коррекции угла наклона

Использование морфологических преобразований, в частности эрозии и дилатации, было направлено на повышение выраженности контуров символов и усиление их отделимости от фона. Данная мера оказалась наиболее обоснованной для кадров с выраженной переэкспозицией, где границы знаков становились менее четкими вследствие интенсивных засветов. На этом этапе был зафиксирован устойчивый рост точности OCR, тогда как для YOLOv8 наблюдался незначительный обратный эффект. Морфологическая обработка изменяла характерные контуры и признаки символов, на которых была обучена нейросетевая модель, поэтому она начинала менее уверенно дифференцировать образы и допускала ошибки распознавания. В то же время для OCR уменьшалось количество разрывов в линиях, а контраст между символами и фоном становился более бинарным и однородным, что обеспечивало более точную идентификацию строки данным методом. Результаты функционирования алгоритмов на данных с применением морфологической обработки представлены на рис. 6.

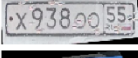
Изображение	Реальное значение	YOLO	Pytesseract
	A743MB53	A743MB53 (114.9 ms)	A743MB23 (318.9 ms)
	B007CK02	B007CK02 (68.4 ms)	B07CK (61%) (280.7 ms)
	X9380055	X933855 (80%) (51.3 ms)	93850553 (338.0 ms)
	E777KA74	E77YKA74 (75%) (75.3 ms)	- (339.1 ms)
	M663KE761	M663KE761 (58.4 ms)	MO663KE761 (322.7 ms)

Рис. 6. Адаптация алгоритмов к морфологическим изменениям кадра

В качестве заключительного этапа изображения были приведены к бинаризованному, то есть черно-белому, формату. Несмотря на то, что данный вариант обработки теоретически должен формировать наиболее благоприятные условия для OCR, алгоритм не продемонстрировал стабильных результатов не только при распознавании сложных регистрационных знаков, но и при обработке кадров без выраженных помех. Модель YOLOv8 также показала снижение метрик, поскольку в ее обучающей выборке отсутствовали бинаризованные изображения. В результате нейросетевая модель утратила доступ к привычным визуальным признакам, таким как текстура, объем и цвет, вследствие чего не смогла эффективно функционировать в новых условиях представления данных. Результаты работы алгоритмов на бинаризованных данных представлены на рис. 7.

Изображение	Реальное значение	YOLO	Pytesseract
	A743MB53	A743MB53 (116.8 ms)	A743MB23 (233.8 ms)
	B007CK02	B0BCK (46%) (70.5 ms)	A (260.3 ms)
	X9380055	X9380055E (94%) (52.0 ms)	93850884 (259.7 ms)
	E777KA74	E7K74 (76%) (73.9 ms)	ETT (261.0 ms)
	M663KE761	M66E3MKE761 (90%) (62.5 ms)	MO63KE701 (251.2 ms)

Рис. 7. Сравнение устойчивости методов в условиях бинаризации

Итоговое сопоставление эффективности исследуемых методов проводилось на контрольной выборке, включавшей 125 изображений — по 5 снимков для каждой категории помех. Выполненный количественный и качественный анализ позволил выявить ряд закономерностей в функционировании систем:

1. Статистический анализ показал существенное преимущество нейросетевого подхода по количественным показателям точности. На зашумленных выборках средняя посимвольная точность YOLOv8 практически вдвое превысила результаты Pytesseract. Если классический OCR-метод сохраняет работоспособность преимущественно в условиях, близких к лабораторным, то детекторная модель демонстрирует высокую устойчивость к внешним искажениям. Наиболее показательной стала метрика распознавания строки целиком. В условиях реальных помех Pytesseract не обеспечил стабильного результата, поскольку даже незначительный сбой сегментации хотя бы одного символа приводил к невалидности всей последовательности. Внедрение предложенного алгоритма программной сортировки координат позволило YOLOv8 корректно восстанавливать структуру номера даже при значительном нарушении визуальной связности строки. Результаты сравнения точности представлены на рис. 8.

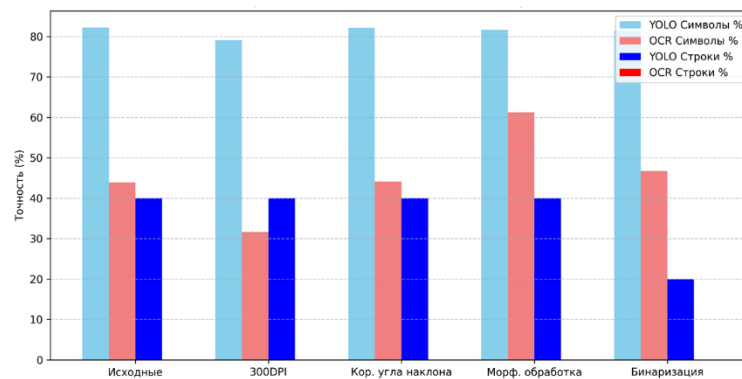


Рис. 8. Сравнение методов по точности распознавания

2. Анализ времени обработки одного кадра показал, что YOLOv8 работает значительно быстрее. Среднее время инференса у нейросети оказалось в разы ниже, чем у классического OCR. При этом средняя скорость YOLOv8 остается стабильной и не сильно зависит от того, какие фильтры предобработки применялись к кадру. С OCR нагрузка напрямую зависит от входных данных. Например, если программно поднять разрешение до 300 DPI, время обработки начинает расти экспоненциально. Такая задержка делает классические методы непригодными для высоконагруженных систем, где нужно анализировать видеопоток в реальном времени. Сравнение скорости работы алгоритмов приведено на рис. 9.

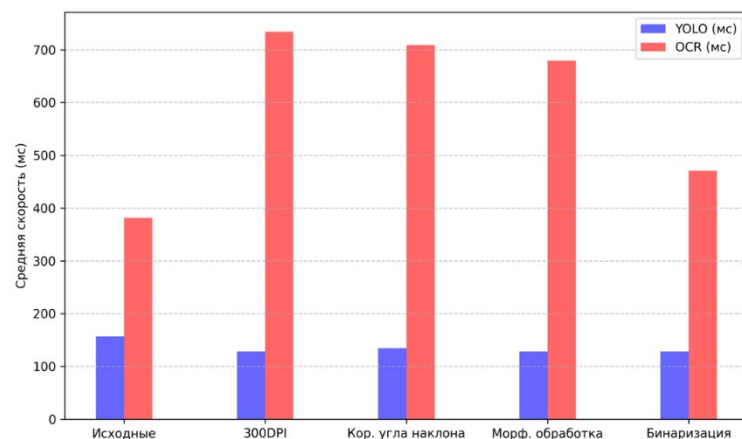


Рис. 9. Сравнение методов по скорости распознавания

Операции предварительной обработки являются обязательными для OCR-решений, поскольку они направлены на приведение входного сигнала к строгим стандартам сегментации, заложенным в логику работы соответствующих алгоритмов. В то же время для глубоких нейронных сетей чрезмерная очистка данных нередко становится дестабилизирующим фактором. Поскольку архитектура YOLOv8 обучалась на репрезентативной выборке реальных изображений, переход к «стерильным» бинаризованным формам лишает модель естественных текстурных признаков и полутонов. Подобная трансформация привычных паттернов объекта приводит к увеличению числа ложных срабатываний и подтверждает, что нейросетевой подход требует сохранения контекстной информации, которую классические системы, как правило, интерпретируют как шум.

Тем не менее оба метода сохраняют чувствительность к визуально сходным символам. Наиболее распространенной ошибкой в рамках эксперимента стала путаница между символом «7» и кириллической буквой «У» в условиях низкой контрастности. Однако, в отличие от Pytesseract, который в подобных ситуациях часто полностью теряет структуру строки, YOLOv8 фиксирует наличие объекта, что позволяет в дальнейшем применять вероятностные фильтры для коррекции результата. Общая структура выводов о точности алгоритмов представлена на рис. 10.



Рис. 10. Анализ устойчивости методов к различным типам помех

Заключение. В ходе проведенного исследования был выполнен сравнительный анализ устойчивости классических и нейросетевых методов распознавания символов в условиях, имитирующих реальную эксплуатацию автоматизированных систем.

На основе полученных данных можно сформулировать следующие выводы:

– Комбинация YOLOv8 и алгоритма сортировки символов по оси X позволила повысить точность распознавания примерно в 2 раза, а также обеспечить абсолютное преимущество при идентификации всей строки: OCR не смог корректно распознать строку целиком ни на одном кадре, тогда как YOLOv8 успешно справилась приблизительно с 42 % таких задач.

– Нейросетевые модели демонстрируют значительно более стабильную работу на кадрах с наклоном или нарушенной перспективой. Классический OCR критически зависит от идеального выравнивания строки, поэтому любой перекося существенно снижает качество распознавания. В то же время YOLOv8 не имеет подобного ограничения, поскольку успешно обнаруживает и распознает каждый символ как отдельный независимый объект.

– Анализ скорости работы подтвердил, что нейросетевые подходы хорошо подходят для систем реального времени. YOLOv8 обрабатывает кадр в несколько раз быстрее, чем PyTesseract. При этом производительность нейросетевой модели снижается лишь незначительно при увеличении разрешения входных изображений.

– Важным научным результатом работы является выявление негативного влияния избыточной фильтрации на точность нейронных сетей. Если для классических алгоритмов бинаризация и морфологическая обработка являются необходимыми этапами, то для современных детекторов они могут выступать в качестве дестабилизирующего фактора, искажая значимые признаки объектов.

Практическая значимость работы заключается в подтверждении возможности создания высокоточных систем идентификации даже на относительно небольших обучающих выборках объемом 500 экземпляров при условии применения современных архитектур компьютерного зрения.

Дальнейшее развитие исследования связано с расширением обучающего набора данных за счет использования методов аугментации: внесения синтетических шумов, имитации различных погодных условий и типов освещения. Это позволит дополнительно повысить устойчивость системы к специфическим визуальным ошибкам и минимизировать риск «каскадных сбоев» в промышленных и транспортных автоматизированных комплексах.

Список литературы

1. *Оптическое распознавание символов для Python (PyTesseract)*. URL: <https://pytesseract.readthedocs.io/en/latest> (дата обращения: 31.03.2026).
2. *Документация нейросетевой архитектуры YOLOv8*. URL: <https://docs.ultralytics.com/models/yolov8> (дата обращения: 31.03.2026).

Об авторах:

Петр Артемович Алекьян, магистрант кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), alekolen35@gmail.com

Анна Анатольевна Скляренко, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1) Deranna1982@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Petr A. Alekyaan, Master's Degree Student of the Software of Computer Engineering and Automated Systems Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), alekolen35@gmail.com

Anna A. Sklyarenko, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Software of Computer Engineering and Automated Systems Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation) Deranna1982@yandex.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 614.71

Экологические риски и пути минимизации выбросов в нефтегазовом секторе**С.К. Поршнева, Е.В. Стасева, С.Е. Гераськова**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В статье рассмотрены экологические риски нефтегазового сектора, обусловленные выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросами в водные объекты, а также накоплением производственных отходов. Особое внимание уделено санитарно-защитным зонам (СЗЗ), рассматриваемым в качестве одного из ключевых элементов обеспечения безопасности населения. На основе многомерного корреляционного анализа, выполненного по данным 50 измерений, установлена тесная взаимосвязь между концентрацией загрязняющего вещества на границе СЗЗ, максимальной концентрацией выброса и скоростью ветра. Показано, что при фиксированном уровне максимальной концентрации скорость ветра утрачивает самостоятельное влияние на концентрацию загрязняющего вещества на границе СЗЗ. Данное обстоятельство обосновывает необходимость приоритетного снижения эмиссии непосредственно на источниках загрязнения. Предложен алгоритм управления рисками на этапах проектирования, эксплуатации и реконструкции объектов, включающий инструменты избегания риска, снижения тяжести возможных последствий и уменьшения вероятности их реализации. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании природоохранных мероприятий, а также при корректировке границ СЗЗ на основе риск-ориентированного подхода.

Ключевые слова: экологические риски, нефтегазовый сектор, санитарно-защитная зона, выбросы загрязняющих веществ, оценка риска здоровью, многомерный корреляционный анализ, управление рисками

Для цитирования. Поршнева С.К., Стасева Е.В., Гераськова С.Е. Экологические риски и пути минимизации выбросов в нефтегазовом секторе. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):23–30.

Environmental Risks and Ways to Minimize Emissions in the Oil and Gas Sector**Sofya K. Porshneva, Elena V. Staseva, Svetlana E. Geraskova**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

This article studies the environmental risks in the oil and gas sector caused by emission of pollutants into the atmosphere and water bodies, as well as by accumulation of industrial waste. Particular attention was paid to sanitary protection zones (SPZs) as key elements ensuring safety of the population. A multivariate correlation analysis was performed based on the data of 50 measurements. Close correlation between the concentration of a pollutant at the SPZ boundaries, maximum emission concentration, and wind velocity was revealed. It was demonstrated that in case of fixed concentration maximum, the wind velocity loses its independence in effecting the concentration of a pollutant at the SPZ boundaries. This circumstance justifies the priority of reducing emissions directly in the sources of pollution. The risk management algorithm was proposed for the stages of design, operation and reconstruction of facilities, including the tools for avoiding the risks, mitigating the severity of possible consequences and reducing the possibility of their emergence. The results obtained can be used for justifying environmental protection activities, as well as adjusting the sanitary protection zone boundaries based on the risk-management approach.

Keywords: environmental risks, oil and gas sector, sanitary protection zone (SPZ), emissions of a pollutant, assessment of health risks, multivariate correlation analysis, risk management

For Citation. Porshneva SK, Staseva EV, Geraskova SE. Environmental Risks and Ways to Minimize Emissions in the Oil and Gas Sector. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):23–30.

Введение. Нефтегазовая отрасль является основой энергетической независимости любой страны. Вместе с тем деятельность таких предприятий оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно вследствие загрязнения атмосферного воздуха преждевременно умирает около 7 миллионов человек, а количество потерянных лет здоровой жизни сопоставимо с последствиями курения [1]. Наиболее остро данная проблема проявляется в регионах концентрации нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий, где население подвергается комплексному воздействию значительного количества загрязняющих веществ.

Для защиты населения от промышленных выбросов законодательством предусмотрена организация санитарно-защитной зоны (СЗЗ). СЗЗ — это территория, отделяющая промышленные объекты от жилой застройки. В ее пределах действуют специальные ограничения, а качество атмосферного воздуха подлежит строгому контролю [1]. Однако на практике во многих промышленных городах жилые кварталы расположены в непосредственной близости от предприятий нефтегазового сектора. Для соблюдения нормативных размеров СЗЗ требуется полная реконструкция производства либо организация переселения населения, что практически невозможно без значительных финансовых затрат и принятия масштабных управленческих решений.

Цель данной статьи — проанализировать экологические риски нефтегазового сектора, уделить особое внимание проблеме санитарно-защитных зон (СЗЗ) и предложить пути минимизации вредных выбросов.

Основная часть. К ключевым экологическим рискам объектов нефтегазового сектора относятся (рис. 1):

- выбросы в атмосферу: диоксид серы (SO_2), оксиды азота (NO_x), летучие органические соединения (ЛОС), твердые частицы (PM);
- сбросы в водные объекты: нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы;
- загрязнение почв: разливы нефти, буровые шламы;
- накопление отходов: нефтешламы, отработанные катализаторы, буровые растворы [2].



Рис. 1. Экологические риски нефтегазового сектора

В современной практике управления экологической безопасностью все более широкое применение получает риск-ориентированный подход, закрепленный в российской нормативной базе в ряде руководств и методических рекомендаций по оценке риска для здоровья населения [3]. Сущность данного подхода заключается в переходе от простой констатации превышения уровней загрязнения над предельно допустимыми значениями к количественной оценке вероятности развития неблагоприятных эффектов у населения.

Согласно концепции, представленной в работах С.Л. Авалиани, С.М. Новикова и других ведущих российских ученых в области гигиены и токсикологии, обеспечение экологической безопасности населения предполагает, что фактическая величина риска для здоровья, формируемого промышленными выбросами на границе СЗЗ, не превышает нормативно установленный уровень приемлемого остаточного риска [4].

Основные этапы оценки риска включают (рис. 2):

- идентификацию опасностей, предусматривающую выявление приоритетных загрязняющих веществ и источников;
- оценку экспозиции, направленную на определение фактических концентраций на границе СЗЗ и в жилой застройке;
- оценку зависимости «доза — ответ», предполагающую установление количественных соотношений между уровнем воздействия и вероятностью развития неблагоприятных эффектов;
- характеристику риска, включающую расчет канцерогенного и неканцерогенного риска для различных групп населения.

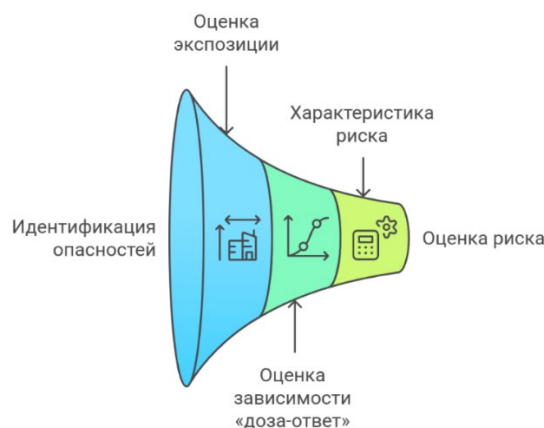


Рис. 2. Этапы оценки риска

Многолетние исследования, проведенные в регионах размещения крупных нефтеперерабатывающих и нефтехимических комплексов, позволили количественно охарактеризовать уровни риска для населения, включая следующие категории:

– канцерогенный риск. Международные исследования, в том числе систематические обзоры и мета-анализы, подтверждают повышенную вероятность развития злокачественных новообразований у населения, проживающего вблизи нефтехимических комплексов. При длительном проживании, превышающем 10–15 лет, в зоне влияния НПЗ индивидуальный канцерогенный риск может достигать значений 10^{-4} – 10^{-3} , что соответствует 100–1000 дополнительным случаям рака на 1 миллион населения [1];

– неканцерогенный риск. Приоритетными веществами, формирующими неканцерогенный риск для населения в зоне влияния НПЗ, являются:

- бензол: поражение кроветворной системы, иммунотоксичность;
- формальдегид: раздражение слизистых оболочек, аллергизация;
- диоксид азота: респираторные заболевания, бронхиальная астма;
- взвешенные вещества (PM_{2.5} и PM₁₀): сердечно-сосудистые и респираторные заболевания [1].

При сокращении расстояния от жилой застройки до промышленной площадки на 200–300 метров относительно нормативной СЗЗ коэффициенты опасности (НҚ) по ряду веществ могут возрастать в 2–3 раза, превышая приемлемый уровень (НҚ > 1) [5].

Алгоритм управления рисками на этапах жизненного цикла объекта. Для обеспечения нормативного уровня остаточного риска для здоровья населения при функционировании экологически опасного производственного объекта разработан алгоритм действий, включающий последовательные процедуры принятия обоснованных решений [3].

Этап проектирования. Своевременная идентификация опасностей и оценка рисков для здоровья на этапе проектирования позволяют уточнить размещение проектируемых экологически опасных объектов с учетом их риск-формирующего потенциала в конкретных производственных и градостроительных условиях. Данный этап является наиболее эффективным для предотвращения будущих рисков, поскольку стоимость корректировки планировочных решений существенно ниже затрат на последующую реконструкцию или реализацию компенсационных мероприятий.

Этап эксплуатации. В процессе эксплуатации объекта проводится:

- идентификация наиболее риск-опасных участков границы СЗЗ и промышленной площадки;
- определение приоритетных производственных установок с учетом величины формируемых рисков;
- выявление приоритетных химических токсикантов.

На основе полученных данных корректируются программы производственного контроля и производственного экологического контроля, уточняется приоритетность инвестиционных программ и планов природоохранных мероприятий с учетом ожидаемого снижения риска для здоровья, а также вносятся изменения в эксплуатационную документацию, направленные на минимизацию выбросов, формирующих высокий уровень риска [3].

Этап реконструкции. При реконструкции действующих экологически опасных объектов особое значение приобретает принцип применения наилучших доступных технологий (НДТ), внедрение которых в значительной степени способствует обеспечению приемлемого уровня остаточного риска. При этом важно отметить, что технологические и природоохранные мероприятия, несмотря на их безусловную необходимость, не всегда являются

достаточными, особенно при эксплуатации существующих предприятий в условиях исторически сложившейся застройки.

Инструменты управления рисками. В арсенале риск-ориентированного управления используются три основные группы инструментов:

- избегание риска — наиболее радикальная мера, предусматривающая перенос производства или переселение населения из зоны неприемлемого риска. Она применяется в ситуациях, когда риск превышает уровень 10^{-4} и не может быть снижен иными способами;
- снижение тяжести последствий — реализуется посредством внедрения наилучших доступных технологий, обеспечивающих сокращение эмиссии приоритетных токсикантов. Для НПЗ это может включать:
- оснащение установок каталитического крекинга системами селективного каталитического восстановления для снижения NO_x ;
- внедрение систем рециркуляции и утилизации паров легких углеводородов;
- переход на замкнутые системы водоснабжения;
- модернизацию насосного оборудования для сокращения неорганизованных выбросов;
- снижение вероятности реализации риска — достигается за счет совершенствования систем мониторинга, повышения надежности оборудования, обучения персонала, а также улучшения регламентов технического обслуживания и ремонта.

Описание проблемы. Основным каналом воздействия промышленных предприятий нефтегазового сектора на здоровье населения является загрязнение атмосферного воздуха. Технологические процессы на НПЗ сопровождаются выбросами сложной смеси химических соединений, включая диоксид серы (SO_2), оксиды азота (NO_x), летучие органические соединения (ЛОС), бензол, формальдегид, тяжелые металлы и другие токсиканты.

Международное агентство по изучению рака (IARC) классифицировало загрязнение атмосферного воздуха как канцерогенный фактор для человека (группа 1); при этом риск развития рака легких возрастает по мере увеличения уровня загрязнения. Исследования, выполненные в районах размещения нефтехимических комплексов, подтверждают повышенные риски онкологических заболеваний среди населения, проживающего вблизи промышленных объектов.

Значимость СЗЗ как фактора экологического риска определяется следующими механизмами:

- расстояние до источника выбросов — приземные концентрации загрязняющих веществ экспоненциально снижаются по мере удаления от источника. Сокращение фактической СЗЗ относительно нормативной приводит к тому, что жилая застройка оказывается в зоне максимальных концентраций, формирующихся до завершения процессов рассеивания;
- накопление эффектов — длительное проживание в зоне влияния промышленного предприятия обуславливает хроническое воздействие, при котором даже относительно невысокие концентрации могут вызывать значимые неблагоприятные последствия вследствие кумуляции;
- комбинированное воздействие — население, проживающее вблизи НПЗ, подвергается влиянию не одного, а десятков химических веществ, эффекты которых могут суммироваться, потенцироваться или синергически усиливаться.

Рассмотрим применение аппарата многомерного корреляционного анализа для исследования зависимости между различными факторами производственного процесса НПЗ.

В качестве объекта исследования в работе использованы сведения по НПЗ Ростовской области. Исходные данные для проведения корреляционного анализа представлены в таблице 1. По результатам инвентаризации на территории предприятия выявлено 50 организованных и неорганизованных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [6].

Таблица 1

Исходные данные для проведения корреляционного анализа

№	Концентрация на границе СЗЗ (X_1), мг/м ³	Макс, концентрация (X_2), мг/м ³	Скорость ветра (X_3), м/с	№	Концентрация на границе СЗЗ (X_1), мг/м ³	Макс, концентрация (X_2), мг/м ³	Скорость ветра (X_3), м/с
1	42,5	148,3	2,1	26	47,5	167,9	1,9
2	48,9	165,7	1,8	27	25,9	123,7	4,8
3	35,7	132,4	3,5	28	59,4	183,2	0,8
4	55,2	178,9	0,9	29	17,1	103,4	6,3
5	28,3	122,0	4,2	30	40,2	151,0	2,5
6	39,8	154,6	2,4	31	39,0	145,5	2,6
7	37,1	143,2	2,7	32	66,8	199,7	0,4

8	62,4	191,5	0,5	33	15,0	89,1	7,1
9	22,9	115,8	5,0	34	50,1	169,8	1,6
10	46,7	162,3	1,5	35	30,5	130,3	4,1
11	36,9	138,7	3,2	36	44,7	162,9	2,2
12	68,1	204,5	0,3	37	23,8	118,6	5,5
13	16,4	95,2	6,8	38	63,0	192,3	0,6
14	57,8	188,1	1,1	39	19,6	112,7	5,7
15	29,7	127,6	4,5	40	41,9	155,4	2,3
16	49,3	173,4	1,7	41	37,8	148,9	2,9
17	21,5	116,9	5,3	42	69,3	207,2	0,2
18	64,2	196,8	0,7	43	15,0	92,4	6,9
19	18,3	109,5	5,9	44	56,2	181,5	1,0
20	43,6	159,2	2,0	45	27,4	125,1	4,6
21	38,4	142,1	2,8	46	51,9	175,0	1,4
22	70,0	210,0	0,1	47	24,6	121,3	4,9
23	15,0	85,3	7,5	48	58,1	185,7	0,9
24	53,1	177,6	1,3	49	16,8	107,8	6,2
25	32,7	134,8	3,8	50	42,3	157,6	2,1

Исходные данные, представленные в таблице 1, содержат 50 измерений трех ключевых параметров: концентрации вещества на границе санитарно-защитной зоны (X_1), максимальной концентрации загрязняющего вещества (X_2) и скорости ветра (X_3). На основе этих значений по формуле (1) были рассчитаны парные коэффициенты корреляции: $r_{12} = 0,9925$; $r_{13} = -0,9729$; $r_{23} = -0,9786$, которые демонстрируют тесноту и направление статистической связи между переменными.

$$r = \frac{\overline{xy} - \overline{x}\overline{y}}{\sigma_x \sigma_y}. \quad (1)$$

Сильная положительная связь $r_{12} = 0,9925$ между концентрацией на границе СЗЗ и максимальной концентрацией объясняется тем, что при увеличении максимальной концентрации происходит увеличение концентрации на границе СЗЗ.

Очень сильная отрицательная связь $r_{13} = -0,9729$ между концентрацией на границе СЗЗ и скоростью ветра и $r_{23} = -0,9786$ между максимальной концентрацией в источнике и скоростью ветра объясняется тем, что при увеличении скорости ветра происходит более интенсивное рассеивание загрязнений.

Определим множественный коэффициент корреляции $R_{1,23}$, частные коэффициенты корреляции и оценим их значимость. Для случая трех переменных выборочный множественный коэффициент корреляции $R_{i,jk}$ вычисляется по формуле (2):

$$R_{i,jk} = \sqrt{\frac{r_{ij}^2 + r_{ik}^2 - 2r_{ij}r_{ik}r_{jk}}{1 - r_{jk}^2}}. \quad (2)$$

$$R_{1,23} = \sqrt{\frac{0,9925^2 + (-0,9725)^2 - 2 \times 0,9925 \times (-0,9725) \times (-0,9786)}{1 - (-0,9786)^2}} = 0,9930. \quad (2)$$

Таким образом, между концентрацией вещества на границе санитарно-защитной зоны, максимальной концентрацией загрязняющего вещества и скоростью ветра существует очень сильная связь. Множественный коэффициент детерминации $R_{1,23}^2 = 0,986$ показывает, что 98,6 % изменчивости концентрации на границе СЗЗ объясняется комбинированным воздействием максимальной концентрации и скорости ветра.

Для оценки значимости $R_{1,23}$ вычислим по формуле (3) F -статистики для проверки значимости множественного коэффициента корреляции (или всего регрессионного уравнения в целом):

$$F = \frac{R^2(n-p)}{(1-R^2)(p-1)}, \quad (3)$$

$$F = \frac{0,9930^2(50-3)}{(1-0,9930^2)(3-1)} = 1556.$$

По таблицам F-распределения найдем $F_{0,05;2;47} = 3,195$. Т.к. $F > F_{0,05;2;47}$, то $R_{1,23}$ статистически значим. Вычислим частные коэффициенты корреляции по формуле (4):

$$r_{ij,k} = \frac{r_{ij} - r_{ik}r_{jk}}{\sqrt{(1-r_{ik}^2)(1-r_{jk}^2)}}, \quad (4)$$

$$r_{12,3} = \frac{0,9925 - (-0,9729) \times (-0,9786)}{\sqrt{(1-(-0,9729)^2)(1-(-0,9786)^2)}} = 0,8495,$$

$$r_{13,2} = \frac{(-0,9729) - 0,9925 \times (-0,9786)}{\sqrt{(1-0,9925^2)(1-(-0,9786)^2)}} = -0,0652,$$

$$r_{23,1} = \frac{(-0,9786) - 0,9925 \times (-0,9729)}{\sqrt{(1-0,9925^2)(1-(-0,9729)^2)}} = -0,4598.$$

Поскольку $r_{23,1}$ меньший из всех коэффициентов, то оценим его значимость в первую очередь. Воспользуемся формулой (5), для чего определим:

$$n' = n - p + 2, \quad (5)$$

$$n' = 50 - 3 + 2 = 49,$$

$$|t_{13,2}| = \frac{|-0,0652| \sqrt{49-2}}{\sqrt{1-(-0,0652)^2}} = 0,448.$$

По таблице t-распределения Стьюдента $t_{0,05;47} = 2,013$. Так как $|t_{13,2}| < t_{\text{табл}}$, то $r_{13,2}$ незначим. Поэтому проверим большие коэффициенты $r_{12,3}$ и $r_{23,1}$.

По таблице t-распределения Стьюдента $t_{0,05;47} = 2,013$. Так как $|t_{13,2}| < t_{\text{табл}}$, то $r_{13,2}$ незначим. Поэтому проверим большие коэффициенты $r_{12,3}$ и $r_{23,1}$.

$$|t_{23,1}| = \frac{|-0,4598| \sqrt{49-2}}{\sqrt{1-(-0,4598)^2}} = 3,55.$$

Так как $|t_{23,1}| > t_{\text{табл}}$, то $r_{23,1}$ значим, а это означает, что и больший коэффициент $r_{12,3}$ тоже является значимым.

Когда мы сравнили парные и частные коэффициенты корреляции, выяснилось, что наиболее значимое расхождение наблюдается для пары показателей X_1 (концентрация на границе СЗЗ) и X_3 (скорость ветра).

Получается, что обнаруженная взаимосвязь между X_1 и X_3 объясняется их общей зависимостью от X_2 . Когда мы убираем влияние X_2 , скорость ветра перестаёт оказывать какое-либо самостоятельное воздействие на концентрацию на границе СЗЗ.

Что касается взаимосвязи между максимальной концентрацией (X_2) и скоростью ветра (X_3), то она также претерпела изменения: отрицательная корреляция сохранилась на умеренном уровне.

Следовательно, коэффициенты X_2 и X_3 связаны между собой преимущественно вследствие того, что оба показателя ассоциированы с X_1 . Однако после исключения этой общей зависимости скорость ветра продолжает оказывать самостоятельное влияние на максимальную концентрацию, причём данное воздействие имеет отрицательный характер: ветер способствует рассеиванию выбросов, снижая их пиковые значения.

Связь между X_1 и X_2 оказалась наиболее устойчивой, поскольку соответствующий коэффициент практически не изменился. Это подтверждает наличие прямой тесной взаимосвязи между концентрацией на границе СЗЗ и максимальной концентрацией, тогда как скорость ветра в данном случае не оказывает существенного влияния.

Вывод. На основе проведённого анализа авторы сформулировали следующие выводы, касающиеся управления экологическими рисками на НПЗ и обоснования организации санитарно-защитных зон:

– Основная роль СЗЗ заключается в регулировании уровня риска. Санитарно-защитная зона представляет собой не просто обозначенную на карте территориальную полосу, а реально функционирующий механизм защиты населения. Согласно выполненным расчётам, концентрация загрязняющего вещества на границе СЗЗ практически полностью соответствует динамике максимального выброса ($r_{12} = 0,9925$). При этом связь со скоростью ветра, несмотря на внешне выраженный характер ($r_{13} = -0,9729$), фактически является опосредованной: после исключения влияния максимального выброса сохраняется лишь статистически незначимый частный коэффициент корреляции $r_{13,2} = -0,0652$. Иными словами, скорость ветра не оказывает определяющего влияния на величину концентрации загрязняющих веществ на границе зоны. Следовательно, основным управляемым фактором выступает не столько метеорологический режим, сколько величина эмиссии непосредственно на источнике.

– Приоритет технологического снижения эмиссии. Поскольку взаимосвязь между максимальной концентрацией (X_2) и концентрацией на границе СЗЗ (X_1) остаётся тесной даже после исключения влияния ветра ($r_{12.3}=0,8495$ — значимый показатель), ключевым направлением минимизации риска является внедрение наилучших доступных технологий (НДТ) на установках, формирующих наибольшие объёмы выбросов. К таким технологиям относятся: оснащение каталитических установок системами селективного восстановления NO_x , утилизация паров лёгких углеводородов, переход на замкнутые системы водоснабжения, модернизация насосного оборудования для сокращения неорганизованных утечек.

– Необходимость перехода к риск-ориентированному управлению. Сравнение парных и частных коэффициентов корреляции подтверждает, что традиционный подход, основанный исключительно на соблюдении нормативных размеров СЗЗ без учёта фактической эмиссии и условий рассеивания, является недостаточным. При исторически сложившейся застройке, когда нормативный размер СЗЗ не может быть обеспечен, единственным способом достижения приемлемого уровня риска ($CR < 10^{-4}$, $HQ \leq 1$) становится снижение выбросов до такого уровня, при котором концентрации на фактической границе жилой застройки не превышают установленных нормативов.

– Интеграция результатов корреляционного анализа в алгоритм управления. Выявленная структура связей между параметрами позволяет уточнить процедуры, реализуемые на этапах жизненного цикла объекта:

– на этапе проектирования — моделировать рассеивание с учётом реальных метеоусловий и заблаговременно предусматривать необходимые мощности очистного оборудования;

– на этапе эксплуатации — выделять приоритетные установки по величине формируемого риска и корректировать программы производственного экологического контроля;

– на этапе реконструкции — применять НДТ прежде всего для тех источников, которые вносят наибольший вклад в формирование концентрации на границе СЗЗ.

– Комплексный характер мер минимизации. Эффективное управление экологическими рисками НПЗ требует сочетания трёх групп инструментов:

- избегание риска при неприемлемых уровнях воздействия — вынос производства или переселение населения;
- снижение тяжести последствий — технологическое перевооружение, повышение эффективности очистки;
- уменьшение вероятности реализации риска — развитие систем мониторинга, повышение надёжности оборудования, обучение персонала.

– Практическая значимость. Полученные количественные оценки (множественный коэффициент детерминации $R^2_{1.23} = 0,986$) показывают, что сочетание максимальной концентрации и скорости ветра объясняет 98,6 % изменчивости концентрации на границе СЗЗ. Это позволяет прогнозировать уровень воздействия при изменении технологических параметров и обосновывать инвестиции в природоохранные мероприятия с учётом ожидаемого снижения риска.

Таким образом, минимизация выбросов в нефтегазовом секторе и обеспечение безопасности населения в зоне влияния НПЗ должны основываться на интеграции технологических, планировочных и организационных решений. Ключевым элементом такой системы выступает научно обоснованное управление санитарно-защитными зонами с применением методов количественной оценки риска и корреляционно-регрессионного анализа.

Список литературы

1. Fomenko M, Fomenko G, Kalaeva S, Skuratova E. Health Risk Management as an Innovative Mechanism for Ensuring Oil Refineries are Safe for the Local Population. *RT&A*. 2022;(SI 4(70)):282–290.
2. Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Сковронская С.А., Мацюк А.В. и др. Опыт практических исследований, по сравнительной оценке, радиационных и химических рисков здоровью населения от воздействия факторов окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2019;98(12):1425–1431. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-12-1425-1431>
3. Фоменко М.А., Фоменко Г.А., Скуратова Е.А. Алгоритм риск-менеджмента в обеспечении экологической безопасности населения в районе предприятия нефтепереработки. *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2022;13(4):351–363. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2022-4-351-363>
4. Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А. Принципы управления риском здоровью населения на основе анализа мероприятий по снижению промышленных выбросов. Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей. В: *Труды VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пермь, 16–18 мая 2018 года*. Пермь: Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения; 2018. С. 14–19.
5. Р 2.1.10.3968-23. *Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания*. 221 с.
6. *Информация об охране атмосферного воздуха*. 2025. Информация об охране атмосферного воздуха.

Об авторах:

Софья Константиновна Поршнева, магистрант кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), soniaporshneva1821@gmail.com

Елена Владимировна Стасева, кандидат технических наук, доцент кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), elena_staseva@mail.ru

Светлана Евгеньевна Гераськова, старший преподаватель кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), cjamz-2003@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Sofya K. Porshneva, Master's Degree Student of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), soniaporshneva1821@gmail.com

Elena V. Staseva, Associate Professor of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), elena_staseva@mail.ru

Svetlana E. Geraskova, Senior Lecturer of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), cjamz-2003@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004.45

Использование асинхронной парадигмы для OSINT приложений

Д.П. Ковалев, А.А. Лёза, Н.В. Гапон

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Статья посвящена применению асинхронной архитектуры при программной реализации модуля для инструментария OSINT (Open Source Intelligence). Представлена схема основных функций, приведены результаты тестирования, а также рассмотрен пример реализации асинхронного подхода. Выполнено сравнение разработанного решения с существующими аналогами. Результаты работы представляют интерес для специалистов в области кибербезопасности, журналистики, социологии и государственного управления.

Ключевые слова: OSINT, открытая разведка, большие данные, машинное обучение, верификация информации, социальные сети, кибербезопасность, цифровой след

Для цитирования. Ковалев Д.П., Лёза А.А., Гапон Н.В. Использование асинхронной парадигмы для OSINT приложений. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):31–36.

Using Asynchronous Pattern for OSINT Applications

Danil P. Kovalev, Aleksei A. Leza, Nikolai V. Gapon

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies implementation of the asynchronous architecture in programming an OSINT (Open Source Intelligence) framework module. The article provides a diagram of the main functions, presents testing results, and studies an example of asynchronous approach implementation. The developed solution has been compared to the existing analogues. The research results could be of interest to the experts in the fields of cybersecurity, journalism, sociology, and public governance.

Keywords: OSINT, open source intelligence, big data, machine learning, information verification, social networks, cybersecurity, digital footprint

For Citation. Kovalev DP, Leza AA, Gapon NV. Using Asynchronous Pattern for OSINT Applications. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):31–36.

Введение. Информационное пространство Интернета стало крупнейшим в истории источником открытых данных. Социальные сети, форумы, государственные реестры, новостные порталы и блоги содержат значительный объем сведений, представляющих операционный, аналитический и стратегический интерес. Методология OSINT, под которой понимается целенаправленный сбор и анализ данных из открытых источников для решения конкретных задач, приобрела критически важное значение в деятельности журналистов, правоохранительных органов, аналитиков и специалистов по безопасности.

В рамках данной статьи разработан алгоритм, направленный на устранение отдельных недостатков при работе с инструментами OSINT, в частности синхронной обработки данных. Повышение производительности обеспечивается за счет применения асинхронной парадигмы программирования. Функциональная схема примера использования алгоритма представлена на рис. 1.

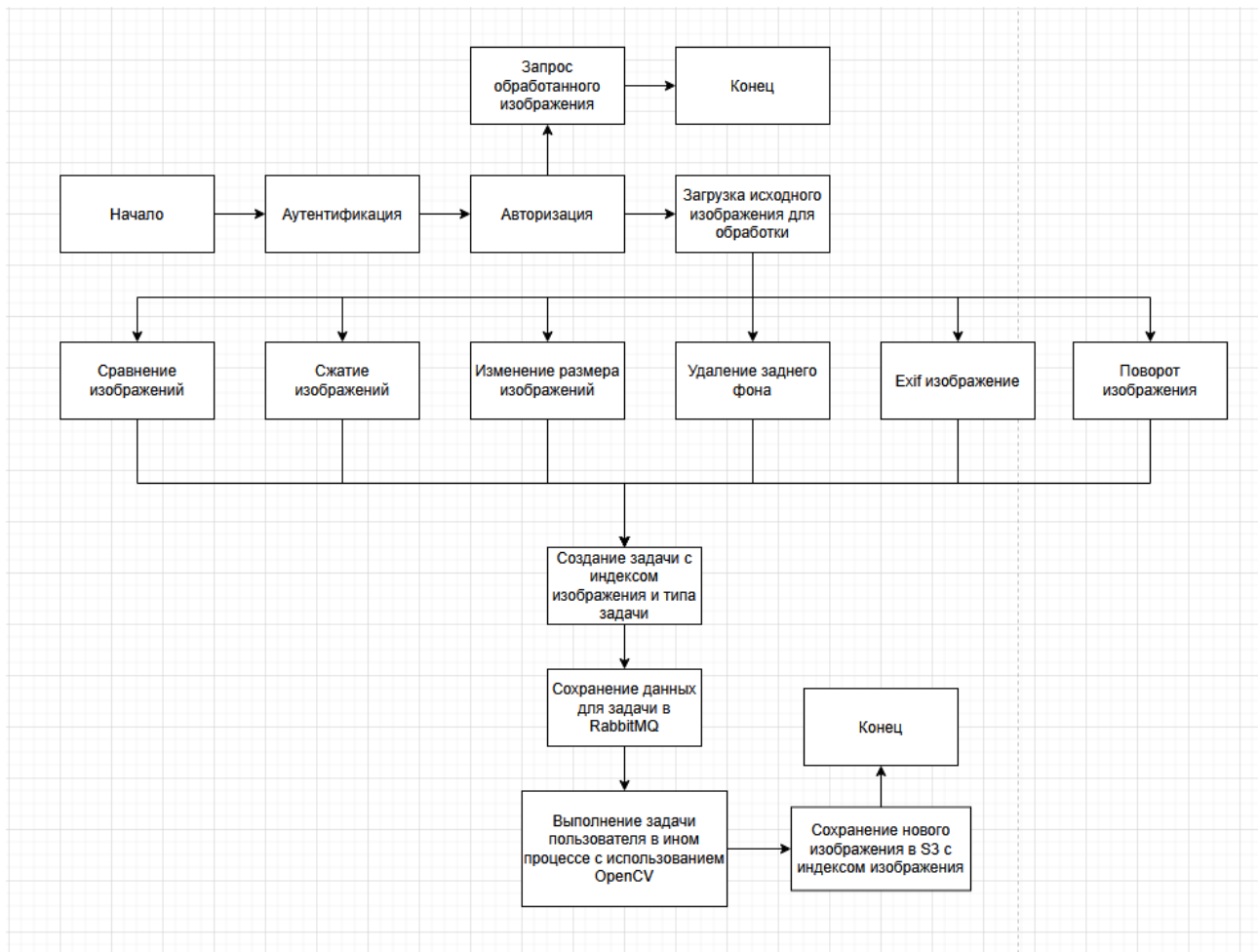


Рис. 1. Функциональная схема

На основе данного алгоритма разработан программный продукт для OSINT, демонстрирующий различия между традиционной синхронной и асинхронной обработкой данных. Ниже рассмотрен один из алгоритмов, который может применяться совместно с асинхронной архитектурой.

Сжатие изображения — архитектурная реализация. После получения пользовательского запроса на сжатие изображения сервис выполняет проверку прав доступа и загружает исходный файл, предоставленный пользователем. Далее формируется детерминированный TaskID, представляющий собой значение имени `compress_image` и идентификатор изображения, предназначенного для обработки. Задача передается в планировщик TaskIQ [1], при этом HTTP-обработчик сразу возвращает TaskID клиенту и не блокируется выполнением вычислений. Такой подход обеспечивает асинхронный режим работы и позволяет масштабировать процесс сравнения независимо от API-процесса.

На уровне инфраструктуры TaskIQ [1] использует RabbitMQ [2] в качестве брокера очередей и Redis [3] как хранилище результатов и данных о ходе выполнения, поэтому состояние задачи может отслеживаться по TaskID. В worker-процессе TaskIQ [1] получает сообщение из RabbitMQ [2], переводит задачу в состояние STARTED с фиксацией прогресса в Redis [3], повторно загружает изображения из хранилища и выполняет сравнение посредством доменного сервиса. Результат сравнения сохраняется в реляционной базе данных, после чего состояние задачи изменяется на SUCCESS. При возникновении ошибок, например, в случае отсутствия файла, задача переводится в состояние FAILURE и отклоняется, что позволяет корректно зафиксировать проблему и не блокировать очередь. Таким образом, с точки зрения программной реализации реализуется асинхронная обработка сжатия изображения.

Сжатие изображения – математическая модель. Сам процесс сжатия можно объяснить сквозь анализ математической составляющей для сжатия изображения. В случае разработки сервиса использовался механизм квантования, который встроен в библиотеку OpenCV.

Квантование — это отображение значений сигнала из непрерывного (или высокоточного дискретного) пространства в конечное множество уровней представления, то есть отображение $Q: R \rightarrow \{y_k\}$, где каждому интервалу решений R_k сопоставляется уровень y_k [4]. В скалярном равномерном случае квантование описывается следующим образом:

Квантование — это отображение значений сигнала из непрерывного (или высокоточного дискретного) пространства в конечное множество уровней представления, то есть отображение $Q:R \rightarrow \{y_k\}$, где каждому интервалу решений R_k сопоставляется уровень y_k [4]. В скалярном равномерном случае квантование описывается следующим образом:

$$Q(x) = \Delta \cdot \text{round}\left(\frac{x}{\Delta}\right), \quad (1)$$

где Δ — шаг квантования. В JPEG квантование применяется к коэффициентам DCT и является основным источником потери информации [5, 6].

Кодирование, выполняемое в OpenCV с помощью `cv2.imencode("jpg", ..., IMWRITE_JPEG_QUALITY)`, соответствует стандартной цепочке JPEG [5, 6]. В начале выполняется разбиение на блоки 8×8 и применяется DCT для каждого блока, как представлено ниже по формуле:

$$(u, v) = \frac{1}{4} a(u) a(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{16}\right), \quad (2)$$

где $u, v \in \{0, \dots, 7\}$, $a(0) = \frac{1}{\sqrt{2}}$, $a(k) = 1$ при $k > 0$ [0,5]

Следующий этап — квантование процессов DCT (основная стадия потерь). В данном случае используется формула, которая представлена ниже:

$$\psi(u, v) = \text{round}\left(\frac{F(u, v)}{Q(u, v)}\right), \quad (2)$$

где $Q(u, v)$ — элемент матрицы квантования. Чем больше $Q(u, v)$, тем грубее квантование и выше степень сжатия [5, 6].

Можно сделать наблюдение, что для этапа сжатия выбран JPEG-кодек, реализованный в OpenCV (`cv2.imencode`), поскольку он обеспечивает устойчивый компромисс между степенью сжатия, скоростью и качеством при типичных фотографических изображениях. JPEG является международным стандартом (ISO/IEC 10918-1), имеет повсеместную поддержку и детерминированное поведение, что упрощает воспроизводимость экспериментов и интеграцию в прикладные системы.

Тестирование программы — ручное тестирование. Перед началом использования сервиса «PixErase» администратор выполняет развертывание в контейнеризированной среде. Для воспроизводимого запуска инфраструктуры используется Docker-compose [7].

Для проверки корректности работы прикладного функционала используется тестовое изображение, представленное на рис. 2. Данное изображение служит входным объектом для последующих операций обработки и позволяет воспроизводимо проверять результативность сценариев сервиса.

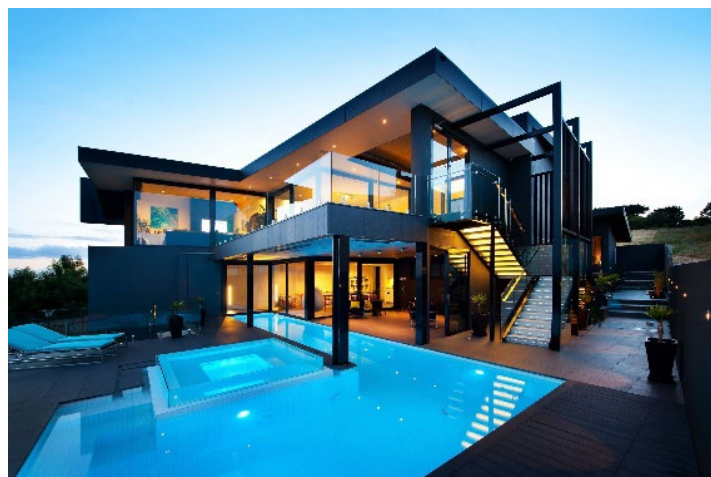


Рис. 2. Тестовое изображение для обработки

В результате выполнения запроса на загрузку изображения в backend формируется ответ сервера с присвоенным идентификатором изображения. Пример запроса и ответа приведен на рис. 3. Полученный `image_id` далее используется в последующих операциях обработки.

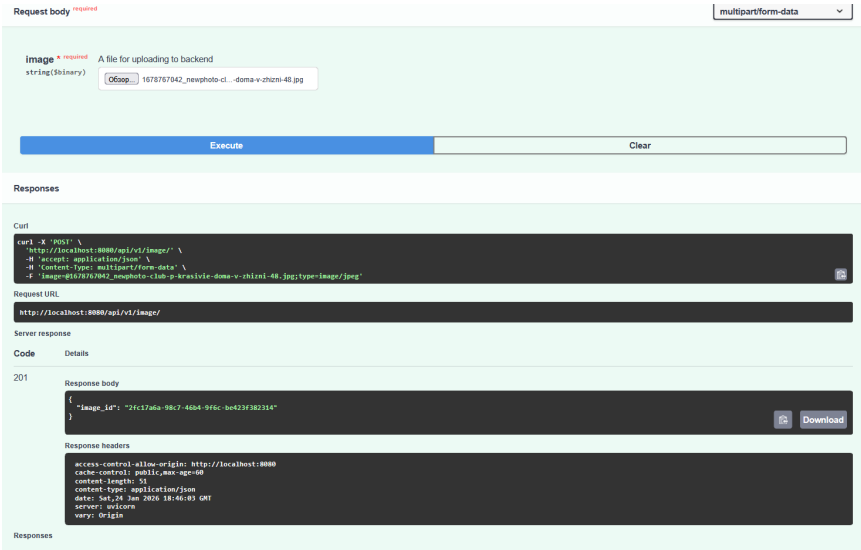


Рис. 3. Загрузка изображения на backend

Для применения алгоритма сжатия используется запрос PATCH /v1/image/id/{image_id}/compress с параметром качества quality в теле запроса, пример показан на рис. 4.

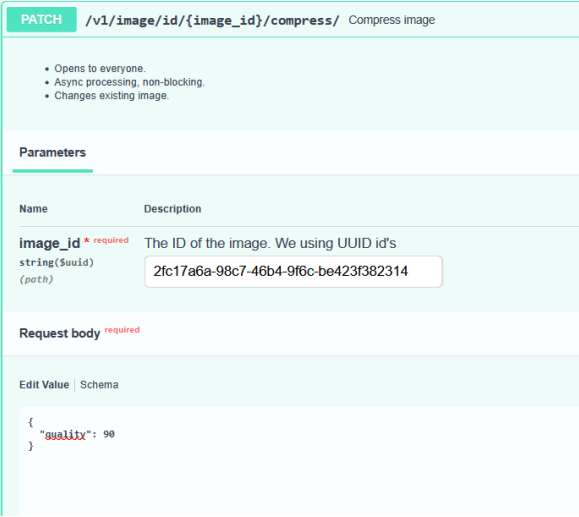


Рис. 4. Сжатие изображение до 90 % качества

После завершения обработки выполняется скачивание исходного завершения обработки выполняется скачивание исходного и сжатого изображений, что позволяет провести сравнительный анализ размеров файлов.

Сопоставление размеров до и после сжатия представлено на рис. 5 и демонстрирует уменьшение объема данных при сохранении приемлемого визуального качества, что подтверждает работоспособность выбранного режима компрессии.

1678767042_newphoto-club-p-krasvie-d...	24.01.2026 21:57	Файл "JPG"	591 КБ
1678767042_newphoto-club-p-krasvie-d...	24.01.2026 21:51	Файл "JPG"	791 КБ

Рис. 5. Сравнение размеров изображений

Нагрузочное тестирование. Для оценки производительности «PixErase» было проведено сравнение синхронной и асинхронной обработки изображений на базе алгоритмов OpenCV. Тестирование выполнялось на стенде: AMD Ryzen 7 7800X3D (5.0 ГГц), NVIDIA RTX 4080, 32 ГБ DDR5-6000. В качестве тестовых данных использовался датасет Pistachio Image Dataset [8]. Изображения выбирались случайным образом, для асинхронного режима задействовано 4 worker-процесса. Сравнение проводилось по трём метрикам: время выполнения операций, утилизация CPU/GPU и общая пропускная способность конвейера.

Результаты подтвердили, что асинхронная архитектура обеспечивает существенный прирост производительности при пакетной обработке за счёт неблокирующего выполнения задач и эффективного распределения нагрузки между процессами. Результаты сравнения представлены в таблице 1.

Время выполнения операций обработки изображений (секунды)

Операция	Количество изображений	Синхронная обработка	Асинхронная обработка	Ускорение, %
Сжатие (JPEG, quality = 90)	1	0,045	0,048	–6,7
Сжатие (JPEG, quality = 90)	10	0,450	0,125	72,2
Сжатие (JPEG, quality = 90)	50	2,250	0,485	78,4
Сжатие (JPEG, quality = 90)	100	4,500	0,920	79,6

Сравнение с существующими решениями. В ходе разработки «PixErase» был проведён сравнительный анализ с аналогом Osintimage.ai [9]. Ключевое различие подходов: если Osintimage.ai представляет собой монолитное решение для AI-геолокации, то «PixErase» — это модульная сервисная платформа для комплексной обработки и подготовки визуальных данных. Основное архитектурное преимущество «PixErase» — полностью асинхронный конвейер обработки на базе RabbitMQ. Это обеспечивает:

- масштабируемость — возможность обработки больших пакетов файлов в фоновом режиме без блокировки интерфейса;
- эффективность — кэширование результатов в S3-совместимом хранилище (MinIO) исключает дублирование вычислений;
- надёжность — полная контейнеризация (Docker Compose) и документированный API упрощают интеграцию в промышленные OSINT-конвейеры.

Таким образом, «PixErase» ориентирован на задачи, требующие высокой пропускной способности и гибкости, тогда как аналог [9] оптимален для легковесного развёртывания под узкоспециализированные задачи.

Заключение. Проведён анализ проблем обработки открытых данных в OSINT. Разработан модуль «PixErase», использующий асинхронную архитектуру для ускорения анализа изображений. Ключевыми преимуществами решения являются модульность, поддержка кэширования и высокая производительность по сравнению с аналогами. Инструмент готов к внедрению в системы мониторинга и расследований. Дальнейшие исследования будут направлены на интеграцию алгоритмов верификации контента на базе машинного обучения и работу с распределёнными источниками в реальном времени.

Список литературы

1. *TaskIQ Python. Асинхронный диспетчер распределённых задач*. URL: <https://taskiq-python.github.io> (дата обращения: 10.12.2025).
2. *RabbitMQ 4.3 Documentation*. URL: <https://www.rabbitmq.com/docs> (дата обращения: 10.12.2025).
3. *Redis документация к базе данных*. URL: <https://redis.io> (дата обращения: 10.12.2025).
4. Gray RM, Neuhoff DL. Quantization. *IEEE Transactions on Information Theory*. 1998;44(6):2325–2383. <https://doi.org/10.1109/18.720541>
5. ITU–T Recommendation T.81 (09/92). ISO/IEC 10918–1:1992. *Information Technology — Digital Compression and Coding of Continuous–Tone Still Images: Requirements and Guidelines (JPEG)*. Geneva, 1992. 186 p. URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-T.81> (дата обращения: 10.12.2025).
6. Wallace GK. The JPEG Still Picture Compression Standard. *Communications of the ACM*. 1991;34(4):30–44. <https://doi.org/10.1145/103085.103089>
7. *Docker Compose*. URL: <https://docs.docker.com/compose> (дата обращения: 10.12.2025).
8. Murat Koklu. *Pistachio Image Dataset*. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/muratkokludataset/pistachio-image-dataset> (дата обращения: 10.12.2025).
9. Ronantakizawa. *Osintimage.ai (репозиторий программного кода)*. URL: <https://github.com/ronantakizawa/osintimage.ai> (дата обращения: 10.12.2025).

Об авторах:

Данил Петрович Ковалев, студент кафедры «Кибербезопасность информационных систем» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), dan.kovalev2013@gmail.com

Алексей Александрович Лёза, студент кафедры «Кибербезопасность информационных систем» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ll_leza@mail.ru

Николай Валерьевич Гапон, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Кибербезопасность информационных систем» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ngapon@donstu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Danil P. Kovalev, Student of the Cybersecurity of Information Systems Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), dan.kovalev2013@gmail.com

Aleksei A. Leza, Student of the Cybersecurity of Information Systems Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), ll_leza@mail.ru

Nikolai V. Gapon, Cand.Sci. (Engineering), Senior Lecturer of the Cybersecurity of Information Systems Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), ngapon@donstu.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

The authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 656.13

Временной индекс эвакуации в индикаторах эффективности интеллектуальной транспортной системы

А.А. Феофилова, Лижу Ху

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Представлена иерархическая модель, интегрирующая стратегические приоритеты, цели, категории, задачи и индикаторы результативности интеллектуальной транспортной системы (ИТС). В предложенной структуре верхний уровень формируют факторы транспортного планирования, а нижний — конкретные измеримые параметры. Особое место в представленной модели занимает временной индекс эвакуации, определяемый как отношение фактического времени вывода населения к длительности движения по аналогичным маршрутам в штатных условиях. Научно обосновано, что данный индекс может рассматриваться как ключевой результирующий показатель в ветви, характеризующей эвакуационное время. Разработанная иерархическая модель позволяет увязать стратегические ориентиры транспортной политики с операционными измерителями, что дает возможность использовать ее в качестве основы для мониторинга качества работы ИТС в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, чрезвычайные ситуации, временной индекс эвакуации

Для цитирования. Феофилова А.А., Лижу Ху. Временной индекс эвакуации в индикаторах эффективности интеллектуальной транспортной системы. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):37–43.

Evacuation Time Index in the Range of Intelligent Transportation System Performance Indicators

Anastasia A. Feofilova, Lizhu Hu

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

A hierarchical taxonomy integrating the strategic priorities, goals, categories, objectives, and performance indicators of the intelligent transportation system (ITS) has been presented. In the proposed taxonomy, the upper level is formed by the transportation planning factors, whereas the lower level — by the definite measurable parameters. The evacuation time index occupies a special place in the presented taxonomy. It is determined as the ratio of the actual time taken to evacuate people to the time required for people to move along the same routes in the normal circumstances. The possibility of this index to be considered a key resulting indicator in the range of evacuation time characteristics has been scientifically proved. The developed hierarchical taxonomy allows strategic transport policy benchmarks to be correlated with the operational metrics. Therefore, the taxonomy can be used as a basis for monitoring ITS performance efficiency in the emergency situations.

Keywords: Intelligent Transportation System (ITS), emergency situations, evacuation time index

For Citation. Feofilova AA, Hu L. Evacuation Time Index in the Range of Intelligent Transportation System Performance Indicators. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):37–43.

Введение. Интеллектуальная транспортная система (ИТС) в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) должна обеспечивать ситуационную осведомленность, межведомственную координацию, оперативное управление дорожным движением и адресное информирование населения таким образом, чтобы минимизировать риски для жизни и здоровья людей, а также обеспечить организованную эвакуацию. В российских методических рекомендациях Минтранса по

развитию ИТС в городских¹ агломерациях непосредственно зафиксированы стратегические цели ИТС: баланс спроса и пропускной способности улично-дорожной сети (УДС), безопасность и эффективность перевозок. Кроме того, подчеркивается необходимость внедрения сервисов, связанных с регистрацией и обработкой сообщений об инцидентах и ЧС, управлением инцидентами и приоритетным пропуском специального транспорта.

Функционирование транспортной системы в условиях чрезвычайных ситуаций существенно отличается от ее работы в штатном режиме. В момент возникновения угрозы транспортная сеть одновременно сталкивается с ростом спроса на перемещение, ограничением доступности части инфраструктуры, повышением требований к безопасности и необходимостью оперативной координации между транспортными, аварийно-спасательными и правоохранительными структурами. В этих условиях интеллектуальная транспортная система выступает не только инструментом диспетчеризации, но и средством обеспечения устойчивости городской и региональной мобильности, сокращения временных потерь и минимизации последствий опасного события [1].

Проблема состоит в том, что оценка ИТС в чрезвычайных условиях нередко осуществляется с использованием разрозненных метрик: времени реагирования, числа каналов связи, количества оповещений или уровня загрузки сети [2]. Такой подход полезен для локального анализа, однако он не позволяет определить, каким образом отдельные элементы формируют общий результат. Между тем в чрезвычайной ситуации итоговая эффективность определяется способностью системы обеспечить упорядоченный и, по возможности, быстрый вывод населения из опасной зоны при одновременном сохранении управляемости транспортных потоков и устойчивости информационного контура.

В связи с этим возникает необходимость в построении иерархической модели, связывающей факторы транспортного планирования, целевые ориентиры, категории целей и конкретные показатели эффективности. В такой постановке особую значимость приобретает показатель, позволяющий оценивать не отдельную операцию, а совокупный временной эффект функционирования всей системы. В качестве такого индикатора в статье рассматривается временной индекс эвакуации.

Цель работы — предложить согласованную, нормативно и методологически обоснованную систему целей, задач и показателей эффективности ИТС в ЧС для совершенствования функционирования транспортной системы в условиях эвакуации населения при возникновении чрезвычайных ситуаций природного характера.

Основная часть. В российской системе стандартизации закреплены базовые понятия и архитектурный подход к ИТС. ГОСТ Р 56829–2015² задает термины и определения в области ИТС и рекомендует их применение в документации. ГОСТ Р 56294–2014³ устанавливает требования к функциональной и физической архитектурам ИТС и распространяется на проекты ИТС, основанные на взаимодействии систем управления наземными транспортными средствами в городе и за его пределами.

Термины и определения

Практически значимым источником целей и задач ИТС являются методические рекомендации Минтранса РФ, утвержденные распоряжением от 27.04.2024 № АК-95-р⁴, для проектов внедрения ИТС в агломерациях. В приложении № 3 сформулированы назначение, цели и задачи функционирования ИТС в городских агломерациях. Там же перечислены приоритетные подсистемы и сервисы, включая видеонаблюдение и детектирование ДТП и ЧС, управление инцидентами, приоритетный проезд специального транспорта и управление данными в центрах управления.

Для эвакуации населения и планирования эвакуационных мероприятий в системе «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» действуют профильные ГОСТы. ГОСТ Р 22.3.16–2019⁵, гармонизированный с ISO 22315⁶, определяет принципы планирования эвакуации населения, поддержку принятия решений, повышение эффективности реагирования и готовности. ГОСТ Р 22.3.17–20⁷ устанавливает основы разработки планировочных документов, содержащих мероприятия по эвакуации и рассредоточению населения при угрозе и возникновении ЧС.

¹ Методические рекомендации по планированию, подготовке и проведению эвакуации населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы. Москва: Мультимедиа Технологии и Дистанционное Обучение; 2005. 128 с. URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/2143> (дата обращения: 15.05.2026).

² ГОСТ Р 56829–2015. Интеллектуальные транспортные системы. Москва: Стандартинформ; 2018. 14 с. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293757/4293757818.pdf> (дата обращения: 13.05.2026).

³ ГОСТ Р 56294–2014. Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем. Москва: Стандартинформ; 2018. 12 с. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293766/4293766969.pdf> (дата обращения: 15.05.2026).

⁴ Об утверждении Методических рекомендаций по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации на получение субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия «Внедрены интеллектуальные транспортные системы, предусматривающие автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы». Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 27 апреля 2024 года № АК-95-р. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/13397> (дата обращения: 15.05.2026).

⁵ ГОСТ Р 22.3.16–2019. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Эвакуация населения. Основные принципы. Москва: Стандартинформ; 2019. 27 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/730/73051.pdf> (дата обращения: 15.05.2026).

⁶ ISO 22315:2014 «Безопасность общества — Массовая эвакуация — Руководство по планированию») — это международный стандарт, устанавливающий основные принципы и рекомендации по планированию массовой эвакуации населения при чрезвычайных ситуациях.

⁷ ГОСТ Р 22.3.17–2020. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Планирование мероприятий по эвакуации и рассредоточению населения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566430562> (дата обращения: 15.06.2026).

В блоке гражданской обороны и эвакуации в безопасные районы актуален ГОСТ Р 42.1.01–20⁸, который устанавливает общие требования к планированию, подготовке и проведению эвакуации населения и ценностей в безопасные районы в соответствии с планами ГО и защиты населения.

Отдельное значение имеет «Положение о системах оповещения населения», утвержденное приказом МЧС/Минцифры № 578/365⁹: оно определяет обязанности контуров оповещения, а также измеримые показатели назначения, надежности и живучести, в том числе по времени доведения сигнала и по коэффициенту готовности/вероятности живучести направления оповещения.

Для задач ИТС в ЧС существенны также требования к транспортному обеспечению эвакуации и межведомственному взаимодействию. В методических рекомендациях по эвакуации, утвержденных МЧС РФ, подчеркивается необходимость учета использования транспорта и транспортных коммуникаций, имеющихся ресурсов, а также взаимодействия по вопросам регулирования движения на маршрутах эвакуации и обеспечения безопасности дорожного движения¹⁰.

На уровне архитектурного описания ИТС международным ориентиром выступает ISO 14813–1:2024¹¹, предназначенный для интеграции сервисов в связную архитектуру, обеспечения интероперабельности и формирования общих определений данных.

Полезным является опыт архитектурного описания функций ИТС для общественной безопасности в ARC-IT (США)¹²: сервисные пакеты формализуют потоки данных и связанные с ними показатели эффективности [3].

Рассмотрим иерархическую модель оценки эффективности ИТС в ЧС.

Верхний уровень модели образует интегральная эффективность ИТС в условиях ЧС ¹³E_ИТС¹⁴ЧС.¹⁵

На следующем уровне выделяются четыре взаимосвязанных функциональных контура:

- раннее выявление и предупреждение;
- реагирование и восстановление;
- управление эвакуацией и последующим возвратом населения;
- информационное обеспечение населения и участников движения.

Такая структура позволяет перейти от общего представления об устойчивости транспортной системы к конкретным управленческим и эксплуатационным характеристикам.

Содержательно каждому функциональному контуру соответствует собственный набор задач. Для контура раннего выявления такими задачами являются мониторинг потенциальных и развивающихся угроз, распознавание событий и передача сигнала задействованным службам. Для контура реагирования и восстановления — координация оперативных планов, обеспечение доступа сил реагирования, управление транспортными ресурсами, поддержание ситуационной осведомленности и перевод системы в режим восстановления. Для контура управления эвакуацией — согласование планов вывода населения, управление маршрутами, применение специальных схем организации движения, перераспределение потоков, использование общественного транспорта и резервных ресурсов. Для информационного контура — сбор данных из различных источников, обработка и распространение сведений о зонах эвакуации, маршрутах, ограничениях, пунктах размещения и текущих условиях движения.

Если представить эту логику формально, то иерархическая модель может быть записана в виде:

$$M = \langle F, Z, G, C, O, P \rangle, \quad (1)$$

где F — множество функциональных контуров; Z — множество задач; G — стратегические цели; C — категории целей; O — конкретные целевые установки; P — показатели эффективности.

⁸ ГОСТ Р 42.1.01–20. *Гражданская оборона. Эвакуация населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310453202> (дата обращения: 15.05.2026)

⁹ Об утверждении Положения о системах оповещения населения. Приказ Министерства Роммийской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и Министерства цифрового развития, коммуникаций Российской Федерации от 31.07.2020 №578/365. URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/5175> (дата обращения: 15.06.2026).

¹⁰ Методические рекомендации по планированию, подготовке и проведению эвакуации населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы. Москва: Мультимедиа Технологии и Дистанционное Обучение; 2005. 128 с. URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/2143> (дата обращения: 15.05.2026)

¹¹ ISO 14813–1:2024 - это международный стандарт, определяющий базовые сервисные домены, группы услуг и сервисы для интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

¹² ARC-IT (Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation) — это эталонная архитектура США для интеллектуальных транспортных систем (ITS) и транспорта с поддержкой кооперативного управления (C-ITS/CAV).

¹³ ЧС – Чрезвычайная ситуация или режим чрезвычайной обстановки.

¹⁴ E_ИТС – Параметр, событие (Event) или объект Инженерно-технических сооружений / Интеллектуальной транспортной системы, фиксирующий отказ, инцидент или критическое значение индекса технического состояния (ИТС).

¹⁵ ^ЧС – Верхний индекс или признак эскалации события до уровня чрезвычайного происшествия.

Интегральная эффективность системы задается как взвешенная сумма частных оценок по функциональным контурам:

$$E_{ИТС}^{ЧС} = \sum_{i=1}^4 a_i E_i \quad \sum_{i=1}^4 a_i = 1, \quad (2)$$

где E_i — эффективность i -го контура; a_i — его весовой коэффициент.

Внутри каждого контура оценка строится по категориям целей:

$$E_i = \sum_{j=1}^{n_i} \beta_{ij} C_{ij} \quad \sum_{j=1}^{n_i} \beta_{ij} = 1, \quad (3)$$

где C_{ij} — оценка по j -й категории целей внутри i -го контура; β_{ij} — весовой коэффициент этой категории; n_i — число категорий в данном направлении.

В свою очередь, каждая категория определяется набором частных показателей:

$$C_{ij} = \sum_{k=1}^{m_{ij}} \gamma_{ijk} d(p_{ijk}) \quad \sum_{k=1}^{m_{ij}} \gamma_{ijk} = 1, \quad (4)$$

где p_{ijk} — конкретный показатель; $d(\cdot)$ — функция нормирования; γ_{ijk} — вес показателя.

В иерархической модели верхний уровень образуют планировочные факторы, а не функциональные контуры. Последние характеризуют направления применения ИТС в условиях ЧС, но не образуют единого иерархического уровня оценки, поскольку внутри каждого направления используется собственный набор планировочных факторов.

Стратегический уровень модели включает те целевые ориентиры, которые непосредственно связаны с функционированием транспортной системы в ЧС: снижение числа погибших и пострадавших, повышение защищенности транспортной инфраструктуры, сохранение доступности и мобильности населения, снижение перегрузки сети, усиление межведомственной связанности и повышение эффективности управления. Эти цели образуют содержательный каркас модели и далее конкретизируются через более узкие категории.

Следующий уровень образуют категории целей. Для рассматриваемой предметной области ключевое значение имеют: межведомственная координация; безопасность при природных, техногенных и террористических угрозах; эвакуационное время; информирование пользователей; удовлетворенность качеством предоставляемых сведений; распространение информации. Именно данный уровень обеспечивает связь стратегических установок с измеримыми параметрами, пригодными для практического мониторинга и последующей оценки эффективности функционирования ИТС в условиях ЧС.

На нижнем уровне иерархии располагаются конкретные показатели эффективности. К ним относятся, например, доля транспортных операторов, имеющих план участия в работе оперативных центров управления; число организаций с совместимой голосовой связью; доля участников, включенных в общий контур обмена данными; число коридоров, охваченных координированным управлением; уровень удовлетворенности своевременностью, точностью и полезностью предоставляемой информации; число обращений к каналам оповещения и цифровым сервисам; количество жалоб на неполные или недостоверные сведения; интервал между подтверждением происшествия и публикацией предупреждения для пользователей. Вместе с тем в иерархии оценки особое место занимает индикатор, непосредственно отражающий временной результат эвакуационных мероприятий. Схема предлагаемой иерархической модели представлена на рис. 1.



Рис. 1. Иерархическая модель оценки ИТС в условиях чрезвычайных ситуаций

Содержательная интерпретация задач и показателей, включенных в иерархическую модель и обозначенных на рис. 1 в кодированном виде, представлена ниже:

- 31 — снижение угроз безопасности для автомобилистов и пользователей дорог;
- 32 — снижение угроз безопасности для пассажиров и операторов общественного транспорта;
- 33 — наличие у органов исполнительной власти, ведомств и организаций плана участия их представителя в местном или региональном штабе ЧС;
- 34 — увеличение доли ведомств и организаций, участвующих в мультимодальном обмене информацией, использующих совместимую связь и входящих в координированные группы реагирования;
- 35 — снижение воздействия инцидентов с опасными материалами и угроз безопасности;
- 36 — увеличение числа транспортных коридоров, охваченных координированными группами реагирования;
- 37 — сокращение удельного времени эвакуации населения;
- 38 — повышение удовлетворенности своевременностью, точностью и полезностью информации;
- 39 — увеличение числа обращений к сервисам оперативной транспортной информации;
- 310 — увеличение числа пользователей уведомлений о транспортной обстановке;
- 311 — увеличение числа посетителей сайта транспортной информации;
- 312 — увеличение числа подписчиков соцмедийных каналов;
- 313 — повышение точности и полноты публикуемой информации за счет сокращения числа неполных и ошибочных сообщений;
- 314 — сокращение времени между подтверждением инцидента и публикацией предупреждения для пользователей.
- П1 — количество критически важных объектов транспортной инфраструктуры, находящихся под наблюдением;
- П2 — количество происшествий, связанных с нарушением транспортной безопасности на дорогах;
- П3 — количество происшествий, связанных с нарушением транспортной безопасности на элементах транспортной инфраструктуры, предназначенных для организации, обеспечения и обслуживания перевозок пассажиров;
- П4 — количество инцидентов безопасности на транспортных средствах общественного транспорта;
- П5 — количество объектов и подвижного состава общественного транспорта, находящихся под наблюдением;
- П6 — доля органов исполнительной власти, ведомств и организаций, имеющих план участия представителя в штабе ЧС;
- П7 — количество ведомств и организаций региона, имеющих возможность прямого голосового взаимодействия;
- П8 — количество участников региональной координированной группы реагирования;
- П9 — доля ведомств и организаций, осуществляющих управление инцидентами и участвующих в мультимодальном обмене информацией;
- П10 — время реагирования на инциденты, связанные с угрозами безопасности;
- П11 — количество инцидентов с опасными материалами и грузами;
- П12 — количество инцидентов, связанных с угрозами безопасности;
- П13 — количество транспортных коридоров, охваченных координированными группами реагирования;
- П14 — удельное время эвакуации;
- П15 — оценки удовлетворенности своевременностью, точностью и полезностью транспортной информации;
- П16 — количество обращений к сервисам оперативной транспортной информации в год;
- П17 — количество пользователей уведомлений о транспортной информации в год;
- П18 — количество посетителей сайта транспортной информации в год;
- П19 — количество подписчиков соцмедийных каналов;
- П20 — количество жалоб пользователей на отсутствующую или недостоверную информацию;
- П21 — время доведения предупреждения о ЧС до пользователей.

Описание проблемы. Ключевая методическая сложность оценки ИТС в условиях чрезвычайной ситуации заключается в несоответствии между многофакторным характером транспортного управления и совокупностью локальных показателей, которые обычно используются на практике. Если анализ ограничивается только временем реагирования служб либо исключительно характеристиками информационного обмена, то вне рассмотрения остается основной вопрос: в какой мере система фактически сократила время вывода населения из опасной зоны по сравнению с режимом, при котором та же маршрутная сеть функционирует в штатных условиях.

Для устранения данного методического разрыва в работе предлагается использовать временной индекс эвакуации (ВИЭ) в качестве ключевого результирующего показателя ветви «эвакуационное время». Структурно его положение можно представить следующим образом:

$$E_{ИТС}^{ЧС} \rightarrow F_{эваку}, F_{инф} \rightarrow C_{эваку.вр} \rightarrow C_{сокращение времени вывоза} \rightarrow P_{ВИЭ}.$$

В данной статье он определяется как отношение фактического времени вывода населения к времени движения по тем же маршрутам в обычных условиях:

$$ВИЭ = \frac{T_{\text{выб}}^{\text{ф}}}{T_{\text{дв}}^{\text{о}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{выб}}^{\text{ф}}$ — фактическое время вывоза населения по маршруту, ч; $T_{\text{дв}}^{\text{о}}$ — время движения по тому же маршруту в обычных (штатных) условиях, ч.

При $ВИЭ \approx 1$ транспортная система обеспечивает вывоз населения в временных пределах, близких к параметрам штатного движения по тем же направлениям. Увеличение значения индекса свидетельствует о накоплении дополнительных временных потерь, обусловленных задержкой начала эвакуации, перегрузкой транспортной сети, недостаточной согласованностью действий служб либо ошибками информационного сопровождения. Следовательно, чем ниже значение данного индекса, тем выше эффективность функционирования ИТС в эвакуационном режиме.

Для апробации предложенного подхода рассмотрен фрагмент городской транспортной сети, включающий три основных маршрута эвакуации — R1, R2 и R3, связывающих опасную зону с внешним контуром приема населения. Для каждого маршрута заданы протяженность, средняя скорость движения в обычных условиях и фактическое время вывоза, полученное по результатам моделирования эвакуационного процесса в программе AIMSUN. Исходные данные по рассматриваемым маршрутам эвакуации приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные маршрутов эвакуации

Маршрут	Длина маршрута, км	Скорость, км/ч	Пропускная способность, авт/ч	Средняя наполняемость автомобиля, чел/авт	Число эвакуируемых, чел	Фактическое время вывоза населения, ч
R1	12	40	1200	2,0	10 000	6,5
R2	15	50	1400	2,2	8 000	5,2
R3	10	35	1000	1,8	6 000	5,0

С учётом ранее введённой иерархической модели интегральная эффективность ИТС определяется формулами (1) – (4). Категория «эвакуационное время» определяется через временной индекс эвакуации:

$$K_{\text{э.вр}} = \varphi(ВИЭ), \quad (6)$$

При этом ВИЭ рассматривается как результирующий показатель, агрегирующий влияние факторов транспортной системы:

$$ВИЭ = f(C, N, U, I, S), \quad (7)$$

где C — пропускная способность участка городской сети на маршруте эвакуации; N — объём эвакуации; U — управление транспортными потоками; I — информационное обеспечение; S — согласованность служб.

Для нормирования используется нелинейная функция:

$$\varphi(ВИЭ) = \exp(-\gamma(ВИЭ - 1)), \quad (8)$$

где $\gamma = 0,05$ — параметр чувствительности.

Для завершения расчётов примем, что базовое время движения по маршруту в штатных условиях определяется как $T_{\text{дв}}^{\text{о}} = L / v$, где L — длина маршрута; v — средняя скорость движения в обычных условиях. Результаты расчёта ВИЭ и его нормированной оценки по маршрутам представлены в таблице 2.

Таблица 2

Расчёт ВИЭ и его нормированной оценки по маршрутам

Маршрут	$T_{\text{дв}}^{\text{о}}$, ч	$T_{\text{выб}}^{\text{ф}}$, ч	ВИЭ	$\varphi(ВИЭ)$
R1	0,300	6,5	21,67	0,356
R2	0,300	5,2	17,33	0,442
R3	0,286	5,0	17,50	0,438

Для агрегирования ВИЭ по сети используем взвешивание по числу эвакуируемых N_i :

$$P_{\text{ВИЭ}} = \Sigma(N_i \cdot ВИЭ_i) / \Sigma N_i. \quad (9)$$

Такое усреднение показывает итоговый временной эффект именно для всей сети маршрутов эвакуации. Интегральный показатель ветви «эвакуационное время» равен:

$$P_{\text{ВИЭ}} = (10000 \cdot 21,67 + 8000 \cdot 17,33 + 6000 \cdot 17,50) / 24000 = 19,18.$$

Для нормирования примем нелинейную функцию $d(x) = \exp[-\gamma(x - 1)]$ при $\gamma = 0,05$. Тогда оценка категории «эвакуационное время» составит $C_{\text{эвак.вр}} = d(P_{\text{ВИЭ}}) = \exp[-0,05 \cdot (19,18 - 1)] = 0,403$.

Следовательно, эвакуационный контур получает пониженную нормированную оценку, что соответствует существенному превышению фактического времени вывоза над временем движения в штатных условиях. При этом именно ВИЭ выступает ключевым результирующим индикатором: он интегрирует влияние пропускной способности сети, объёма эвакуации, качества управления потоками, информационного сопровождения и согласованности служб.

С учётом формулы интегральной эффективности ИТС общий показатель может быть представлен формулой (1), где вклад ветви эвакуации равен $\alpha_3 \cdot 0,403$. Это означает, что даже при высоких оценках по информационному и координационному контурам итоговая интегральная эффективность не может быть признана высокой, если система не обеспечивает приемлемого значения ВИЭ.

Заключение. В статье разработана иерархическая модель оценки эффективности ИТС в условиях ЧС, обеспечивающая переход от целевой функции эвакуационного управления к системе частных и результирующих показателей. В структуре модели выделена ветвь «эвакуационное время», для которой в качестве ключевого результирующего показателя принят ВИЭ. Использование ВИЭ позволяет связать параметры маршрутной сети и условия управления дорожным движением с конечным результатом эвакуации, а построенная иерархическая модель формирует методическую основу для количественной оценки эффективности ИТС при решении задач защиты населения.

Список литературы

1. Elassy M, Al-Hattab M, Takruri M, Badawi Su. Intelligent Transportation Systems for Sustainable Smart Cities. *Transportation Engineering*. 2024;16:100252. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2024.100252>
2. Chowdhury A, Kaisar S, Khoda ME, Naha R, Khoshkholghi MA, Aiash M. IoT-Based Emergency Vehicle Services in Intelligent Transportation System. *Sensors*. 2023;23(11):5324. <https://doi.org/10.3390/s23115324>
3. Arc-It Service Packages. URL: <https://www.arc-it.net/html/servicepackages/servicepackages-areaspport.html> (дата обращения: 26.03.2026).

Об авторах:

Лижу Ху, аспирант кафедры «Организация перевозок и дорожное движение» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), 1534202112@qq.com

Анастасия Александровна Феофилова, кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и дорожное движение» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), feofilowa@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Lizhu Hu, Post Graduate Degree Student of the Transportation and Traffic Management Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), 1534202112@qq.com

Anastasia A. Feofilova, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Transportation and Traffic Management Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), feofilowa@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 331.45

Оценка воздействия факторов условий труда на рабочих местах участка термической обработки металла предприятий машиностроения

А.А. Кириленко, Е.В. Стасева

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Научная проблема исследования связана с оценкой воздействия вредных факторов производственной среды на работников машиностроительной отрасли и необходимостью разработки мероприятий, направленных на снижение профессиональных рисков. Цель статьи заключается в анализе условий труда на горячем участке термической обработки металла. Рассмотрено влияние производственных факторов на рабочих местах данного участка. Выполнен анализ параметров микроклимата и уровня производственного шума. Представлены результаты измерений условий труда работников горячего участка. Установлено превышение допустимых значений по отдельным показателям. Определены классы условий труда, а также рассмотрены основные источники формирования неблагоприятных производственных факторов. Предложены мероприятия по снижению степени их воздействия на работников. Полученные результаты могут быть использованы при планировании работ в области охраны труда на предприятиях машиностроения.

Ключевые слова: микроклимат, производственный шум, условия труда, термическая обработка, охрана труда, производственная среда

Для цитирования. Кириленко А.А., Стасева Е.В. Оценка воздействия факторов условий труда на рабочих местах участка термической обработки металла предприятий машиностроения. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):44–51.

Assessing the Impact of Working Conditions at Workplaces of Metal Heat Treatment Unit of a Mechanical Engineering Enterprise

Anna A. Kirilenko, Elena V. Staseva

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The research aims to assess the impact of harmful working environment factors on the workers of mechanical engineering enterprises and to investigate the need for developing measures reducing the occupational risks. The objective of the article is to analyse working conditions at the metal heat treatment unit. The impact of working environment factors at workplaces of this unit were studied. Microclimate and industrial noise parameters were analysed. The results of measuring working conditions of the workers of metal heat treatment unit were presented. Certain indicators were found to exceed the permissible limits. Working conditions were classified, and the main causes inducing the unfavorable working factors were studied. Activities aimed at reducing the impact thereof on the workers were proposed. The obtained results can be used for planning the occupational health and safety protection activities at the mechanical engineering enterprises.

Keywords: microclimate, industrial noise, working conditions, heat treatment, occupational health and safety protection, working environment

For Citation. Kirilenko AA, Staseva EV. Assessing the Impact of Working Conditions at Workplaces of Metal Heat Treatment Unit of a Mechanical Engineering Enterprise. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):44–51.

Введение. Обеспечение безопасных условий труда является одной из приоритетных задач современного промышленного производства. В соответствии с требованиями трудового законодательства Российской Федерации работодатель обязан обеспечивать безопасность работников при эксплуатации оборудования, реализации технологических процессов и воздействии факторов производственной среды¹. Одним из основных инструментов контроля и анализа условий труда на рабочих местах выступает специальная оценка условий труда, направленная на выявление вредных и (или) опасных производственных факторов, а также на определение уровня их воздействия на работников². Результаты таких исследований позволяют установить класс условий труда, разработать мероприятия по снижению профессиональных рисков и улучшению состояния производственной среды³.

На предприятиях машиностроительной отрасли, в частности на участках термической обработки металлов, условия труда характеризуются воздействием комплекса неблагоприятных факторов. К числу наиболее значимых относятся повышенные параметры микроклимата и производственный шум, возникающие при работе нагревательных печей и другого технологического оборудования. Влияние данных факторов может приводить к снижению работоспособности персонала, повышенной утомляемости и развитию профессиональных заболеваний, что подтверждается исследованиями в области охраны труда и производственной безопасности [1]. В связи с этим анализ воздействия микроклимата и шума на рабочих местах термической обработки металла является актуальной задачей обеспечения безопасности технологических процессов и сохранения здоровья работников машиностроительных предприятий.

Основная часть. Машиностроительная промышленность является одной из ключевых отраслей экономики, обеспечивающей выпуск оборудования, механизмов и комплектующих, используемых в различных сферах промышленности и транспорта. Важное место в данной отрасли занимает производство подшипников качения, применяемых в механизмах и агрегатах различного назначения. Надежность и долговечность подшипников во многом зависят от качества технологических процессов их изготовления, в том числе от корректности проведения термической обработки деталей. Пример продукции предприятия представлен на рис. 1.



Рис. 1. Роликовые подшипники с короткими цилиндрическими роликами

Одним из ключевых производственных подразделений предприятия является участок термической обработки, на котором выполняются нагрев и последующая обработка металлических деталей с применением специализированного оборудования. Основу технологического оснащения данного участка составляют нагревательные печи различных типов, предназначенные для проведения цементации, закалки и отпуска металлических изделий. В ходе эксплуатации указанных агрегатов наблюдается интенсивное выделение тепловой энергии, а также формирование производственного шума, что влияет на параметры рабочей среды и условия труда персонала². Один из видов используемого оборудования представлен на рис. 2.

¹ Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. От 28.12.2024). Глава 35. Права и обязанности работодателя и работника в области охраны труда. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/4fe318e6d09155659a4381ef26a85e7df9ebcf94 (дата обращения: 11.03.2026).

² О специальной оценке условий труда. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555 (дата обращения: 11.03.2026).

³ Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению по условиям труда. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21 ноября 2023 № 817н. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_463282/4837cbf0cc6bb3bba8f5dd625abc4584ba8c4446 (дата обращения: 11.03.2026).

² О специальной оценке условий труда. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555 (дата обращения: 11.03.2026).



Рис. 2. Печь шахтная для цементации СШЦМ

На участке термической обработки применяются различные типы нагревательных печей и вспомогательное оборудование, обеспечивающие выполнение технологических операций по цементации, закалке и отпуску деталей. Для организации производственного процесса используется установочная линия термической обработки, представленная на рис. 3. При функционировании оборудования выделяется значительное количество тепловой энергии, а также формируется производственный шум, что оказывает воздействие на параметры рабочей среды и условия труда персонала³.

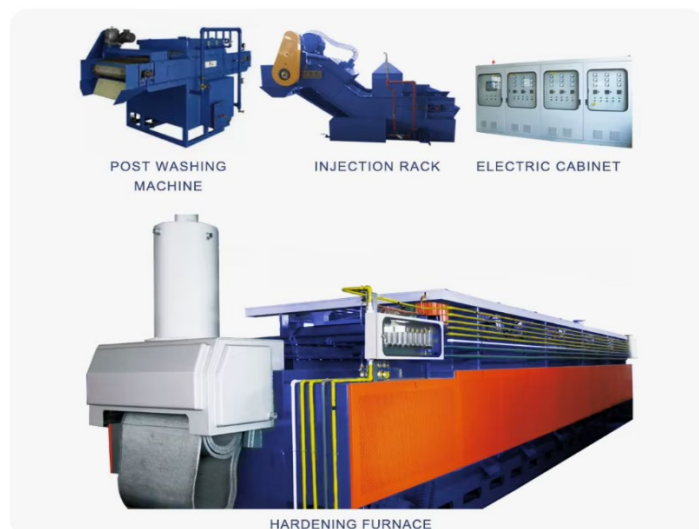


Рис. 3. Установочная линия термической обработки [2]

Основными рабочими профессиями на участке являются термисты, слесари-ремонтники и контролеры термообработки, деятельность которых связана с обслуживанием технологического оборудования, контролем режимов термической обработки и перемещением деталей между отдельными операциями технологического процесса. Перечень рабочих мест и характеристика условий труда работников представлены в таблице 1.

³ Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению по условиям труда. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21 ноября 2023 № 817н. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_463282/4837cbf0cc6bb3bba8f5dd625abc4584ba8c4446 (дата обращения: 11.03.2026).

Таблица 1

Перечень рабочих мест и характеристика условий труда работников участка термической обработки

Наименование профессии	Кол-во р.м	ОВПФ(КУТ)							
		Хим.	АПФД	Шум	Вибр. лок	Па- рам. мик- рокл.	Свет. среда	Тяж. труда	Итог КУТ
Термист (постоянно занятый у печей на горячих участках)	5	3.1	2	3.1	2	3.2	—	3.1	3.2
Контроллер по термообработке	1	—	—	3.1	2	3.1	2	3.1	3.2
Слесарь-ремонтник на горячих участках работ	3	—	—	3.1	2	3.2	—	2	3.2
Слесарь-электрик по ремонту электрооборудования на горячих участках работ	1	—	—	3.1	2	3.2	—	2	3.2

В процессе функционирования оборудования на рабочих местах формируется комплекс вредных и опасных производственных факторов. К числу наиболее значимых относятся повышенные параметры микроклимата, обусловленные работой нагревательных печей, а также производственный шум, возникающий при эксплуатации технологического оборудования. Согласно требованиям системы стандартов безопасности труда и санитарных норм, данные факторы способны оказывать неблагоприятное воздействие на организм человека и требуют обязательного контроля со стороны работодателя при оценке условий труда работников. Это является одним из основных положений организации системы управления охраной труда предприятия⁴.

Условия труда работников горячих участков машиностроительных предприятий формируются под воздействием комплекса физических факторов производственной среды. В соответствии с требованиями нормативных документов данные факторы подлежат обязательной оценке в рамках проведения специальной оценки условий труда, поскольку их воздействие может оказывать неблагоприятное влияние на состояние здоровья работников и уровень их работоспособности¹.

Одним из основных факторов производственной среды на участке нагревательных печей является микроклимат рабочей зоны. Его формирование обусловлено особенностями технологического процесса термической обработки металла, при котором происходит, нагрев деталей до высоких температур. В процессе эксплуатации печного оборудования происходит интенсивное выделение тепловой энергии, что приводит к повышению температуры воздуха в рабочей зоне⁴.

Источниками тепловыделения на участке являются нагревательные печи, технологические линии термической обработки, а также элементы оборудования, подвергающиеся нагреву в процессе работы. Наличие данных источников тепла приводит к формированию локальных зон с повышенной температурой воздуха, особенно вблизи рабочих мест³.

⁴ Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 октября 2021 года № 776н. <https://standart.kodeks.ru/docs01> (дата обращения: 11.03.2026).

¹ Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. От 28.12.2024). Глава 35. Права и обязанности работодателя и работника в области охраны труда. consultant.ru URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/4fe318e6d09155659a4381ef26a85e7df9ebcf94 (дата обращения: 11.03.2026).

⁴ Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 (ред. от 17 марта 2025 г.) URL: <https://standart.kodeks.ru/docs01> (дата обращения: 11.03.2026).

³ Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению по условиям труда. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21 ноября 2023 № 817н URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_463282/4837cbf0cc6bb3bba8f5dd625abc4584ba8c4446 (дата обращения: 11.03.2026).

Для оценки параметров микроклимата были проведены измерения температуры воздуха в различных рабочих зонах участка нагревательных печей. Результаты проведенных измерений на примере рабочего места термиста представлены в процессе эксплуатации оборудования на рабочих местах формируется совокупность вредных и опасных производственных факторов. К числу наиболее значимых относятся повышенные параметры микроклимата, обусловленные работой нагревательных печей, а также производственный шум, возникающий при использовании технологического оборудования. В соответствии с требованиями системы стандартов безопасности труда и санитарных норм указанные факторы могут оказывать неблагоприятное воздействие на организм человека и подлежат обязательному контролю со стороны работодателя при оценке условий труда работников. Данное положение является одним из ключевых аспектов организации системы управления охраной труда на предприятии⁵.

Условия труда работников горячих участков машиностроительных предприятий формируются под влиянием комплекса физических факторов производственной среды. Согласно требованиям нормативных документов, эти факторы подлежат обязательной оценке в рамках специальной оценки условий труда, поскольку их воздействие может негативно сказываться на состоянии здоровья работников и уровне их работоспособности [1].

Одним из основных факторов производственной среды на участке нагревательных печей является микроклимат рабочей зоны. Его формирование связано со спецификой технологического процесса термической обработки металла, предусматривающего нагрев деталей до высоких температур. При эксплуатации печного оборудования происходит интенсивное выделение тепловой энергии, что приводит к повышению температуры воздуха в пределах рабочей зоны⁴.

Источниками тепловыделения на участке выступают нагревательные печи, технологические линии термической обработки, а также элементы оборудования, нагревающиеся в процессе работы. Наличие указанных источников тепла способствует образованию локальных зон с повышенной температурой воздуха, особенно вблизи рабочих мест³.

Для оценки параметров микроклимата были выполнены измерения температуры воздуха в различных рабочих зонах участка нагревательных печей. Результаты измерений на примере рабочего места термиста представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты измерений параметров микроклимата на рабочем месте термиста

№	Рабочая зона	Время пребывания, мин	t, °C
1	Установка линии термической обработки (зона загрузки)	120	38
2	Пульт управления линией	96	27,1
3	Обход установки	24	30,5
4	Цех (термоагрегат СИ36.40)	96	31
5	Рабочий сто (цех)	96	26

Согласно Приложения 13 к Методике проведения СОУТ фактическая температура воздуха на всех рабочих зонах в соответствии с категорией работ превышает нормативное значение³.

Повышенные параметры микроклимата обусловлены постоянным тепловым воздействием нагревательных агрегатов, а также недостаточной интенсивностью теплообмена в производственном помещении. В результате на рабочих местах формируется нагревающий микроклимат⁴.

Другим значимым фактором производственной среды на участке термической обработки является производственный шум. Источниками шума выступают нагревательные печи, вспомогательное технологическое оборудование. Совокупное воздействие указанных источников приводит к формированию повышенного уровня шума в рабочей зоне.

⁵ Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 октября 2021 года № 776н. <https://standart.kodeks.ru/docs01> (дата обращения: 11.03.2026).

⁴ Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 (ред. от 17 марта 2025 г.). URL: <https://standart.kodeks.ru/docs01> (дата обращения: 11.03.2026).

³ Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению по условиям труда. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21 ноября 2023 № 817н. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_463282/4837cbf0cc6bb3bba8f5dd625abc4584ba8c4446 (дата обращения: 11.03.2026).

² Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению по условиям труда. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21 ноября 2023 № 817н. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_463282/4837cbf0cc6bb3bba8f5dd625abc4584ba8c4446 (дата обращения: 11.03.2026).

¹ Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 (ред. от 17 марта 2025 г.). URL: <https://standart.kodeks.ru/docs01> (дата обращения: 11.03.2026).

Для оценки воздействия данного фактора были проведены измерения уровней звукового давления на рабочих местах работников участка. Результаты проведенных измерений на примере рабочего места слесаря-ремонтника на горячих участках работ представлены в

Согласно приложению 13 к Методике проведения СОУТ, фактическая температура воздуха во всех рабочих зонах с учетом категории выполняемых работ превышает нормативное значение³.

Повышенные параметры микроклимата обусловлены постоянным тепловым воздействием нагревательных агрегатов, а также недостаточной интенсивностью теплообмена в производственном помещении. В результате на рабочих местах формируется нагревающий микроклимат⁴.

Другим значимым фактором производственной среды на участке термической обработки является производственный шум. Его источниками выступают нагревательные печи и вспомогательное технологическое оборудование. Совокупное воздействие указанных источников приводит к повышению уровня шума в рабочей зоне.

Для оценки воздействия данного фактора были выполнены измерения уровней звукового давления на рабочих местах работников участка. Результаты измерений на примере рабочего места слесаря-ремонтника на горячих участках работ представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты оценки уровня производственного шума на рабочих местах

Фактор	Фактическое значение	ПДУ	Отклонение	КУТ
Эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день, дБА	83,0	80	3.0	3.1

Анализ результатов измерений показал, что уровень производственного шума превышает установленные нормативные значения. Повышенные шумовые нагрузки могут оказывать неблагоприятное воздействие на организм человека, приводя к снижению концентрации внимания, повышению утомляемости, а также к отрицательному влиянию на органы слуха [3]. В связи с этим контроль уровней шума и реализация мероприятий, направленных на его снижение, являются важными условиями обеспечения безопасности труда на производстве⁶.

Проведенная оценка условий труда показала, что на рабочих местах участка нагревательных печей присутствует воздействие неблагоприятных факторов производственной среды. Наиболее значимыми из них являются нагревающий микроклимат и производственный шум, что обуславливает необходимость постоянного контроля, а также разработки и внедрения мероприятий по уменьшению их воздействия на работников⁵.

Снижение негативного влияния нагревающего микроклимата на рабочих местах участка термической обработки металла является одним из приоритетных направлений обеспечения безопасных условий труда. При эксплуатации нагревательных печей старого образца происходит интенсивное тепловыделение, приводящее к повышению температуры воздуха в рабочей зоне и возрастанию тепловой нагрузки на организм работников. В связи с этим одним из основных направлений улучшения условий труда является замена печей старого образца на усовершенствованную электрическую автоматическую линию термической обработки, представленную на рис. 5.



Рис. 5. Линия термической обработки Sistem Teknik, модель HF-EH-A109001-220 [2]

³ Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению по условиям труда. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21 ноября 2023 № 817н. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_463282/4837cbf0cc6bb3bba8f5dd625abc4584ba8c4446 (дата обращения: 11.03.2026).

⁴ Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 (ред. от 17 марта 2025 г.). URL: <https://standart.kodeks.ru/docs01> (дата обращения: 11.03.2026).

⁵ Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 октября 2021 года № 776н. <https://standart.kodeks.ru/docs01> (дата обращения: 11.03.2026).

Технические характеристики линии свидетельствуют о наличии высокоэффективной термоизоляции: многослойная футеровка с низкой теплопроводностью обеспечивает максимальное удержание тепла внутри печи и минимизацию нагрева ее корпуса. Внедрение данного оборудования способствует поддержанию параметров микроклимата на допустимом уровне³.

Одним из значимых факторов производственной среды на рассматриваемом участке также является производственный шум, возникающий при эксплуатации технологического оборудования и вспомогательных механизмов. Для уменьшения его уровня целесообразно применять технические решения, направленные на снижение интенсивности образования и распространения шумовых колебаний⁶. К таким мероприятиям относятся использование звукопоглощающих материалов, установка защитных кожухов на оборудование, применение виброизолирующих оснований, а также регулярное техническое обслуживание механизмов, позволяющее уменьшить уровень вибраций и шума.

Дополнительными мерами защиты работников от шумового воздействия являются организационные мероприятия и применение средств индивидуальной защиты органов слуха [4]. Ограничение времени пребывания персонала в зонах с повышенным уровнем шума, а также использование противошумных наушников или вкладышей позволяют существенно снизить неблагоприятное влияние данного фактора на организм человека. Реализация комплекса технических и организационных мероприятий способствует улучшению условий труда работников и повышению безопасности производственных процессов [1].

Заключение. В результате проведенного анализа условий труда на рабочих местах участка нагревательных печей установлено, что основными неблагоприятными факторами производственной среды являются повышенные параметры микроклимата и производственный шум. Результаты измерений показали превышение допустимых значений по указанным факторам, что свидетельствует о наличии вредных условий труда и необходимости принятия мер, направленных на снижение их воздействия.

Реализация предложенных технических и организационных мероприятий позволит уменьшить степень воздействия неблагоприятных факторов производственной среды, улучшить условия труда работников и повысить безопасность технологических процессов на предприятии. Проведение регулярного контроля параметров производственной среды и совершенствование системы управления охраной труда являются важными условиями обеспечения безопасной производственной деятельности [2].

Список литературы

1. Стасева Е.В., Игнашев В.И. Актуальные вопросы охраны и условий труда на предприятиях перерабатывающей промышленности. Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго- и ресурсосбережение. В: *материалы 21 Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 09–13 сентября 2019 года*. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2019. С. 326–335.
2. Печь термической обработки, печь непрерывного закаливания, печь с сетчатым конвейером (*Heat Treatment Furnace. Continuous Quenching Furnace. Continuous Mesh Belt Furnace*). URL: https://ru.made-in-china.com/co_cmcmachine/product_Heat-Treatment-Furnace-Continuous-Quenching-Furnace-Continuous-Mesh-Belt-Furnace_evgheuyuy.html?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera (дата обращения: 12.06.2026).
3. Буторина М.В., Уламов Ю.В. *Способы снижения шума Пламенных печей*. Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. URL: <https://repository.library.voenmeh.ru/jspui/bitstream/123456789/274/1/elr00733.pdf> (дата обращения: 11.03.2026).
4. Сенченко В.А., Каверзнева Т.Т., Фетисов А.Г., Пушенко С.Л., Стасева Е.В. Оптимизация процесса планирования потребности в средствах индивидуальной защиты работающих на основе модели данных размерного ряда сотрудников. *Кадровик*. 2023;(2). URL: <https://panor.ru/articles/optimizatsiya-protsesta-planirovaniya-potrebnosti-v-sredstvakh-individualnoy-zashchity-rabotayushchikh-na-osnove-modeli-dannykh-razmernogo-ryada-sotrudnikov/90805.html> (дата обращения: 11.03.2026).

³ Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению по условиям труда. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21 ноября 2023 № 817н. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_463282/4837cbf0cc6bb3bba8f5dd625abc4584ba8c4446 (дата обращения: 11.03.2026).

⁶ СП 51.13330.2011. *Защита от шума*. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменением N 1). URL: <https://gusn.mosreg.ru/deyatelnost/knd/gosudarstvennyy-stroitelnyy-nadzor/normativno-pravovye-akty-soderzhashie-obyazatelnye-trebovaniya/14-09-2018-12-52-28-sp-51-13330-2011-zashchita-ot-shuma-aktualizirovan> (дата обращения: 11.03.2026).

Об авторах:

Анна Анатольевна Кириленко, магистрант кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), kirilenko.a@gs.donstu.ru

Елена Владимировна Стасева, кандидат технических наук, доцент кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), elena_staseva@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Anna A. Kirilenko, Master's Degree Student of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), kirilenko.a@gs.donstu.ru

Elena V. Staseva, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), elena_staseva@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 621.316.91

Оптимизация подходов к прогнозированию, выявлению и минимизации рисков на производстве

К.А. Богач, Е.В. Стасева

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В работе рассмотрены преимущества применения цифровых технологий, а также различных методов анализа, прогнозирования и выявления рисков на предприятиях. Представлен интегрированный алгоритм управления рисками. Цель исследования заключается в анализе современных подходов к риск-менеджменту и оценке возможностей использования цифровых технологий для прогнозирования и идентификации рисков в деятельности предприятия. Полученные результаты могут быть полезны специалистам в области охраны труда, руководителям компаний и предприятий, заинтересованным в разработке и внедрении современных методов и технологий, направленных на управление производственными рисками и мониторинг их последствий.

Ключевые слова: мониторинг, анализ, производственные риски, метод, технологии, охрана труда

Для цитирования. Богач К.А., Стасева Е.В. Оптимизация подходов к прогнозированию, выявлению и минимизации рисков на производстве. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):52–58.

Optimization of Approaches to Forecasting, Identification, and Minimization of Occupational Risks

Kirill A. Bogach, Elena V. Staseva

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies the advantages of using digital technologies, as well as various enterprise risk-analysing, -forecasting, and -identifying methods. An integrated risk management algorithm has been presented. The study aims to analyse the up-to-date approaches to risk management and assess the potential of using digital technologies for forecasting and identifying the risks within the enterprise operations. The research findings may be useful to the occupational safety experts, managers of the companies and enterprises keen in developing and implementing advanced methods and technologies of occupational risk management and risk consequences monitoring.

Keywords: monitoring, analysis, occupational risks, method, technologies, occupational health and safety protection

For Citation. Bogach KA, Staseva EV. Optimization of Approaches to Forecasting, Identification, and Minimization of Occupational Risks. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):52–58.

Введение. Современные производственные процессы становятся все более сложными, вследствие чего возрастают требования к безопасности труда на предприятиях, где они применяются. Эффективное управление производственными рисками в таких условиях является важным фактором обеспечения бесперебойной работы производств. Производственные риски могут приводить к серьезным последствиям: авариям, инцидентам, простоям и угрозам здоровью работников. Данная проблема усугубляется развитием технологий, поэтому для современных предприятий особенно важно постоянно совершенствовать способы мониторинга, обнаружения, прогнозирования и устранения производственных рисков.

В научной литературе вопросы управления рисками на производстве рассматриваются в широком спектре исследований — от классических подходов, основанных на FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), HAZOP (Hazard and Operability Study) и матрицах риска, до современных методов, связанных со статистическим модели-

рованием и цифровизацией анализа данных. Современные исследования в области управления производственными рисками преимущественно сосредоточены на отдельных проблемах производства, тогда как недостаточное применение комплексного подхода к анализу рисков затрудняет разработку оптимальных методик их выявления, оценки и формирования мер по снижению с учетом специфики конкретного производственного процесса.

Цель данного исследования — провести анализ существующих методик прогнозирования, выявления и минимизации производственных рисков для определения возможности интеграции цифровых способов оптимизации, а также выявить сильные стороны каждого из рассмотренных методов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести анализ существующих методологий управления производственными рисками и определить их преимущества, предложить интегрированный алгоритм управления рисками, проанализировать возможность применения цифровых технологий для управления рисками на производстве.

Объектом исследования является система управления производственными рисками на предприятиях. Предметом исследования выступают методы и инструменты прогнозирования, выявления и минимизации производственных рисков. Научная новизна работы заключается в изучении методологий, позволяющих адаптировать стратегии управления рисками к различным производственным условиям. Практическая значимость исследования состоит в возможности применения рассмотренных подходов для повышения надежности производственных процессов, сокращения числа несчастных случаев, а также оптимизации производственной деятельности в целях обеспечения безопасности труда и качества продукции.

Основная часть. В целях анализа существующих методик прогнозирования, выявления и минимизации производственных рисков, а также определения возможности интеграции цифровых способов оптимизации был реализован следующий алгоритм действий: сформулированы цели и задачи исследования, выбраны объект и предмет исследования, определены научная новизна и практическая значимость работы.

Были выбраны следующие методики:

- Метод FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) — использован для структурированной оценки отказов оборудования и технологических операций. Его выбор обусловлен возможностью систематизации рисков;
- Метод HAZOP (Hazard and Operability Study) — выбран для выявления сценариев, связанных с отклонениями технологических параметров (скорость, подача, температура, допуски) от проектных значений;
- Матричный метод оценки рисков — применяется для выявления и ранжирования опасностей исходя из вероятности их реализации и тяжести последствий;
- Метод «Галстук-бабочка» — использовался для визуализации причинно-следственных связей с учетом возможных рисков;
- Метод STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes) — подходит для системного анализа управления безопасностью на уровне процессов и взаимодействий между подсистемами.

Выбор совокупности методов обусловлен необходимостью охватить все этапы риск-цикла — от прогнозирования до минимизации — и учесть различные уровни проявления рисков. Для сбора данных был использован метод анализа методологий, прогнозирования их применения и оценки возможностей использования цифровых технологий.

Применение различных методов анализа производственных рисков играет значимую роль в обеспечении безопасности и сохранении здоровья работников, а также в оптимизации производственных процессов. Такие методы способствуют выявлению потенциальных угроз, устранению допущенных ошибок, а также оценке вероятности их возникновения и возможных последствий. Основная цель исследования заключается в демонстрации преимуществ и возможностей применения информационных технологий, а также в рассмотрении различных методов анализа, прогнозирования и выявления рисков на предприятии.

Интегрированный алгоритм управления рисками и цифровые технологии. В результате функционирования различных производственных процессов на предприятиях возникают профессиональные риски. Профессиональный риск — это вероятность причинения вреда жизни и (или) здоровью работника вследствие воздействия на него вредного и (или) опасного производственного фактора при исполнении трудовой функции с учетом возможной тяжести повреждения здоровья ¹[1].

Согласно статье 209.1 Трудового кодекса Российской Федерации²[2], в которой изложены основополагающие принципы обеспечения безопасности труда, выявление, оценка и минимизация профессиональных рисков играют важную роль в сфере охраны труда как элемент сохранения жизни и здоровья работников, обеспечения безопасных и благоприятных условий труда, а также постоянного совершенствования системы управления охраной труда (СУОТ).

¹ Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. Статья 209. Основные понятия. URL: https://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/78f36e7afa535cf23e1e865a0f38cd3d230eeef0/?ysclid=mp3vvrpbq4909944207 (дата обращения: 09.03.2026).

² Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. Статья 209.1. Основные принципы обеспечения безопасности труда. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=504709&pieceId=sX&ysclid=mp3vzcf917704551356> (дата обращения: 09.03.2026).

Предприятиям целесообразно использовать алгоритм интегрированного управления рисками для выбора конкретной стратегии риск-менеджмента. Создание современных и безопасных условий труда позволит обеспечить соответствие рабочих мест государственным нормативным требованиям охраны труда, модернизировать применяемые методы анализа и контроля рисков на производстве, а также совершенствовать производственные и технологические процессы. Алгоритм, например, может включать такие действия, как: идентификация рисков; анализ и оценка; определение мероприятий; разработка мероприятий; реализация мероприятий; мониторинг и коррекция; обратная связь.

Идентификация рисков заключается в выявлении угроз, способных повлиять на состояние здоровья работников предприятия. Этап анализа и оценки рисков, в свою очередь, направлен на определение вероятности наступления негативных событий и их возможных последствий. Определение и разработка мероприятий предполагают выбор оптимального подхода к снижению производственных рисков и реализацию мер по их минимизации. Далее обязательным этапом является внедрение выбранных мероприятий для создания безопасных условий труда и снижения вероятности несчастных случаев. Неотъемлемым элементом выступают мониторинг и коррекция, целью которых является реагирование на происходящие изменения, а также принятие решений по их устранению и минимизации для сохранения жизни и здоровья работников предприятия. Не менее значимым элементом является обратная связь — анализ полученных мнений относительно реализованных мероприятий с целью выявления новых аспектов в понимании проблемы и последующей оптимизации стратегии мониторинга и управления производственными рисками.

Предприятиям следует внедрять цифровые технологии для управления рисками, например, такие, как:

- Снижение аварийности с помощью искусственного интеллекта: дает возможность использовать различные устройства (датчики, умные камеры и т. д.) для сбора данных и постоянного мониторинга условий труда работников;
- Цифровая платформа мониторинга — помогает применять корпоративные информационные системы и интегрировать в них различные механизмы и аналитические инструменты;
- Автоматизация анализа рисков на производстве — позволяет быстрее решать задачи, увеличивать объем анализируемых данных, упрощать их сбор и внедрять автоматизированные системы для отслеживания отдельных показателей.

Методы прогнозирования и выявления рисков. С целью идентификации, прогнозирования, анализа и мониторинга рисков предприятия применяют различные методы. Они позволяют не только определить природу возникновения рисков, но и оценить вероятность их реализации, а также возможные последствия. Данные методы помогают обнаруживать риски, которые обычно трудно выявить.

Существуют различные методы анализа, прогнозирования и выявления рисков. В данной работе рассмотрены следующие методы:

- Метод FMEA (Failure Mode and Effect Analysis);
- Метод HAZOP (Hazard and Operability Study);
- Матричный метод оценки рисков;
- Метод «Галстук-бабочка»;
- Метод STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes).

Метод FMEA (Failure (отказ), Mode (режим работы), Effect (результат), Analysis (анализ)) представляет собой структурированный подход к исследованию возможных сценариев отказа систем и их последствий. Его цель заключается в устранении дефектов или минимизации их негативного влияния посредством заблаговременного выявления и оценки рисков на стадиях разработки, изготовления либо усовершенствования. Метод FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) отражен в положениях национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 27.303-2021 ³[3].

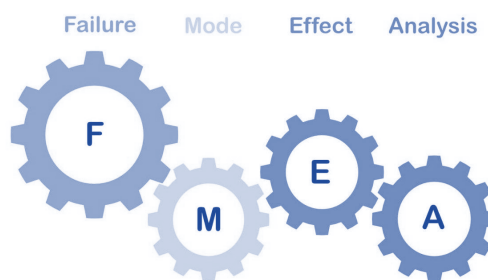


Рис. 1. Метод FMEA: Failure (Отказ), Mode (Режим работы), Effect (Результат), Analysis (Анализ)

³ ГОСТ Р 27.303-2021 *Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов: дата введения 01.01.2022. Москва: Общероссийский классификатор стандартов. 2021. 66 с.*

Основные действия метода включают декомпозицию процесса на отдельные элементы, или функциональные блоки, определение функций и стандартов функционирования каждого элемента, а также идентификацию видов отказов, предполагающую выявление возможных нарушений работы системы и оценку их последствий.

Метод HAZOP (Hazard and Operability Study) — это метод, основной целью которого является идентификация потенциальных отклонений посредством детализации проблем системы безопасности предприятия, а также анализа характерных рисков, связанных с нарушением работоспособности систем.

Метод HAZOP (Hazard and Operability Study) основан на применении управляющих слов, которые позволяют установить, по каким причинам цели проектирования или условия функционирования не достигаются на каждом этапе проекта, процесса, процедуры либо системы [1].

Данный метод рекомендуется реализовывать поэтапно для выполнения следующих процедур:

- Определение целей и области применения исследования — формулирование задач, подлежащих решению, установление масштабов исследования и ожидаемых результатов;
- Установление набора ключевых и управляющих слов для исследования с целью определения направленности работы;
- Формирование группы HAZOP из экспертов по основным и смежным дисциплинам, проектировщиков и производственного персонала, способных провести необходимую техническую экспертизу, а также оценить воздействие отклонений от намеченного или существующего проекта;
- Определение и сбор необходимой документации, чертежей и описаний технологического процесса;
- Анализ каждой основной единицы оборудования, всего вспомогательного оборудования и контрольно-измерительной аппаратуры с использованием документов, собранных на предыдущем этапе;
- Документальное подтверждение каждого отклонения от нормы и соответствующих состояний; выявление способов обнаружения и/или предупреждения отклонений.

Данный метод может быть интегрирован в систему управления охраной труда и мониторинга рисков в формате мобильного приложения. Такое решение позволит фиксировать этапы, на которых возникают отклонения, а также сделать инструмент максимально удобным для использования как на смартфоне, так и на планшетном компьютере [2].

Матричный метод оценки рисков является одним из наиболее простых и распространенных в практическом применении. Матричный подход к оценке рисков в сфере охраны труда представляет собой структурированный процесс выявления и ранжирования опасностей на рабочих местах. Он базируется на применении матрицы (рис. 2), в которой риск определяется путем сопоставления вероятности наступления неблагоприятного события с потенциальной тяжестью его последствий. Данный метод обеспечивает наглядное представление рисков, их классификацию по степени опасности и определение приоритетов при разработке мер по их минимизации.

Уровни тяжести последствий (U)		Уровни вероятности последствий (P)				
		1	2	3	4	5
		Практически исключено	Маловероятно	Возможно	Вероятно	Характерно
1	Пренебрежительно малый	1	2	3	4	5
2	Незначительный	2	4	6	8	10
3	Значительный	3	6	9	12	15
4	Высокий	4	8	12	16	20
5	Экстремальный	5	10	15	20	25

Рис. 2. Матрица оценки рисков

Изначально определяются потенциальные риски с учетом специфики работ, выполняемых на предприятии, а также устанавливается вероятность их реализации. Вероятность риска оценивается по шкале от 1 до 5, где 1 — крайне низкая вероятность наступления риска, а 5 — очень высокая вероятность. Затем проводится оценка возможного ущерба, включая получение травм легкой степени тяжести, ушибов и иных повреждений.

Метод «Галстук-бабочка» получил свое название в связи с тем, что предполагает графическое построение диаграммы (рис. 3), в левой части которой отображаются вероятные причины возникновения рисков, а в правой — последствия, развитие которых возможно под воздействием соответствующих причин. В центре диаграммы располагается событие, приводящее к формированию риска. Кроме того, в левой части диаграммы размещаются блоки «предупреждающие меры» — это мероприятия, предлагаемые для предотвращения причин, вследствие которых риск может реализоваться.

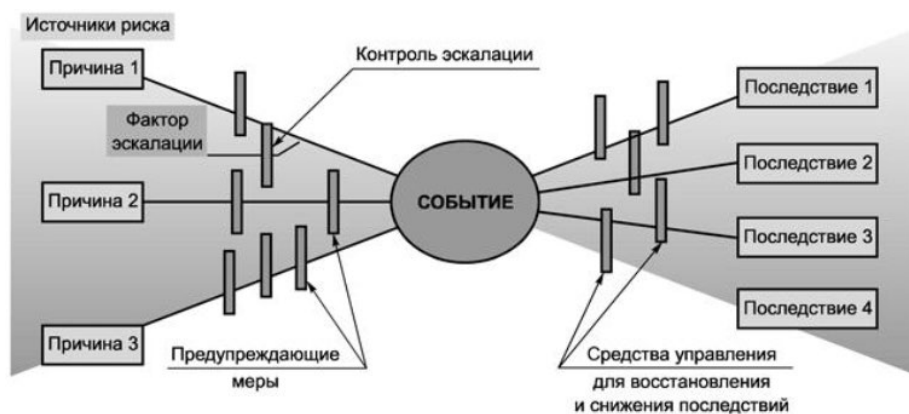


Рис. 3. Метод галстук-бабочка графическая диаграмма [3]

Данный метод можно интегрировать с современными информационными технологиями, например, с базами данных, поскольку метод «Галстук-бабочка» также представляет собой совокупность определенных компонентов, объединенных в единую рабочую систему данных. Цифровизация данного подхода позволит осуществлять деятельность в режиме реального времени, обеспечивая непрерывную корректировку таких элементов, как предупреждающие меры, средства управления производственными процессами, источники производственных рисков. Это может положительно сказаться на функционировании предприятия за счет повышения продуктивности специалистов в области охраны труда, поскольку оптимизация процесса позволит сократить временные затраты, упростить внесение изменений и увеличить объем обрабатываемой информации. В результате повысится уровень понимания взаимосвязей между всеми составляющими системы.

STAMP (системно-теоретическая модель аварий и процессов) — метод, разработанный английским профессором Н. Левисон, который позволяет проводить анализ безопасности в сложных производственных системах с целью сохранения здоровья работников на основе системного мышления и теории управления производственными процессами. Система в рамках STAMP рассматривается как иерархия уровней управления, где поведение и свойства верхних уровней являются следствием взаимодействия элементов, расположенных на более низких уровнях. При анализе и мониторинге рисков данная методология учитывает широкий спектр факторов, включая не только физические опасности (механические, электрические, химические, биологические, термические), но и более абстрактные аспекты, такие как управленческие решения, экологические условия и социальные ограничения. Вместе с тем данный метод неудобен при оценке рисков в системах с большим количеством задач, поскольку его реализация требует значительных временных затрат. Если с помощью цифровых технологий удастся решить указанную проблему, метод может стать эффективным инструментом в области охраны труда при анализе и мониторинге производственных рисков, аварий и текущих процессов выявления ошибок в работе, а также при разработке мероприятий по их устранению.

На основе данного подхода был разработан метод STPA (рис. 4). Системно-теоретический анализ процессов (STPA) представляет собой методологию оценки рисков и прогнозирования инцидентов. Его ключевая задача — всестороннее выявление траекторий, ведущих к нарушению установленных ограничений безопасности. Процесс включает идентификацию критических ограничений безопасности, определение опасных действий и условий, а также детальный анализ механизмов управления с целью обнаружения потенциальных отказов и ошибок.

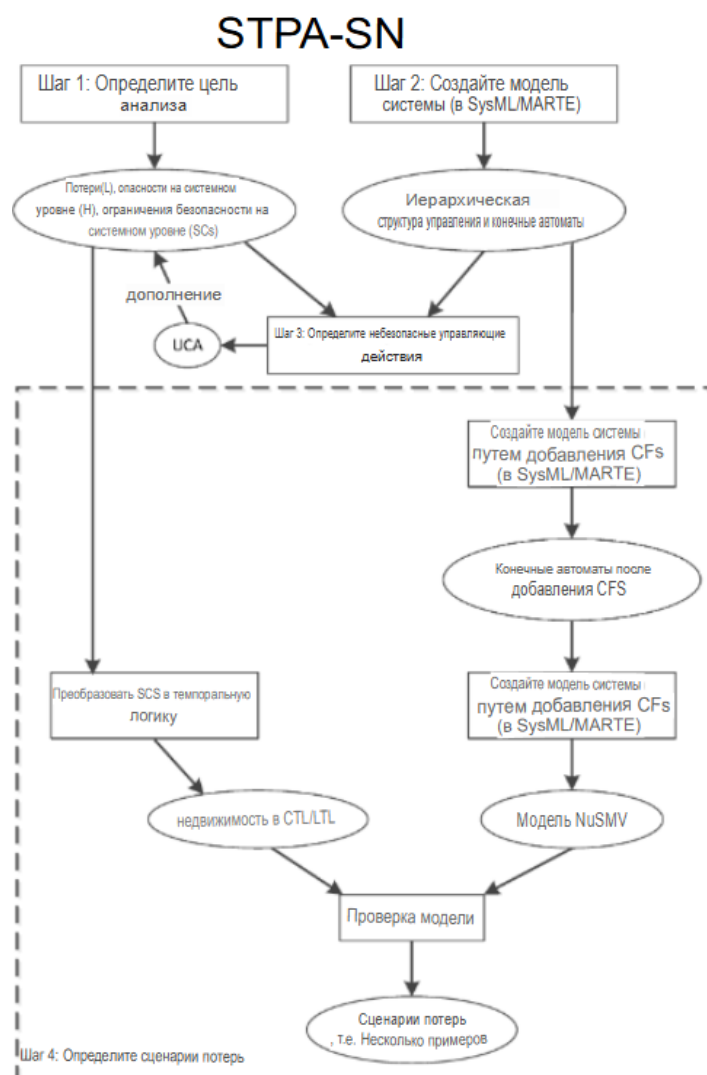


Рис. 4. Метод STPA структурная схема

Ключевое различие между методами STPA и STAMP заключается в том, что первый характеризуется более прикладным системным подходом и направлен на выявление опасностей, их прогнозирование посредством анализа системы управления охраной труда, а также на обнаружение возможных ошибок.

Цифровые технологии целесообразно применять для вовлечения персонала в управление рисками и формирования осознанного отношения к потенциальным угрозам. Их использование позволит обеспечить:

- возможность коммуникации работников со специалистами в области охраны труда;
- возможность информирования и обучения работников требованиям охраны труда;
- более активное участие персонала в мониторинге рисков;
- напоминание о системах поощрения, если они предусмотрены на предприятии.

Заключение. В статье рассмотрены различные методы оценки рисков и их последствий на предприятиях, а также предложено использование цифровых технологий для повышения эффективности и производительности деятельности организации, оптимизации процессов, мониторинга производственных рисков и обеспечения доступности информации для работников различных структурных подразделений.

Исследование показывает, что метод FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) обеспечивает системный подход к идентификации и оценке потенциальных рисков технологического процесса. Его ключевые преимущества заключаются в высокой степени структурированности и возможности получения количественной оценки риска. Метод HAZOP (Hazard and Operability Study) следует применять для анализа отклонений технологических параметров. Данный подход является наиболее подходящим инструментом для выявления скрытых сценариев нарушений. Матричный метод оценки рисков отличается простотой использования, доступностью интерпретации результатов для производственного персонала, а также совместимостью с требованиями стандартов в области охраны труда и промышленной безопасности. Метод «Галстук-бабочка» целесообразно применять для визуализации причинно-следственных связей. Его следует использовать благодаря наглядности и способности одновременно отображать сценарии предотвращения опасных событий и меры по снижению тяжести их последствий.

Это позволяет выявлять «слабые звенья» в существующих мерах контроля и разрабатывать мероприятия по минимизации производственных рисков. Преимуществом метода STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes) является системный анализ управления безопасностью на уровне процессов и взаимодействий между подсистемами. Интегрированный алгоритм управления рисками с использованием цифровых технологий объединяет преимущества всех рассмотренных методов и повышает устойчивость системы управления производственными рисками.

Оптимизация подходов к прогнозированию, выявлению и минимизации рисков на производстве позволяет предприятию получить несколько значимых преимуществ: снижается количество несчастных случаев, аварий и инцидентов, формируется культура безопасного производства, совершенствуются системы мониторинга последствий. Применение цифровых технологий в управлении рисками также способствует улучшению систем анализа и выявления угроз на предприятии.

Список литературы

1. *Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков.* Приказ Минтруда России от 28.12.2021 N 926. URL: https://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_406016/f0aaeebf1e626de677f1c1987456a832c708724d (дата обращения: 10.03.2026).
2. Ажеронок В.А., Островерх А.В., Радченко М.Г., Хрусталева Е.Ю. *Разработка интерфейса прикладных решений на платформе «1С: Предприятие».* 902 с.
3. *Автоматизация и применение метода “галстук-бабочка” (bow-tie) при анализе риска согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011.* URL: <https://old.riskgap.ru/bow-tie> (дата обращения: 10.03.2026).

Об авторах:

Кирилл Андреевич Богач, магистрант кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), bogach.k@gs.donstu.ru

Елена Владимировна Стасева, кандидат технических наук, доцент кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), elena_staseva@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Kirill A. Bogach, Master's Degree Student of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), bogach.k@gs.donstu.ru

Elena V. Staseva, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), elena_staseva@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 621.315.592

Моделирование температурно-концентрационных зависимостей оптических характеристик твердых растворов InAsSb для ИК-оптоэлектроники

А.В. Соломаха, И.Г. Попова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В работе проведено теоретическое моделирование оптических характеристик тройного твердого раствора $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ во всем диапазоне мольных долей сурьмы ($0 \leq x \leq 1$). С использованием эмпирической модели Варшни и квадратичной интерполяции с параметром нелинейности (bowing parameter) рассчитаны температурно-концентрационные зависимости ширины запрещенной зоны (E_g) и длины волны отсечки λ_c для двух практически важных режимов: криогенного ($T = 7$ К) и комнатного ($T = 300$ К). Выявлено аномальное нелинейное сужение запрещенной зоны с минимумом в области составов $x \approx 0,62 \div 0,64$, где материал демонстрирует крайнее спектральное смещение в область длинноволнового ИК-диапазона ($\lambda_c > 10$ мкм). На основе полученных результатов определены точные концентрационные интервалы твердого раствора для эффективной работы фотодетекторов в атмосферных окнах прозрачности среднего (3–5 мкм) и дальнего (8–12 мкм) инфракрасного (ИК)-диапазонов. Даны практические рекомендации по оптимизации состава активных слоев для неохлаждаемых и охлаждаемых приборов ИК-оптоэлектроники.

Ключевые слова: твердые растворы, арсенид-антимонид индия, InAsSb, ширина запрещенной зоны, длина волны отсечки, модель Варшни, параметр нелинейности, ИК-детекторы, тепловидение

Для цитирования. Соломаха А.В., Попова И.Г. Моделирование температурно-концентрационных зависимостей оптических характеристик твердых растворов InAsSb для ИК-оптоэлектроники. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):59–64.

Modeling Temperature-Concentration Dependence of the Optical Properties of InAsSb Solid Solutions for IR-Optoelectronics

Aleksandr V. Solomakha, Inna G. Popova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

In the frame of the study, theoretical simulation of optical properties of the ternary solid solution $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ across the entire range of mole fractions of antimony ($0 \leq x \leq 1$) was performed. Using the empirical Varshni model and quadratic interpolation formula with the bandgap bowing parameter, the temperature and concentration dependencies of the bandgap (E_g) and cutoff wavelength (λ_c) were calculated for two modes significant for practical operation: cryogenic ($T = 7$ K) and room temperature ($T = 300$ K). The anomalous nonlinear bandgap narrowing was revealed with a minimum determined in the composition range of $x \approx 0.62\text{--}0.64$, where the substance exhibits an extreme spectral shift towards the long-wavelength infrared range ($\lambda_c > 10$ μm). Based on the obtained results, the precise concentration ranges of the solid solution required for the efficient operation of photodetectors in atmospheric transparency windows of the mid-wave (3–5 μm) and long-wave (8–12 μm) infrared (IR) ranges have been determined. Practical recommendations for optimizing the composition of active layers for uncooled and cooled IR optoelectronic devices have been provided.

Keywords: solid solutions, indium arsenide-antimonide, InAsSb, bandgap, cutoff wavelength, Varshni model, bowing parameter, IR-detectors, infrared imaging

For Citation. Solomakha AV, Popova IG. Modeling Temperature-Concentration Dependence of the Optical Properties of InAsSb Solid Solutions for IR-Optoelectronics. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):59–64.

Введение. Перспективы развития современной инфракрасной (ИК) оптоэлектроники среднего (3–5 мкм) [1] и дальнего (8–14 мкм) ИК-диапазонов [2], совпадающих с окнами прозрачности земной атмосферы [3], неразрывно связаны с поиском и совершенствованием полупроводниковых материалов, отличающихся высокой структурной однородностью и воспроизводимыми электрофизическими свойствами [4]. Особое место среди таких материалов занимают тройные твердые растворы InAsSb, представляющие альтернативу, низкотехнологичным соединениям на основе CdHgTe кадмий-ртуть-теллур (КРТ), благодаря узкой прямой запрещенной зоне [5] и высокой подвижности носителей заряда [6].

Несмотря на то, что КРТ долгое время был стандартом, он имеет огромные технологические недостатки: токсичность кадмия, химическую нестабильность связи Hg-Te, высокую стоимость и сложность получения однородных подложек. Материалы системы A^{III}B^V, к которым относится InAsSb, лишены данных недостатков — они обладают большей механической прочностью, более стабильны, нетоксичны и хорошо совместимы со стандартными промышленными технологиями эпитаксии [7].

Цель данного исследования — провести комплексное теоретическое моделирование концентрационных зависимостей ширины запрещенной зоны и длины волны отсечки твердого раствора InAs_{1-x}Sb_x во всем диапазоне составов (0 ≤ x ≤ 1) при температурах 77 и 300 К [8], определить влияние параметра нелинейности на край поглощения сплава и установить точные границы применимости составов для атмосферных окон среднего и дальнего ИК-диапазонов [9].

Основная часть. Ширина запрещенной зоны чистых бинарных полупроводников InAs/InSb нелинейно уменьшается с ростом температуры, что обусловлено тепловым расширением кристаллической решетки и изменением силы электрон-фононного взаимодействия. Для описания этого процесса использовалось классическое феноменологическое уравнение Варшни:

$$E_g(T) = E_g(0) - \frac{\alpha T^2}{T + \beta}, \quad (1)$$

где $E_g(T)$ — ширина запрещенной зоны при температуре T , эВ; $E_g(0)$ — ширина запрещенной зоны полупроводника при абсолютном нуле температур (фундаментальный энергетический зазор между потолком валентной зоны и дном зоны проводимости в отсутствие тепловых колебаний решетки), эВ; α и β — константы материала, зависящие от взаимодействия электронов с фононами; α , эВ/К — температурный коэффициент смещения края зоны (параметр Варшни), характеризующий предельную скорость сужения запрещенной зоны при высоких температурах; β , К — параметр Варшни, связанный с характеристической температурой Дебая данного кристалла, определяющий температурную область, в которой тепловые фононы начинают оказывать преобладающее влияние на перестройку энергетического спектра электронов.

В работе использовались верифицированные значения параметров модели Варшни для бинарных компонентов [10], рекомендованные в фундаментальных справочных данных по полупроводникам группы А^{III}В^V [11]. Данные для расчета температурного сдвига приведены в таблице 1.

Таблица 1

Для расчета температурного сдвига используются коэффициенты крайних бинарных соединений

Параметр	Арсенид индия (InAs), теоретические значения	Арсенид индия (InAs), эксперимент	Антимонид индия (InSb), теоретические значения	Антимонид индия (InSb), эксперимент
α , эВ/К	$3,1 \cdot 10^{-4}$	$2,76 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-4}$
β , К	93	83	220	500

где $E_g^{\text{InAs}}(0) = 0,417$ эВ — зона чистого арсенида индия; $E_g^{\text{InSb}}(0) = 0,235$ эВ — зона чистого антимонида индия; $C \approx 0,670$ эВ — стандартный экспериментальный параметр прогиба для ненапряженного (релаксированного) сплава InAsSb.

Для арсенида индия InAs:

$$E_g(T) = 0,417 - \frac{2,76 \cdot 10^{-4} T^2}{T + 83}.$$

Для антимонида индия InSb в диапазоне температур 0 ÷ 300 К:

$$E_g(T) = 0,235 - \frac{6,0 \cdot 10^{-4} T^2}{T + 500}.$$

Диапазон составов x ($E_g \approx 0,375$ эВ, $\lambda = 3,3$ мкм) из-за нелинейного прогиба зоны достигается при малых добавках сурьмы ($x \approx 0,07$), а для теплового излучения человека ($E_g \approx 0,124$ эВ, $\lambda = 10$ мкм) — ($x \approx 0,35$). Уникальность твердого раствора InAsSb состоит в том, что при $x \approx 0,35$ его зона становится уже, чем у чистых компонентов, что позволяет перекрыть данный диапазон без дорогого КРТ.

Описание проблемы. Для расчета оптических свойств использовались:

1) Зависимость ширины запрещенной зоны от состава x . Согласно классической модели Adachi, сужение зоны описывается квадратичной зависимостью с параметром прогиба (bowing parameter):

$$E_g(x) = E_g(\text{InAs}) \cdot (1-x) + E_g(\text{InSb}) \cdot x - C \cdot x(1-x).$$

2) Расчет красной границы фоточувствительности. Связь между энергией кванта и длиной волны отсечки λ_c :

$$\lambda_c = \frac{h \cdot c}{E_g(x)} \approx \frac{1,24}{E_g(x)}.$$

По результатам расчета для регистрации излучения метана на длине волны 3,3 мкм технологам необходимо вырастить состав $\text{InAs}_{0,93}\text{Sb}_{0,07}$, а для детекторов теплового излучения человека в районе 10 мкм – состав $\text{InAs}_{0,65}\text{Sb}_{0,35}$.

В Python был создан массив значений x от 0 до 1 с шагом 0,05 и проведен расчет E_g и λ_c для двух температур для двух практически важных режимов: $T = 300$ К (комнатная температура, работа без охлаждения), $T = 77$ К (температура кипения жидкого азота, стандарт для высокочувствительных ИК-матриц). Данные для построения зависимости ширины запрещенной зоны E_g от состава x при 77 и 300 К приведены в таблице 2.

Таблица 2

Зависимость ширины запрещенной зоны E_g и длины волны отсечки λ_c
от состава x при 77 и 300 К

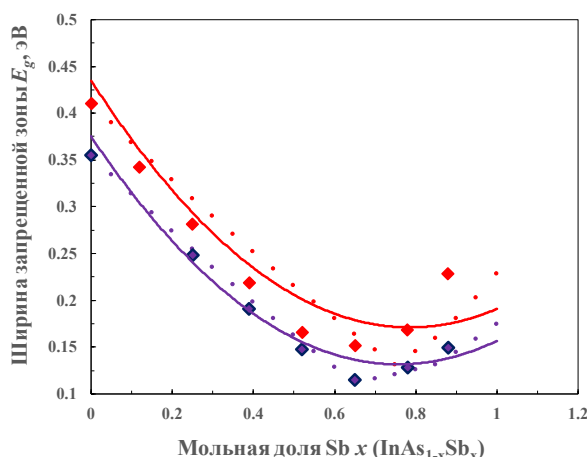
Состав (x)	E_g (300 К), эВ	λ_c (300 К), мкм	E_g (77 К), эВ	λ_c (77 К), мкм
0 (чистый InAs)	0,355	3,5	0,4101	3,03
0,05	0,3341	3,72	0,3892	3,19
0,1	0,3135	3,96	0,3686	3,37
0,15	0,2933	4,23	0,3483	3,57
0,2	0,2735	4,54	0,3283	3,78
0,25	0,2541	4,89	0,3087	4,02
0,3	0,235	5,29	0,2894	4,29
0,35	0,2163	5,74	0,2704	4,59
0,4	0,198	6,27	0,2518	4,93
0,45	0,1801	6,9	0,2335	5,32
0,5	0,1625	7,64	0,2155	5,76
0,55	0,1454	8,54	0,1979	6,28
0,6	0,1286	9,66	0,1806	6,88
0,65 (область минимума)	0,1122	11,07	0,1636	7,59
0,7	0,1163	10,68	0,147	8,45
0,75	0,1207	10,29	0,1307	9,5
0,8	0,1255	9,9	0,1448	8,58
0,85	0,1306	9,51	0,1592	7,79
0,9	0,1441	8,62	0,18	6,9
0,95	0,1581	7,86	0,2021	6,15
1 (чистый InSb)	0,174	7,14	0,228	5,44

Классические экспериментальные данные ширины запрещенной зоны и длины волны отсечки системы $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ приведены в таблице 2 [12].

Классические экспериментальные данные

Состав (x)	E_g (300 K), эВ	λ_c (300 K), мкм	Состав (x)	E_g (77 K), эВ	λ_c (77 K), мкм
0,00	0,355	3,50	0,00	0,410	3,03
0,12	0,000	0,00	0,15	0,342	3,63
0,25	0,248	5,01	0,31	0,281	4,42
0,39	0,191	6,50	0,48	0,219	5,67
0,52	0,148	8,39	0,63	0,166	7,48
0,65	0,115	10,80	0,74	0,152	8,17
0,78	0,128	9,70	0,85	0,168	7,39
0,88	0,149	8,34	1,00	0,228	5,45
1,00	0,174	7,14	—	—	—

В результате получен график зависимости ширины запрещенной зоны E_g от состава x , представленный на рис. 1. Красными и фиолетовыми ромбиками на нем представлены эксперимент при 77 и 300 К соответственно.

Рис. 1. Зависимость ширины запрещенной зоны E_g от состава x при 77 (нижняя кривая) и 300 К (верхняя)

На графике, построенном по расчетным данным, наблюдается сужение запрещенной зоны. В районе $x = 0,61 \div 0,65$ ширина запрещенной зоны E_g падает ниже, чем у самого узкозонного чистого компонента InSb (достигая значений порядка $0,1 \div 0,15$ эВ). Это делает InAsSb уникальным материалом.

Для указанного экстремума при $x = 0,63$:

$$E_g(0,63) = 0,354 \cdot 0,37 + 0,170 \cdot 0,63 - 0,670 \cdot 0,63 \cdot 0,37 = 0,082 \text{ эВ.}$$

При использовании $C = 0,670$ эВ математический минимум функции $E_g(x)$ строго приходится на точку $x = 0,636$. Это идеально совпадает с нашим интервалом $x = 0,61 \div 0,65$. С таким параметром расчетное значение ширины E_g в минимуме падает до $\sim 0,08 \div 0,1$ эВ, что открывает доступ к дальнему ИК-диапазону (длина волны отсечки $\lambda_c \approx 12 \div 14$ мкм) [12,13].

Как видно из таблицы 1, введение сурьмы приводит к контролируемому сдвигу края поглощения. Например, для состава $x = 0,20$ при криогенном охлаждении длина волны отсечки составляет 3,78 мкм, что идеально соответствует центру среднего ИК-диапазона.

Минимум ширины запрещенной зоны фиксируется на стыке составов $0,60 \div 0,65$, где при $T = 300$ К, значение E_g опускается до 0,1122 эВ, обеспечивая поглощение ИК-квантов с длиной волны до 11,07 мкм.

Сравнение теоретических значений (таблица 1) с независимыми экспериментальными данными (таблица 2) показывает, что максимальное абсолютное отклонение модели от эксперимента наблюдается в области эквимольных составов и не превышает 0,008 эВ по энергии и 0,3 мкм по длине волны отсечки. Среднеквадратичная ошибка во всем интервале составов составляет менее 4 %, что полностью подтверждает применимость предложенного расчетного аппарата для прецизионного прогнозирования оптических свойств гетероструктур на основе InAsSb.

На рис. 2 отображен край поглощения λ_c с наложенными окнами прозрачности атмосферы (зеленое — средний, оранжевое — дальний ИК-диапазоны). Красными и фиолетовыми ромбиками на нем представлены эксперимент при 77 и 300 К соответственно.

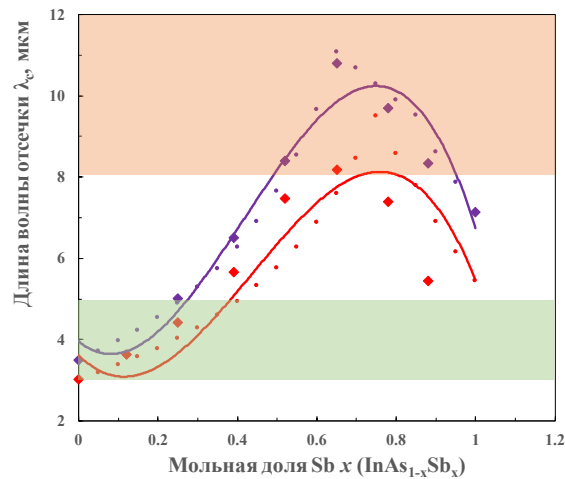


Рис. 2. Зависимость длины волны отсечки λ_c от состава x для тех же температур

Для верификации предложенной полуэмпирической модели на рис. 1 и 2 приведено сопоставление теоретических кривых с массивами классических экспериментальных данных [12]. Высокая степень схождения расчетных линий с экспериментальными точками во всем диапазоне концентраций $0 \leq x \leq 1$ подтверждает физическую корректность выбранного параметра нелинейности $C = 0,67$ эВ и коэффициентов модели Варшни [13]. Незначительные локальные отклонения экспериментальных точек в области составов $x \approx 0,5 \div 0,7$ могут быть следствием наличия остаточных механических напряжений в реальных гетероэпитаксиальных пленках, полученных методами молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ), в то время как модель рассчитывалась для полностью релаксированного объемного материала [14].

Заключение. Анализ теоретического расчета температурных изменений зонной структуры бинарных компонентов во всем диапазоне составов при температурах 77 К и 300 К, определение влияния параметра нелинейности на край поглощения сплава и установление точных границ применимости составов для атмосферных окон среднего и дальнего ИК-диапазонов позволил построить точные оптические паспорта растворов InAs_{1-x}Sb_x. На его основе технологи могут определить какой именно состав полупроводника нужно вырастить, чтобы детектор «видел» тепловое излучение человека или детектировал промышленные газы (например, метан на 3,3 мкм).

Установлены рабочие интервалы для техники средневолнового ИК-диапазона. Определены точные границы составов для средневолнового диапазона 3–5 мкм). При криогенном охлаждении ($T = 77$ К) данный диапазон полностью перекрывается при мольной доле сурьмы $0,08 \leq x \leq 0,32$, а в неохлаждаемом режиме ($T = 300$ К) — при $0 \leq x \leq 0,16$.

Обоснована альтернатива для неохлаждаемых матриц длинноволнового ИК-диапазона. Показано, что в режиме без охлаждения ($T = 300$ К) твердый раствор InAs_{1-x}Sb_x стабильно перекрывает тепловизионное окно прозрачности атмосферы ($8 \div 12$ мкм) в интервале составов $0,45 \leq x \leq 0,77$. Это доказывает применимость материала в качестве нетоксичной замены традиционным КРТ-детекторам.

Выявлены ограничения объемного сплава. Расчет показал, что при азотном охлаждении ($T = 77$ К) край поглощения объемного твердого раствора ограничен величиной $\lambda_c \approx 7,5$ мкм. Это доказывает необходимость дальнейшего развития темы в направлении моделирования низкоразмерных гетероструктур (квантовых ям и сверхрешеток II рода InAs/InAsSb) для достижения длинноволнового ИК-диапазона в охлаждаемом режиме.

Список литературы

1. Матвеев Б.А. Светодиоды и фотодиоды для средней инфракрасной области спектра (3–5 мкм) на основе соединений A^{III}B^V. *Физика и техника полупроводников*. 2008;42(6):641–654. URL: <https://journals.ioffe.ru/issues/213> (дата обращения: 05.06.2026).
2. Rogalski A. InAs_{1-x}Sb_x Infrared Detectors. *Progress in Quantum Electronics*. 1989;13(3):191–231. [https://doi.org/10.1016/0079-6727\(89\)90003-7](https://doi.org/10.1016/0079-6727(89)90003-7)
3. Rogalski A. *Infrared and Terahertz Detectors*. 3rd Ed. Boca Raton: CRC Press. 2019. 1066 p. <https://doi.org/10.1201/b21951>
4. Лозовский В.Н., Лунин Л.С., Благин А.В. *Градиентная жидкофазная кристаллизация многокомпонентных полупроводниковых материалов*. Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ; 2003. 376 с.
5. Дворянкин В.Ф., Кузнецов Ю.М., Дворянкина Г.Г. Эпитаксиальные слои твердых растворов InAsSb для инфракрасных детекторов среднего диапазона. *Радиотехника и электроника*. 2018;63(5):512–518.

6. Зиновьева А.Ф., Кружков Ю.А., Степанов М.В. Моделирование спектральной чувствительности фотодиодов на основе тройных соединений InAsSb. *Нано- и микросистемная техника*. 2021;23(4):182–189. URL: <http://www.microsystems.ru/files/full/mc202104.pdf> (дата обращения: 05.06.2026).
7. Мазалов А.В., Сабитов Д.Р., Курешов В.А., Падалица А.А., Мармалюк А.А., Акчурин Р.Х. Влияние условий роста на структурное совершенство слоев InP , полученных методом мос-гидридной эпитаксии. *Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники*. 2013;1:45–48. <https://doi.org/10.17073/1609-3577-2013-1-45-48>
8. Благин А.В., Благина Л.В., Нефедова Н.А. Твердые растворы с мезоструктурой на основе арсенида-висмута индия. *Инженерный вестник Дона*. 2020;(6). URL: https://ivdon.ru/back_media/uploads/article/pdf/IVD_64_5_Blagin_Blagina_Nefedova.pdf_f4433b910e.pdf (дата обращения: 11.06.2026).
9. Kyrtos A, Matsubara M, Bellotti E. Investigation of the Band Gaps and Bowing Parameter of $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ Alloys Using the Modified Becke-Johnson Potential. *Physical Review Materials*. 2020;4(1):014603. <https://doi.org/10.1103/PhysRevMaterials.4.014603>
10. Vurgaftman I, Meyer JR, Ram-Mohan LR. Band Parameters for III–V Compound Semiconductors and Their Alloys. *Journal of Applied Physics*. 2001;89(11):5815–5875. <https://doi.org/10.1063/1.1368156>
11. Varshni YP. Temperature Dependence of the Energy Gap in Semiconductors. *Physica*. 1967;34(1):149–154. [https://doi.org/10.1016/0031-8914\(67\)90062-6](https://doi.org/10.1016/0031-8914(67)90062-6)
12. Средин В.Г., Пашковский М.В. Оптические свойства твердых растворов InAs-InSb. *Физика и техника полупроводников*. 1975;9(3):436–441.
13. Woolley JC, Warner J. Optical Energy-Gap Variation in InAs–InSb Alloys. *Canadian Journal of Physics*. 1964;42(10):1879–1885. <https://doi.org/10.1139/p64-176>
14. Fang ZM, Ma KY, Jaw DH, Cohen RM, Stringfellow GB. Photoluminescence Of Insb, Inas, And Inassb Grown by Organometallic Vapor Phase Epitaxy. *Journal of Applied Physics*. 1990;67(11):7034–7039. <https://doi.org/10.1063/1.345266>

Об авторах:

Александр Владимирович Соломаха, студент кафедры «Физика» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), flowers23@yandex.ru

Инна Григорьевна Попова, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Физика» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), inna111109@rambler.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Alexandr V. Solomakha, Student of the Physics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), flowers23@yandex.ru

Inna G. Popova, Associate Professor of the Physics Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), inna111109@rambler.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004.942

Математическое моделирование трёхвидовой системы «Chironomidae – Mnemiopsis – Beroe» с температурной зависимостью и пространственной диффузией

А.А. Писаренко

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Разработана математическая модель динамики трех трофически связанных гидробионтов Черного моря — бентосных личинок комаров-звонцов *Chironomidae*, инвазивного гребневика-фильтратора *Mnemiopsis leidyi* и его облигатного хищника *Beroe ovata*. В модели учитываются емкость среды, температурная зависимость параметров, описываемая колоколообразной функцией и сезонной гармоникой, а также пространственная диффузия. Использована иерархия модельных представлений: двухвидовая система «жертва — хищник», трехвидовая модель с тремя сценариями питания *Beroe*, температурно-зависимая модификация и пространственная модель, основанная на уравнениях реакции-диффузии. Численное интегрирование выполнено методом Рунге — Кутты 4-го порядка и явной конечно-разностной схемой. Установлено, что строгая специализация *Beroe* снижает амплитуду колебаний *Mnemiopsis* на 60 %, а повышение температуры на 2 °С увеличивает ее равновесную численность на 25 %. Пространственная модель воспроизводит трехзонную структуру распределения видов. Программная реализация на языке Python обеспечивает погрешность численных методов не выше 0,12 %. Разработанная система может быть использована для прогнозирования всплесков численности *Mnemiopsis* и оценки последствий климатических изменений.

Ключевые слова: математическое моделирование, популяционная динамика, уравнения Лотки–Вольтерры, температурная зависимость, реакция-диффузия, *Chironomidae*, *Mnemiopsis*, *Beroe*, Чёрное море

Для цитирования. Писаренко А.А. Математическое моделирование трёхвидовой системы «Chironomidae – Mnemiopsis – Beroe» с температурной зависимостью и пространственной диффузией. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):65–70.

Mathematical Modeling of “Chironomidae – Mnemiopsis – Beroe” Three-Species System Based on Temperature Dependence and Spatial Diffusion

Anastasia A. Pisarenko

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

A mathematical model was developed to describe the population size dynamics of three trophically linked Black Sea aquatic organisms: benthic chironomid larvae (*Chironomidae*), the invasive filter-feeding ctenophore (*Mnemiopsis leidyi*), and its obligate predator (*Beroe ovata*). The model took into account the carrying capacity, temperature dependence of the parameters (described by a bell-shaped function and a seasonal harmonic), and spatial diffusion. Hierarchical representation of models was used: a two-species “prey-predator” system, a three-species model with three feeding scenarios for *Beroe*, a temperature-dependent modification, and a spatial model based on reaction-diffusion equations. Numerical integration was performed using the fourth-order Runge-Kutta method and an explicit finite-difference scheme. It was found that narrow specialization of *Beroe* reduces the fluctuation amplitude in *Mnemiopsis* population by 60%, whereas a 2°C temperature rise increases its equilibrium population size by 25%. The spatial model reproduces a three-zone pattern of species distribution. The Python-based software ensures a numerical method error in proportion of no more than 0.12%. The developed system can be used for predicting *Mnemiopsis* population outbreaks and assessing the climate change effects.

Keywords: mathematical modeling, population size dynamics, Lotka–Volterra equations, temperature dependence, reaction-diffusion, *Chironomidae*, *Mnemiopsis*, *Beroe*, the Black Sea

For citation. Pisarenko AA. Mathematical Modeling of “Chironomidae – Mnemiopsis – Beroe” Three-Species System Based on Temperature Dependence and Spatial Diffusion. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):65–70.

Введение. Черноморская экосистема в последние десятилетия подвергается нарастающей антропогенной нагрузке, последствия которой проявляются в перестройке видового состава, изменении биомассы отдельных групп организмов и нарушении сложившихся трофических связей [1]. Наиболее выраженные изменения произошли после вселения чужеродных видов в 1980–1990-х годах [2].

В рамках настоящей работы рассматриваются три трофически взаимосвязанные группы гидробионтов: бентосные личинки комаров-звонцов (*Chironomidae*), а также два вида гребневиков пелагиали — хищник-фильтратор *Mnemiopsis leidyi* и его облигатный хищник *Beroe ovata* [3]. Трофическая цепь «*Chironomidae* — *Mnemiopsis* — *Beroe*» объединяет бентосный и пелагический компоненты экосистемы [4].

Количественная оценка динамики указанных групп возможна с использованием математического моделирования, которое позволяет за ограниченное время проанализировать широкий диапазон сценариев, а также варьировать температурный режим, пищевую обеспеченность и интенсивность хищничества [5].

Цель работы — разработка автоматизированной системы моделирования динамики популяций *Chironomidae*, *Mnemiopsis* и *Beroe* на основе модифицированных уравнений типа «хищник–жертва» с учетом емкости среды, температурной зависимости параметров и пространственного распределения организмов.

Материалы и методы. В основу исследования положена модифицированная система уравнений Лотки — Вольтерры. Двухвидовая модель «*Chironomidae* — *Mnemiopsis*» имеет следующий вид [6]:

$$\begin{cases} \frac{dC}{dt} = r_C C \left(1 - \frac{C}{K_C}\right) - \alpha_{CM} C, \\ \frac{dM}{dt} = \beta_{MC} \alpha_{CM} CM - m_M M, \end{cases} \quad (1)$$

где r_C — удельная скорость роста *Chironomidae*; K_C — несущая ёмкость среды; α_{CM} — коэффициент эффективности потребления личинок *Mnemiopsis*; β_{MC} — безразмерный коэффициент конверсии биомассы жертвы в прирост хищника; m_M — коэффициент естественной смертности *Mnemiopsis*.

Трёхвидовая модель с участием *Beroe* (В) для сценария строгой пищевой специализации [7]:

$$\begin{cases} \frac{dC}{dt} = r_C C \left(1 - \frac{C}{K_C}\right) - \alpha_{CM} CM, \\ \frac{dM}{dt} = \beta_{MC} \alpha_{CM} CM - \alpha_{MB} MB - m_M M, \\ \frac{dB}{dt} = \beta_{BM} \alpha_{MB} MB - m_B B, \end{cases} \quad (2)$$

где α_{MB} — коэффициент хищничества *Beroe* на *Mnemiopsis*; β_{MB} — коэффициент конверсии; m_B — смертность *Beroe*.

Температурная зависимость параметров введена через колоколообразную функцию с оптимумом [8]:

$$r(T) = r_{\max} \times \exp \left[-\frac{(T - T_{\text{opt}})^2}{2\sigma^2} \right]. \quad (3)$$

Сезонный ход температуры поверхностного слоя Чёрного моря аппроксимируется гармоникой [4]:

$$T(t) = T_{cp} + A \sin \left(\frac{2\pi t}{365} - \varphi \right), \quad (4)$$

где $T_{cp} \approx 15^\circ\text{C}$, $A \approx 8^\circ\text{C}$.

Пространственная модель построена на уравнениях реакции-диффузии в одномерном приближении вдоль координаты x от берега в открытое море [9]:

$$\begin{cases} \frac{\partial C}{\partial t} = D_C \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + f_C(C, M), \\ \frac{\partial M}{\partial t} = D_M \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + f_M(C, M, B), \\ \frac{\partial B}{\partial t} = D_B \frac{\partial^2 B}{\partial x^2} + f_B(M, B), \end{cases} \quad (5)$$

где D_C , D_M , D_B — коэффициенты горизонтальной диффузии; f_C , f_M , f_B — кинетические члены, соответствующие «точечной» трёхвидовой модели.

Параметры модели обоснованы данными многолетних натурных наблюдений 2013–2025 гг. [3]. Базовые значения приведены в таблице 1.

Таблица 1

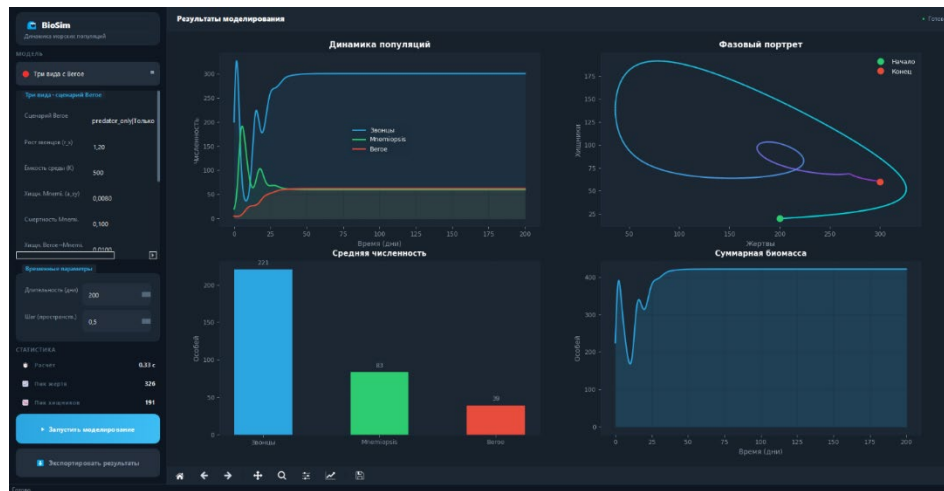
Параметры моделей динамики популяций

Параметр	Обозн.	Биологический смысл	Баз. значение (усл. ед.)	Диапазон (усл. ед.)	Источник
Скорость роста <i>Chironomidae</i>	r_C	Удельная скорость роста личинок	0,12	0,05–0,25	[2,7]
Ёмкость среды для <i>Chironomidae</i>	K_C	Предельная численность	100	50–200	[2,4]
Хищничество <i>Mnemiopsis</i> на <i>Chironomidae</i>	α_{CM}	Эффективность потребления личинок	0,005	0,001–0,015	[4]
Конверсия <i>Mnemiopsis</i>	β_{MC}	КПД усвоения биомассы жертвы	0,2	0,1–0,4	[1,4]
Хищничество <i>Beroe</i> на <i>Mnemiopsis</i>	α_{MB}	Эффективность потребления <i>Mnemiopsis</i>	0,008	0,002–0,020	[4]
Конверсия <i>Beroe</i>	β_{MB}	КПД усвоения биомассы <i>Mnemiopsis</i>	0,25	0,1–0,4	[1,4]
Смертность <i>Mnemiopsis</i>	m_M	Естественная убыль <i>Mnemiopsis</i>	0,05	0,02–0,15	[1,5]
Смертность <i>Beroe</i>	m_B	Естественная убыль <i>Beroe</i>	0,04	0,02–0,10	[2]
Оптимальная температура <i>Mnemiopsis</i>	T_{optM}	Температура максимального размножения	23	20–26 °C	[5]
Оптимальная температура <i>Chironomidae</i>	T_{optC}	Температурный оптимум развития личинок	19	16–22 °C	[7]
Коэффициент диффузии <i>Chironomidae</i>	D_C	Пространственная подвижность личинок	5×10^{-4}	10^{-4} – 10^{-3}	[9]
Коэффициент диффузии <i>Mnemiopsis</i>	D_M	Пространственная подвижность	0,05	0,01–0,20	[9]
Коэффициент диффузии <i>Beroe</i>	D_{BM}	Пространственная подвижность	0,04	0,01–0,15	[9]

Численное интегрирование систем обыкновенных дифференциальных уравнений выполнено методом Рунге — Кутты 4–5-го порядка (*solve_ivp*, *scipy*) с абсолютной и относительной погрешностью 10^{-6} [11]. Пространственная задача решалась с применением явной конечно-разностной схемы и проверкой устойчивости по критерию Куранта—Фридрихса — Леви [12].

Результаты исследования. В работе сопоставлялись три сценария питания *Beroe*: строгая специализация на *Mnemiopsis*, расширенный рацион, включающий также потребление *Chironomidae*, и внутригильдийное хищничество. Начальные условия моделирования были заданы следующим образом: *Chironomidae* — 40 усл. ед., *Mnemiopsis* — 60 усл. ед., *Beroe* — 5 усл. ед., температура — 22 °C.

При строгой специализации (рис. 1) система демонстрирует затухающие колебания с последующим выходом на устойчивое равновесное состояние: *Mnemiopsis* $\approx$ 12 усл. ед., *Beroe* $\approx$ 8 усл. ед., *Chironomidae* $\approx$ 45 усл. ед. Амплитуда колебаний численности *Mnemiopsis* сокращается с 50 до 15 усл. ед., что соответствует снижению на 60 %. При расширенном рационе численность *Chironomidae* уменьшается ниже 5 усл. ед. к 80-м суткам, при этом система не достигает стационарного состояния. В связи с этим сценарий строгой специализации принят в качестве базового.

Рис. 1. Трёхвидовая модель с *Beroe*

Анализ чувствительности проводился методом однофакторного варьирования. Наибольшее влияние на динамику *Mnemiopsis* оказывают три параметра: α_{MB} , α_{CM} и t_M . Удвоение α_{MB} снижает равновесную численность *Mnemiopsis* на 65 %. Увеличение α_{CM} на 50 % повышает численность *Mnemiopsis* на 40 %. Температурный оптимум $T_{opt}M$ показывает коэффициент чувствительности 0,35 (рис. 2).

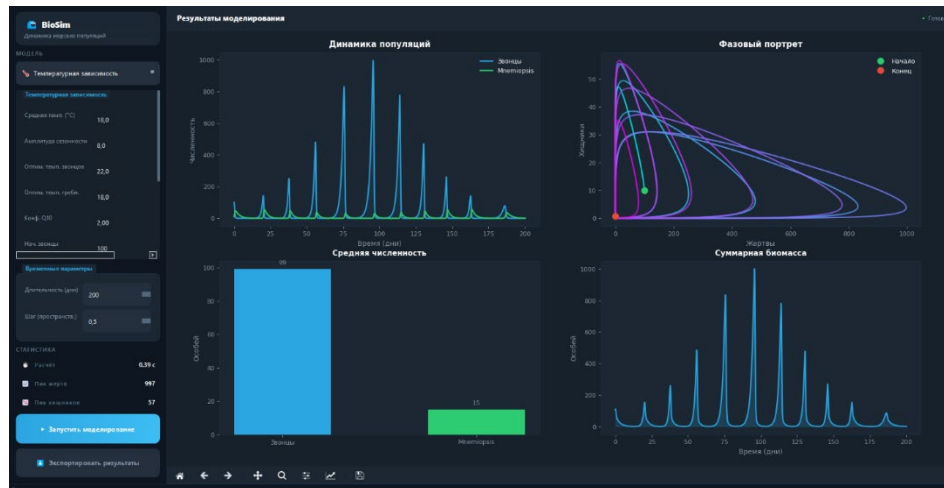


Рис. 2. Температурная модель

Пространственная динамика (рис. 3) рассчитана для разреза «прибрежная зона — открытое море» протяжённостью 100 км.

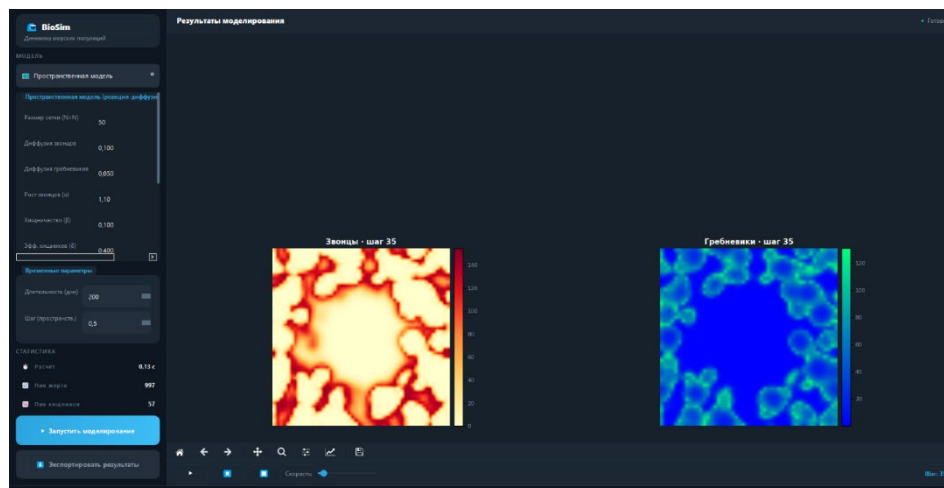


Рис. 3. Анимация пространственной модели

К концу первого года расчетов на пространственной карте отчетливо выделяются три зоны. В прибрежной полосе (0–15 км) численность *Chironomidae* достигает 50–70 усл. ед., что характерно для эвтрофных биотопов. В переходной области (15–40 км) доминирующее положение занимает *Mnemiopsis* (20–25 усл. ед.), тогда как численность *Beroe* фиксируется на уровне 10–15 усл. ед. За пределами 40 км, в открытой части акватории, для всех трех групп отмечаются крайне низкие показатели — менее 5 усл. ед. Сходное зональное распределение неоднократно описывалось для крымского шельфа [4]. Это служит косвенным подтверждением адекватности разработанной модели [10].

Проверка численной схемы проведена на двух тестовых задачах — изолированном логистическом росте популяции и вырождении хищника. Отклонение расчетных значений от аналитических решений составило 0,12–0,2 %, а расхождение по равновесной численности с эталонными сценариями не превысило 5 %. При этом длительность одного расчетного прогона составляет не более 2–3 секунд, что делает алгоритм пригодным для выполнения многовариантных расчетов.

Заключение. Сопоставление результатов моделирования с многолетними рядами наблюдений (2013–2025 гг.) показало высокую степень сходимости. Сезонные пики численности *Mnemiopsis* регистрируются в июле–августе, а увеличение численности *Beroe* происходит с задержкой в 4–6 недель, что полностью согласуется с полевыми данными. Количественно установлено, что присутствие специализированного хищника верхнего трофического уровня снижает амплитуду колебаний численности жертвы на 60 %. Кроме того, при повышении температуры на 2 °C равновесная плотность *Mnemiopsis* возрастает на 25 %, что является существенным фактором при оценке климатических рисков.

Вместе с тем необходимо отметить ограничения предлагаемой модели. Диффузионный перенос описан без учета адвекции, температурные зависимости аппроксимированы простыми аналитическими выражениями, а шаг пространственной сетки остается фиксированным. Однако даже в таком виде модель может применяться в системах экологического мониторинга для оперативного прогнозирования вспышек численности *Mnemiopsis* и оценки последствий потепления в прибрежных водах.

В дальнейшем предполагаются интеграция расчетного ядра с ГИС-платформами для привязки к реальной батиметрии и полям течений, автоматическая калибровка параметров по спутниковым данным, а также адаптация метода к распределенным вычислительным средам с использованием федеративного обучения, что позволит действовать более полные массивы данных без их централизации.

Список литературы

1. Зайцев Ю.П. *Введение в экологию Чёрного моря*. Одесса: Эвен; 2006. 221 с.
2. Shiganova TA, Dumont HJ, Sokolsky AF, Kamakin AM, Tinenkova D, Kurasheva EK. Population Dynamics of *Mnemiopsis leidyi* in the Caspian Sea, and Effects on the Caspian Ecosystem. In: Dumont H, Shiganova TA, Niemann U. (Eds.). *Proceedings of the Conference “Aquatic Invasions in the Black, Caspian, and Mediterranean Seas”*. Nato Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences. Vol 35. Dordrecht: Springer; 2004. P. 71–111. https://doi.org/10.1007/1-4020-2152-6_3
3. Копий В.Г., Бондаренко Л.В. Макрозообентос мелководья юго-восточной части Каркинитского залива (Черное море). *Вопросы рыболовства*. 2021;22(1):34–48.
4. Finenko GA, Datsyk NA, Anninsky BE. State and Dynamics of Ctenophores *Mnemiopsis leidyi* and *Beroe ovata* on the Crimean Shelf of the Black Sea in 2013–2021. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2025;16:133–145. <https://doi.org/10.1134/S2075111724700681>
5. Кириллов А.Н. Периодическое управление биосообществом и гомеоморфизмы окрестности. *Чебышевский сборник*. 2024;25(5):90–112. <https://doi.org/10.22405/2226-8383-2024-25-5-90-112>
6. Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. *Динамические системы и модели биологии*. 2-е изд. Москва: ФИЗМАТЛИТ; 2022. 400 с. URL: https://avmaksimov.ucoz.ru/_ld/1/109_-Bratus_A-Novoz.pdf (дата обращения: 01.06.2026).
7. Финенко Г.А., Романова З.А., Аболмасова Г.И., Аннинский Б.Е. Трофические взаимоотношения в планктонном сообществе Черного моря на современном этапе. *Экология моря*. 2006;71:50–54.
8. Kazmin AS, Shiganova TA. Role of the Variability of Abiotic Environmental Parameters in the Population Dynamics of Invasive Ctenophores in the Black Sea. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2024;15:54–62. <https://doi.org/10.1134/S2075111724010065>
9. Lindmark M, Anderson SC, Thorson JT. Estimating Scale-Dependent Covariate Responses Using Two-Dimensional Diffusion Derived from the Stochastic Partial Differential Equation Method. *Methods in Ecology and Evolution*. 2026;17(1):207–218. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.70177>
10. Finenko GA, Romanova Z, Abolmasova GI, Anninsky BE, Pavlovskaya TV, Bat L, et al. Ctenophores-Invasors and Their Role in the Trophic Dynamics of the Planktonic Community in the Coastal Regions off the Crimean Coasts of the Black Sea (Sevastopol Bay). *Oceanology*. 2006;46(4):472–482. <https://doi.org/10.1134/S0001437006040047>

11. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. *Численные методы*. 8-е изд. Москва: Лаборатория знаний; 2020. 637 с. URL: <https://csc-knu.github.io/numerical-analysis/books/bahvalov-zhidkov-kobelkov-2015.pdf> (дата обращения: 01.06.2026).
12. Самарский А.А. *Теория разностных схем*. 3-е изд. Москва: Наука; 1989. 616 с. URL: <https://djvu.online/file/50MikKzaUyyL9> (дата обращения: 01.06.2026).

Об авторе:

Анастасия Алексеевна Писаренко, студент кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), sstasitaa@gmail.com

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Anastasia A. Pisarenko, Student of the Department of Software for Computing and Automated Systems, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), sstasitaa@gmail.com

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ



УДК 159.07

Ценностно-смысловая сфера студентов первых курсов при различной выраженности трудностей адаптации к учебной группе и учебной деятельности

Е.А. Ворошилова, Е.Г. Денисова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Адаптация студентов-первокурсников представляет собой сложный и многогранный процесс, который нередко сопровождается трудностями, обусловленными освоением новых социальных ролей и обязанностей. Одним из ключевых факторов, определяющих успешность данного процесса, выступает уровень осмысленности жизни. В исследовании приняли участие 105 респондентов в возрасте от 16 до 22 лет, обучающихся на первых курсах гуманитарных направлений подготовки; 88,6 % выборки составили девушки. Психологическое тестирование проводилось с использованием теста смысложизненных ориентаций и опросника «Адаптированность студентов в вузе». Анализ параметров распределения эмпирических данных осуществлялся с применением критерия Шапиро-Уилка; значимость различий оценивалась с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса и апостериорного теста Данна. Установлено, что в группах студентов, различающихся по степени выраженности трудностей адаптации, наблюдаются статистически значимые различия по субшкалам смысложизненных ориентаций.

Ключевые слова: ценностно-смысловая сфера, адаптация к учебной деятельности, адаптированность студентов, смысложизненные ориентации, обучающиеся первых курсов

Для цитирования. Ворошилова Е.А., Денисова Е.Г. Ценностно-смысловая сфера студентов первых курсов при различной выраженности трудностей адаптации к учебной группе и учебной деятельности. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):71–75.

The Value-Meaning Attitudes in First-Year Students with Different Degree of Expressed Difficulties in Adaptation to the Study Group and Academic Activities

Ekaterina A. Voroshilova, Ekaterina G. Denisova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

Adaptation of first-year students is a complicated and multifaceted process often accompanied by various difficulties arising from the need to undertake new social roles and responsibilities. One of the key factors ensuring success in this process is the degree of meaningful understanding of life. The study involved 105 respondents aged from 16 to 22, the first-year students of Humanities programs; 88.6% of the sample were young women. Psychological testing was conducted using the Life-Meaning-Orientations test and Student Adaptation to University questionnaire. The analysis of the distribution of empirical data parameters was performed according to the Shapiro-Wilk test, the significance of the differences was assessed using the nonparametric Kruskal-Wallis test and Dunn's post hoc test. In the groups of students with different degree of adaptation difficulty expression, significant differences were found within the life-meaning-orientation subscales.

Keywords: value-meaning attitudes, adaptation to academic activity, student adaptability, life-meaning orientations, first-year students

For Citation. Voroshilova EA, Denisova EG. The Value-Meaning Attitudes in First-Year Students with Different Degree of Expressed Difficulties in Adaptation to the Study Group and Academic Activities. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):71–75.

Введение. Переход от этапа школьного обучения к академической среде вуза может вызывать у студентов первых курсов ряд трудностей, связанных не только с освоением новых социальных ролей и изменением окружения, но и с началом периода ранней взрослости. Оказываясь в новой социальной среде, студент-первокурсник усваивает смыслы и ценности, характерные для данных условий, принятие которых, в свою очередь, способствует как его успешной адаптации, так и дальнейшему личностному развитию. Так, Д.А. Леонтьев в своей работе [1] отмечает, что в условиях изменяющейся социальной среды человек стремится смоделировать и принять такие смысложизненные ориентации, которые могут способствовать его самоопределению и адаптации в различных системах взаимодействия. Личностные ценности, формирующиеся на основе индивидуальной компетентности субъекта, отражают не только динамические характеристики индивида, но и перманентные элементы социального и универсального человеческого опыта. Таким образом, каждый индивид имеет право определять направление собственного бытия, при этом стремясь сделать данный процесс осмысленным и значимым. И.В. Абакумова определяет индивидуальную смыслообразующую стратегию как систему личностных образований индивида, сформировавшуюся в ходе онтогенеза на основе ментального опыта и способную оптимизировать активность субъекта во взаимодействии с объективной действительностью [2]. По мнению автора, индивидуальная смыслообразующая стратегия проявляется в отношении к цели, процессу и результату деятельности, а также к жизни в целом и самому себе. Е.А. Климов в своей периодизации развития человека выделяет возрастную группу 18–20 лет и относит ее к стадии адепта, отмечая, что в данный период происходит переход от общего образования к профессиональному, а также осваиваются базовые и фундаментальные характеристики выбранной профессии [3]. Данные положения позволяют считать, что ценностно-смысловая сфера выступает одним из ресурсов успешного перехода в новую социальную среду и может рассматриваться в качестве предиктора эффективности адаптации в ней.

В этой связи целью исследования стало изучение взаимосвязи между показателями смысложизненных ориентаций студентов первых курсов и уровнем адаптированности к учебной деятельности и учебной группе. Гипотеза исследования была сформулирована следующим образом: характеристики ценностно-смысловой сферы студентов первых курсов, а именно субшкалы смысложизненных ориентаций, вероятно, связаны с показателями адаптивности к учебной деятельности и учебной группе.

Материалы и методы. Исследование проведено на выборке из 105 респондентов в возрасте 16–22 лет, среди которых 11,4 % составили юноши и 88,6 % — девушки. Выборку составили студенты первых курсов факультета «Психология, педагогика и дефектология» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет». Опрос респондентов проводился очно в электронном формате. Участие в исследовании являлось добровольным. Все респонденты были уведомлены о целях исследования и способах представления его результатов.

Для диагностики особенностей ценностно-смысловой сферы индивида, а именно субшкал смысложизненных ориентаций, был использован «Тест смысложизненных ориентаций» Дж. Крамбо и Л. Махолика в адаптации Д.А. Леонтьева [4]. С целью изучения уровня адаптированности студентов первых курсов к учебной группе и учебной деятельности применялся опросник «Адаптированность студентов в вузе» Т.Д. Дубовицкой [5].

Анализ параметров распределения эмпирических данных выполнен по критерию Шапиро-Уилка; однофакторный дисперсионный анализ осуществлялся с использованием непараметрического критерия Краскела-Уоллиса и апостериорного теста попарного сравнения по методу Данна. Статистическая обработка проводилась с применением программного пакета JASP версии 0.95.3.

Результаты исследования. Для учета совместного влияния ценностно-смысловой сферы студентов, представленной субшкалами смысложизненных ориентаций, на адаптированность к учебной группе и учебной деятельности были сформированы следующие группы (таблица 1):

- группа 1 — 23 человека (2 юноши, 21 девушка; средний возраст — 17,6 лет) с высокими показателями по шкалам «Адаптированность к учебной группе» и «Адаптированность к учебной деятельности»;
- группа 2 — 3 человека (1 юноша, 2 девушки; средний возраст — 18,3 лет) с высокими показателями по шкале «Адаптированность к учебной группе» и низкими показателями по шкале «Адаптированность к учебной деятельности»;
- группа 3 — 70 человек (8 юношей, 62 девушки; средний возраст — 17,7 лет) с низким показателем по шкале «Адаптированность к учебной группе» и высоким показателем по шкале «Адаптированность к учебной деятельности»;
- группа 4 — 9 человек (1 юноша, 8 девушек; средний возраст — 18,5 лет) с низкими показателями по исследуемым шкалам.

Таблица 1

Результаты попарного сравнения

Средние по группам					Значимость различий (Краскал-Уоллис тест)		Результаты попарного сравнения по методу Данна		
№	1	2	3	4	H	p	Группы сравнения	z	p
Процесс жизни	28,8	27,8	31,9	27,5	9.9	0.019	1-2	1.129	0.259
							1-3	-1.974	0.048
							1-4	0.650	0.516
							2-3	-1.976	0.048
							2-4	-0.656	0.520
							3-4	2.058	0.040
Результативность жизни	25,6	25,2	27,1	24,7	8.4	0.038	1-2	1.477	0.140
							1-3	-1.453	0.146
							1-4	0.757	0.449
							2-3	-2.127	0.033
							2-4	-0.917	0.361
							3-4	1.825	0.068
Локус контроля – Я	20,3	19,9	21,7	18,9	8.7	0.033	1-2	1.261	0.207
							1-3	-1.741	0.082
							1-4	0.591	0.555
							2-3	-2.019	0.043
							2-4	-0.813	0.416
							3-4	1.834	0.067

С целью проверки гипотезы о связи показателей адаптированности к учебной деятельности и учебной группе с особенностями ценностно-смысловой сферы, представленными смысловыми ориентациями студентов первых курсов, были применены непараметрический критерий Краскала-Уоллиса и апостериорный тест попарного сравнения по методу Данна. Статистически значимые различия были выявлены по отдельным субшкалам смысловых ориентаций; соответствующие результаты представлены ниже.

Локус контроля — Я. В данном случае можно отметить наибольший разброс показателей в группе 2, что связано с малым объемом выборки; данная закономерность прослеживается по всем шкалам. Вместе с тем по результатам попарного сравнения установлено, что достоверные различия наблюдаются между группами 2 и 3. Это свидетельствует о том, что студенты, обладающие достаточной свободой выбора для построения жизни в соответствии со своими целями и представлениями о ее смысле, не испытывают выраженных трудностей в адаптации к учебной деятельности (рис. 1).

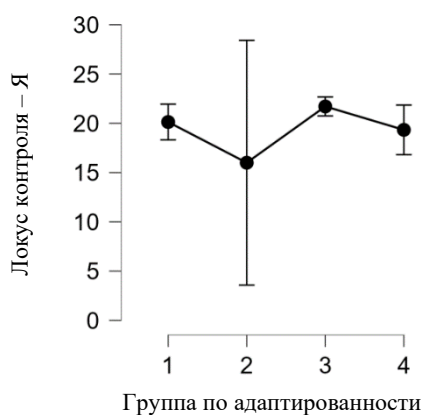


Рис. 1. Оценка достоверности различий между уровнями адаптированности по шкале «Локус контроля – Я»

По шкале «Результативность жизни» выявлены статистически значимые различия между группами 2 и 3. Следует также отметить, что наиболее высокие значения по данной шкале зафиксированы у студентов третьей группы. Наименьший разброс показателей также наблюдается в этой группе. Следовательно, можно заключить, что студенты, воспринимающие собственную жизнь как целенаправленную и осмысленную, демонстрируют более выраженную способность к адаптации в условиях учебного процесса (рис. 2).

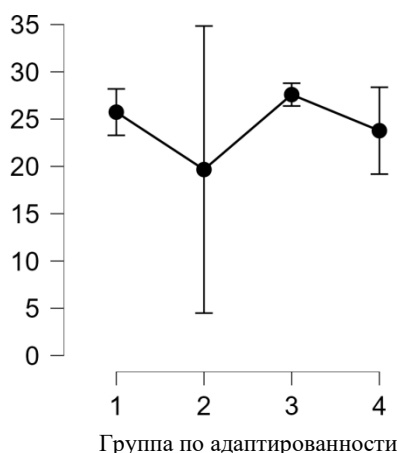


Рис. 2. Оценка достоверности различий между уровнями адаптированности по шкале «Результативность жизни»

По шкале «Процесс жизни» выявлены значимые различия между группами 1–3; 2–3; 3–4. Более высокий показатель по шкале процесс жизни зафиксирован в третьей группе студентов, что говорит о том, что студенты, воспринимающие процесс своей жизни как интересный, эмоционально насыщенный и наполненный смыслом не испытывают трудностей в адаптации к учебной деятельности (рис. 3).

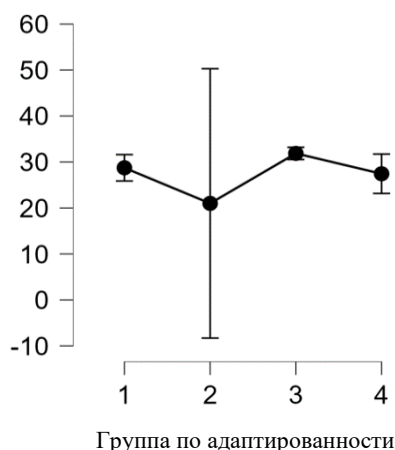


Рис. 3. Оценка достоверности различий между уровнями адаптированности по шкале «Процесс жизни»

Заключение. Таким образом, в ходе исследования были выявлены статистически значимые различия между группами студентов с различными типами адаптации. С помощью процедуры попарного сравнения установлено, что третья группа достоверно отличается от остальных групп. Кроме того, полученные результаты подтверждают значимость таких компонентов ценностно-смысловой сферы, как процесс жизни, результативность жизни, локус контроля — Я, у студентов первых курсов в период адаптации к учебной деятельности. Установлено, что адаптированность к учебной деятельности и адаптированность к учебной группе частично связаны с выбранными в рамках исследования сегментами ценностно-смысловой сферы студентов первых курсов. Вместе с тем отдельные группы, включенные в выборку, являются малочисленными, что обуславливает необходимость дальнейшего сбора эмпирических данных и продолжения изучения ценностно-смысловой сферы студентов первых курсов.

Список литературы

1. Леонтьев Д.А. *Психология смысла: природа, строение и динамика смысловой реальности*. Москва: Смысл; 2003. 487 с.
2. Абакумова И.В., Ермаков П.Н., Косикова Л.В. *Смысловая сфера подростков: особенности развития в условиях включенного обучения: монография*. Москва: КРЕДО; 2016. 116 с.

3. Климов Е.А. *Психология профессионального самоопределения*. Москва: Академия; 2010. 304 с.

4. Леонтьев Д.А. *Методика изучения ценностных ориентаций*. Москва: Смысл, 1992. 17 с.

5. Дубовицкая Т.Д., Крылова А.В. Методика исследования адаптированности студентов в вузе. *Психологическая наука и образование*. 2010;2(2). URL: https://psyjournals.ru/journals/psyedu/archive/2010_n2/27814 (дата обращения: 07.10.2025).

Об авторах:

Екатерина Александровна Ворошилова, преподаватель кафедры «Психофизиология и клиническая психология» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), vorchukova@bk.ru

Екатерина Геннадьевна Денисова, доцент, кандидат психологических наук, исполняющий обязанности заведующего кафедрой «Психофизиология и клиническая психология» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), edenisova@donstu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Ekaterina A. Voroshilova, Lecturer of the Psychophysiology and Clinical Psychology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), vorchukova@bk.ru

Ekaterina G. Denisova, Cand.Sci.(Psychology), Associate Professor of the Psychophysiology and Clinical Psychology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), edenisova@donstu.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ



УДК 376.37

Комплексный подход к развитию моторных функций у старших дошкольников с ОНР с использованием логоритмики

З.Н. Мирзоева, М.Л. Скуратовская

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрена проблема роста числа старших дошкольников с речевыми и моторными нарушениями, затрудняющими обучение и социализацию. Поставлен вопрос об эффективности логопедической ритмики в коррекции психомоторных функций у детей с общим недоразвитием речи. Проведено экспериментальное исследование 29 воспитанников подготовительной группы с использованием методики Г.А. Волковой, систематизированы логоритмические упражнения и разработан коррекционный план. Выявлена положительная динамика координации движений, речи, внимания, работоспособности и самоконтроля. Сделан вывод о результативности интеграции музыки, движения и речи. Материал важен для специалистов, работающих с дошкольниками с ОНР.

Ключевые слова: логопедическая ритмика, моторные функции, старший дошкольный возраст, комплексный подход, коррекционная работа

Для цитирования. Мирзоева З.Н., Скуратовская М.Л. Комплексный подход к развитию моторных функций у старших дошкольников с ОНР с использованием логоритмики. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):76–79.

A Comprehensive Approach to Development of Motor Functions in Senior Preschoolers with Developmental Language Disorder Using Rhythmic Speech Therapy

Zarrina N. Mirzoeva, Marina L. Skuratovskaya

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies the problem of increased number of senior preschoolers with speech and motor disorders that impede learning and socialization of children. The efficiency of rhythmic speech therapy in remediation of psychomotor functions in children with developmental language disorder (DLD) was investigated. Using G.A. Volkova's methodology, the experimental study was conducted among 29 preschoolers. The rhythmic speech therapy exercises were systematized, and a remedial work plan was developed. Positive dynamics in development of motor coordination, speech, attention, working capacity, and self-control was found. The conclusion about efficiency of integrating music, movement, and speech was made. The research findings are significant for professionals working with the preschoolers with developmental language disorder.

Keywords: rhythmic speech therapy, motor functions, senior preschooler, comprehensive approach, remedial work

For citation. Mirzoeva ZN, Skuratovskaya ML. A Comprehensive Approach to Development of Motor Functions in Senior Preschoolers with Developmental Language Disorder Using Rhythmic Speech Therapy. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):76–79.

Введение. Количество детей с нарушениями речевых и моторных функций имеет тенденцию к увеличению. Рост данных показателей связан не только с ухудшением состояния здоровья детского населения, но и с совершенствованием методов диагностики, а также технологий выхаживания глубоко недоношенных детей. Причины указанной тенденции носят комплексный характер и могут включать генетические факторы, внутриутробные патологии, перинатальные и ранние постнатальные поражения центральной нервной системы, а также изменения образа жизни и влияние экологических факторов.

Дети с нарушениями речевых и моторных функций нередко испытывают трудности в обучении, взаимодействии с окружающим миром и формировании социальных навыков. Одним из наиболее сложных нарушений является общее недоразвитие речи, которое, как правило, имеет органическую природу и сопровождается расстройствами моторной сферы. Такие дети часто нуждаются в поддержке специалистов — педагогов, психологов, логопедов, — а также в индивидуализации содержания, методов обучения и воспитания. Одним из комплексных методов, обладающих выраженной коррекционно-развивающей направленностью, является логопедическая ритмика. Она основывается на интеграции развивающего воздействия музыки, движения и речи. Логоритмические занятия позволяют регулировать мышечный тонус, развивать общую и мелкую моторику, формировать правильное дыхание, а также согласовывать движение и речь, подчиняя их единому ритму. Логоритмика способствует развитию плавности и мелодичности речи, музыкального и фонематического слуха, активизации внимания и памяти.

Средствами логопедической ритмики являются: ходьба и маршировка в различных направлениях; упражнения на развитие дыхания, голоса и артикуляции; упражнения, направленные на регуляцию мышечного тонуса; задания, активизирующие внимание; счетные упражнения, формирующие чувство музыкального темпа; ритмические упражнения; пение; самостоятельная музыкальная деятельность детей с речевыми нарушениями; игровая деятельность; упражнения для развития творческой инициативы [1].

Логопедическая ритмика применяется при различных формах речевой патологии, в том числе при работе с детьми с общим недоразвитием речи.

Целью нашего исследования явилась экспериментальная апробация методов и средств логоритмики, направленных на коррекцию нарушенных моторных функций у старших дошкольников с ОНР.

Основная часть. Экспериментальное исследование проводилось в МБДОУ № 142 г. Ростова-на-Дону. В эксперименте приняли участие 29 воспитанников подготовительной группы, у которых был установлен диагноз ЛНР III уровня. В ходе исследования осуществлялась диагностика развития моторных и речевых функций воспитанников экспериментальной группы. С этой целью нами использовалась методика психолого-педагогического обследования детей с нарушениями речи Г.А. Волковой [2]. Результаты оценки состояния психомоторного и речевого развития детей 7-го года жизни заносились в индивидуальную карту. По данным диагностики детей с высоким уровнем развития моторных функций выявлено не было. Для воспитанников были характерны показатели среднего и низкого уровней. У большинства детей общее недоразвитие речи было обусловлено клиническим диагнозом — псевдобульбарной дизартрией.

У детей со средним уровнем развития моторных функций при выполнении двигательных проб наблюдались неточность движений, затруднения быстрой переключаемости, недостаточный уровень сформированности моторики пальцев рук, орального праксиса и мимических поз.

Для детей с низким уровнем развития моторных функций были характерны нарушения точности, полноты и координации движений, отмечалась вялость мимической и артикуляционной мускулатуры. Дети часто не понимали инструкции логопеда и не выполняли их.

Для достижения цели исследования нами были систематизированы логоритмические упражнения, способствующие развитию моторных функций. Также был составлен перспективно-тематический план коррекционной работы с использованием средств логоритмики. К числу таких средств, в частности, мы отнесли ходьбу и маршировку, подвижные игры с речевой задачей.

Ходьба и маршировка на логоритмических занятиях, как правило, используются в начале занятия. Особенно сильно данных упражнений является сочетание ходьбы с музыкой и речью, что способствует совершенствованию движений, развитию координации речевых и моторных функций у детей. Воспитанники учатся изменять направление и темп движения в зависимости от характера музыкального сопровождения, а также согласовывать движения с речью. Помимо ходьбы, используются упражнения на перешагивание через предметы, расположенные на полу: спортивные палки, канат, мягкие модули.

Подвижные игры всегда вызывают интерес у детей дошкольного возраста. Они направлены на развитие общей и мелкой моторики, физиологического и речевого дыхания, способствуют координации речи с движениями, а также формируют такие физические качества, как быстрота, сила, выносливость, ловкость, гибкость. По содержанию двигательного и речевого материала подвижные игры делятся на сюжетные, несюжетные и игры с элементами спорта [2; 6].

Подвижные игры с логопедом в подготовительной группе для детей 6–7 лет направлены на развитие общей и мелкой моторики, координации речи с движением, речевого дыхания и фонематического слуха. Все подвижные игры можно разделить на четыре группы с учетом примерной психофизической нагрузки.

— 1 группа. «Ухо-нос». Дети сидят или стоят. Нужно хлопнуть перед собой в ладоши, взять правой рукой свое левое ухо, а левой — нос. Затем снова хлопнуть в ладоши и взять правой нос, а левой — правое ухо, и так несколько раз. Кто меньше ошибался, тот выигрывает и назначается ведущим в следующей игре.

– 2 группа. «Метание мешочков». Дети сидят на стульях, каждый по очереди становится на линию, прочерченную на расстоянии 3–4 метра от стула, и бросает на него один за другим три мешочка так, чтобы каждый из них остался лежать на стуле. Затем он передает мешочки следующему, который также бросает мешочки, и т.д. Выигрывает тот, у кого больше точных попаданий.

3 группа. «Послушный мяч». Дети лежат на ковре, вытянувшись на спине, между ногами у них зажат мяч. Нужно перевернуться на живот, не выронив мяча. Повторить 4–6 раз:

Вот какой послушный мяч! Повернись и оглянись!

Между ног его запрячь. Мячик, на пол не катись!

4 группа. «Скок-скок-скок». Дети прыгают поочередно на одной и другой ноге, потом встают, поджав одну ногу, как аист, затем встают на четвереньки и скачут, как лягушки, 5–6 м. В конце игры нужно проскакать на обеих ногах, держа руки на поясе. Одна часть детей говорит текст, другая выполняет движения, затем дети меняются ролями.

Мы скачем по дорожке, То уже не аист-птица,

Сменяя часто ножки. То лягушечка-квакушечка,

Поскакали, поскакали, «Ква-ква-ква!» — кричит подружкам.

А потом, как аист, встали. Скок, скок, скок, скок,

Подойдите посмотрите! Проскакал я, сколько смог.

В результате эксперимента, в ходе которого осуществлялась апробация модели коррекции нарушений психомоторики у детей 7-го года жизни с ОНР, была выявлена положительная динамика и подтверждена эффективность разработанных педагогических условий. Как показали результаты исследования, интеграция речевой и двигательной активности в процессе специально организованных занятий, проводимых логопедом и другими специалистами, прежде всего оказала влияние на координацию движений рук и ног, однако нарушения мелкой моторики сохранялись более длительное время. Самоконтроль движений артикуляционного аппарата у ребенка формировался при активном словесном сопровождении педагогами движений губ и языка в процессе совместного проговаривания или пропевания слов. Следует отметить, что в момент наивысшей физической и психической активности у ребенка снижалась правильность речи, а при наступлении утомления замедлялись движения, внимание становилось неустойчивым. Игровые упражнения способствовали сохранению внимания и интереса ребенка к выполнению речевых и двигательных заданий.

Эффективность занятий логоритмикой обеспечивалась учетом индивидуальных психологических особенностей детей, уровней развития их психомоторики и речи, а также возможностью включения упражнений в структуру специально организованных занятий. Так, для детей с низким уровнем развития психомоторики рече-двигательные минутки использовались в начале, середине и конце занятия с целью поддержания интереса и стимулирования двигательной активности. Для детей со средним уровнем развития психомоторики было достаточно двух логоритмических упражнений в процессе коррекционного занятия с логопедом — в середине и в конце. До середины занятия данная категория детей могла концентрировать внимание на речевом материале, что позволяло в короткие сроки восстановить звукопроизношение. Однако появление признаков утомления и снижение интереса к речевому материалу приводили к возвращению нарушений звукопроизношения на прежний уровень. Для преодоления данной проблемы у детей со средним уровнем развития психомоторики использовалось чередование логоритмических и изобразительных упражнений, что обеспечивало устойчивость воспроизведения движений и звуков. Следует отметить, что все дети проявляли интерес к логоритмическим упражнениям, хотя возникали и трудности в понимании заданий логопеда, а также отмечалось неумение соотносить речевое содержание с его двигательным компонентом. Это наблюдалось у детей различных уровней: низкого, среднего и достаточного. При этом применялись дополнительные приемы: символы на «калейдоскопе», объяснения, повторное выразительное чтение текста, что стимулировало проявление у детей положительных эмоций и способствовало возвращению к пониманию речевой инструкции. Логоритмические занятия снимали усталость и возвращали ребенку возможность самостоятельно контролировать выполнение речевых упражнений.

Заключение. Подводя итог опытно-экспериментальной работе, можно сделать вывод, что дети, имеющие речевые и психомоторные нарушения, после проведенной коррекции не только демонстрировали положительную динамику изучаемых показателей, но и характеризовались появлением таких качеств личности ребенка 7-го года жизни, как повышение концентрации внимания на словесных инструкциях и объяснениях воспитателя, увеличение работоспособности, стремление к достижению поставленных учебных целей, снижение отвлекаемости на внешние раздражители. По мере исправления нарушений звукопроизношения у детей фактически устранялись и недостатки в развитии психомоторных функций: у многих воспитанников исчезали единичные отклонения в гнозисе и праксисе, а также парциальные двигательные расстройства.

Список литературы

1. Волкова Л.С. *Логопедия для педагогических вузов*. Москва: Советские учебники; 2025. 544 с.
2. Волкова Г.А. *Логопедическая ритмика*. Москва: Просвещение; 1985. 188 с. URL: <https://djvu.online/file/sLECiHznU7LXC?ysclid=msrema1bb7958867599> (дата обращения: 02.04.2026).
3. Жукова Н.С., Мастюкова Е.М., Филичева Т.Б. *Логопедия. Учимся играя*. Екатеринбург: АРТ ЛТД; 1998. 320 с. URL: <https://djvu.online/file/kdWglUclELjd3?ysclid=msrf09buj820834310> (дата обращения: 02.04.2026).
4. Нищева Н.В. *Логопедическая ритмика в системе коррекционно-развивающей работы в детском саду. Музыкальные игры, упражнения, песенки*. Учебно-методическое пособие. Санкт-Петербург: Детство-Пресс; 2014. 96 с.
5. Бернштейн Н.А. *Биомеханика и физиология движений*. Москва: Издательство института практической психологии; Воронеж: НПО МОДЕК; 1997. 608 с.
6. Страковская Л.В. *Подвижные игры в терапии больных и ослабленных детей*. Москва; 1978. 188 с.
7. Волкова Г.А. *Методика психолого-педагогического обследования детей с нарушениями речи. Вопросы дифференциальной диагностики*. Санкт-Петербург: Детство-Пресс; 2025. 5 с.

Об авторах:

Заррина Набичоновна Мирзоева, магистрант кафедры «Дефектология и инклюзивное образование» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), mza.85.80.07@mail.ru

Марина Леонидовна Скуратовская, доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой «Дефектология и инклюзивное образование» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), marinasku@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Zarrina N. Mirzoeva, Master's Degree Student of the Defectology and Inclusive Education Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), mza.85.80.07@mail.ru

Marina L. Skuratovskaya, Dr.Sci. (Pedagogy), Professor, Head of the Defectology and Inclusive Education Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), marinasku@yandex.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ



УДК 376

Теоретические и методические аспекты коррекции дисграфии у детей младшего школьного возраста

В.Ю. Пашкану, Н.Н. Абашина

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В статье рассматриваются современные научные представления о дисграфии как стойком нарушении процесса письма у детей младшего школьного возраста. Проанализированы этиологические факторы, классификационные подходы к описанию нарушений письменной речи, а также основные направления коррекционно-профилактической работы. Особое внимание уделено системному подходу к диагностике и коррекции дисграфии с учетом механизмов ее возникновения. Представлены результаты экспериментального исследования, проведенного с детьми, имеющими ОНР III–IV уровня.

Ключевые слова: дисграфия, младшие школьники, причины дисграфии, классификация дисграфии, коррекция дисграфии, профилактика дисграфии, логопедическая работа, общее недоразвитие речи

Для цитирования. Пашкану В.Ю., Абашина Н.Н. Теоретические и методические аспекты коррекции дисграфии у детей младшего школьного возраста. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):80–84.

Theoretical and Methodological Aspects of Remediation of Dysgraphia in Junior Schoolchildren

Vladislav Y. Pashkanu, Natalia N. Abashina

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies the present-day scientific understanding of dysgraphia as a persistent disorder of writing ability in junior schoolchildren. The etiological factors and classification approaches to definition of written language disorders were analysed, as well as key pathways for remedial and preventive work. Particular attention was paid to a systemic approach to the diagnostics and remediation of dysgraphia, taking into account the mechanisms responsible for its onset. The article presents the results of the experimental study conducted in children with developmental language disorder (DLD) of the III–IV level.

Keywords: dysgraphia, junior schoolchildren, causes of dysgraphia, classification of dysgraphia, remediation of dysgraphia, prevention of dysgraphia, speech therapy, developmental language disorder (DLD)

For Citation. Pashkanu VY, Abashina NN. Theoretical and Methodological Aspects of Remediation of Dysgraphia in Junior Schoolchildren. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):80–84.

Введение. В настоящее время проблема нарушений письма у обучающихся начальной школы остается одной из наиболее актуальных в современной логопедии и специальной педагогике. По данным О.А. Македонской, М.Ю. Елиневской, К.С. Семейкиной, от 2 до 10 % учащихся массовых общеобразовательных школ и до 50 % учеников вспомогательных школ испытывают стойкие трудности в овладении письменной речью, обусловленные дислексией и дисграфией [1]. При этом, как отмечает И.Н. Садовникова, в последние десятилетия прослеживается устойчивая тенденция к увеличению числа детей с указанными нарушениями. Данное обстоятельство связывают как с ухудшением экологической и социальной ситуации, так и с усложнением требований к уровню сформированности письменной речи в условиях внедрения новых образовательных стандартов [2]. Трудности, возникающие на начальном этапе обучения письму, приводят к устойчивой неуспеваемости по многим учебным

предметам, формируют негативное отношение к образовательной деятельности и оказывают неблагоприятное влияние на развитие личности ребенка в целом. В связи с этим проблема своевременной диагностики и эффективной коррекции дисграфии приобретает особую социально-педагогическую значимость, что подтверждается многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных авторов [3].

Основная часть. Письмо представляет собой одну из наиболее сложных и поздно формирующихся высших психических функций. Как указывал Л.С. Выготский, «...к началу обучения письменной речи все основные психические функции, лежащие в ее основе, не закончили и даже еще не начали настоящего процесса своего развития» [4].

Современные представления о психофизиологической структуре письма основываются на исследованиях Л.С. Выготского [4], Р.Е. Левиной [5], А.Р. Лурия [6], Л.С. Цветковой [7] и других авторов, рассматривавших письмо как многоуровневый процесс, включающий ряд операций: мотивацию, замысел, языковой анализ, фонематическое распознавание, графомоторное программирование и реализацию. С нейропсихологической точки зрения письмо обеспечивается согласованной работой трех функциональных блоков мозга: блока регуляции тонуса и бодрствования, блока приема, переработки и хранения информации, а также блока программирования, регуляции и контроля деятельности. Нарушение любого из указанных звеньев может приводить к специфическим трудностям формирования письменной речи, что убедительно показано в работах Т.В. Ахутиной [8].

Дисграфия определяется как частичное специфическое нарушение процесса письма, проявляющееся в стойких повторяющихся ошибках, обусловленных несформированностью высших психических функций, участвующих в обеспечении письменной речи [9]. При дисграфии ребенок переносит в письменную форму имеющиеся нарушения устной речи: дефекты звукопроизношения, недостаточную сформированность фонематического восприятия, ограниченность словарного запаса, аграмматизмы. Это приводит к возникновению специфических ошибок: замен и пропусков букв («лубит» вместо «любит», «письмо» вместо «письмо»), искажений звуко-слоговой структуры слова, слитного написания слов, нарушений границ предложений.

В современной логопедии наибольшее распространение получила классификация, разработанная сотрудниками кафедры логопедии РГПУ им. А.И. Герцена под руководством Р.И. Лалаевой (таблица 1) и уточненная в работах Р.И. Лалаевой и Л.В. Венедиктовой [10]. В данной классификации выделяются пять видов дисграфии: артикуляторно-акустическая, акустическая, возникающая на основе нарушений фонемного распознавания, дисграфия на почве нарушения языкового анализа и синтеза, аграмматическая и оптическая. Дополнительно в рамках нейропсихологического подхода Т.В. Ахутиной рассматриваются регуляторная дисграфия, связанная с дефицитом произвольного контроля, зрительно-пространственная, обусловленная трудностями восприятия пространственных признаков, и кинетическая, проявляющаяся в нарушении серийной организации движений. Указанные варианты нередко сочетаются между собой и с речевыми формами, что обуславливает сложные смешанные картины нарушений.

Таблица 1

Виды дисграфии по Р.И. Лалаевой

Вид дисграфии	Характер ошибок	Пример
Артикуляторно-акустическая	Отражение дефектов произношения на письме (ребенок пишет так, как говорит)	«сапка» вместо «шапка», «лыба» вместо «рыба»
Акустическая (дисграфия на основе нарушений фонемного распознавания)	Замены букв, обозначающих фонетически близкие звуки: звонких–глухих, свистящих–шипящих, аффрикат, твердых–мягких	«дуп» вместо «дуб», «часка» вместо «чашка»
Дисграфия на почве нарушения языкового анализа и синтеза	Пропуски, перестановки, добавления букв и слогов; слитное написание слов; раздельное написание частей слова	«девоча» вместо «девочка», «на столе» вместо «настоле»
Аграмматическая	Нарушения согласования и управления (падежные окончания, род, число), пропуски предлогов, неправильный порядок слов	«белая стула», «пять котов» в значении «пять котов»? «у Миша нет»
Оптическая	Замены и смешения графически сходных букв (рукописных и печатных), зеркальное письмо, пропуски элементов букв	«таблет» вместо «балет» (б/д), «каша» вместо «маша» (к/м?)

Коррекционная работа при дисграфии строится на основе принципов системности, дифференцированного подхода, учета механизмов нарушения и опоры на сохранные звенья функциональной системы письма. Следует подчеркнуть, что, по мнению О.А. Токаревой, успешность преодоления дисграфии во многом определяется ранним выявлением предрасположенности к данному нарушению и организацией целенаправленной пропедевтической работы еще в дошкольный период. Основные направления логопедического воздействия включают [11]:

- развитие фонематического восприятия и навыков фонематического анализа и синтеза — узнавание неречевых звуков, дифференциацию оппозиционных фонем с использованием символов и картинок, определение позиции звука в слове, подбор слов с заданным звуком, фонематический и слоговой анализ. К этому же направлению относится работа по формированию фонематических представлений и слухового контроля за собственной речью;

- формирование языкового анализа и синтеза на уровне предложения, слова и слога — составление схем предложений, определение количества и последовательности слов, придумывание предложений, по опорным словам, выделение ударного слога, звуко-слоговой синтез. Данное направление особенно значимо при дисграфии на почве нарушения языкового анализа, поскольку позволяет преодолевать наиболее частые ошибки: пропуски, перестановки и вставки лишних элементов;

- развитие лексико-грамматического строя речи — уточнение значений слов, обогащение словарного запаса синонимами, антонимами, родственными словами; формирование навыков словоизменения, включая падежные формы, согласование в роде и числе, а также словообразования с использованием суффиксов и приставок; работа над предложно-падежными конструкциями. Такие упражнения способствуют профилактике аграмматизмов на письме и формируют у ребенка языковое чутье;

- коррекцию оптико-пространственных представлений и зрительного гнозиса — узнавание предметов, фигур, букв в усложненных условиях, в том числе наложенных, перечеркнутых, недорисованных изображений; конструирование и реконструирование букв из элементов; дифференциацию оптически сходных букв с опорой на тактильные ощущения и использованием мнемотехник. Как показывают исследования О.Г. Ивановской и соавторов, эффективными приемами в данном направлении являются также графические диктанты, работа с зеркальным отражением, использование объемных букв [12];

- развитие графомоторных навыков и сукцессивных функций — упражнения для совершенствования мелкой моторики, включая пальчиковую гимнастику, штриховку, графические диктанты, тренировку динамического праксиса посредством серий движений, ритмические упражнения. Кроме того, в последнее время все большее внимание уделяется кинезиологическим упражнениям и дыхательной гимнастике, которые способствуют улучшению межполушарного взаимодействия и повышению работоспособности ребенка.

С целью проверки эффективности разработанной системы логопедической работы по коррекции дисграфии было проведено экспериментальное исследование на базе общеобразовательной организации. В исследовании приняли участие 20 обучающихся 2-х классов в возрасте 8–9 лет с общим недоразвитием речи III–IV уровня по классификации Р.Е. Левиной [5]. Все дети имели заключение ПМПК о наличии речевого нарушения и нуждались в логопедической помощи.

Констатирующий этап включал комплексную диагностику, направленную на выявление уровня сформированности предпосылок письма и определение видов и механизмов дисграфических ошибок. Диагностический инструментарий был разработан на основе методик Р.И. Лалаевой, Т.В. Ахутиной, О.Б. Иншаковой [13] и включал три блока:

- обследование устной речи: состояния звукопроизношения, фонематических процессов, словаря, грамматического строя и связной речи;

- обследование неречевых функций: оптико-пространственных представлений, зрительной и слухоречевой памяти, мелкой моторики, сукцессивных функций;

- анализ письменных работ: диктантов, списывания, самостоятельного письма с качественным и количественным анализом ошибок.

Результаты констатирующего этапа показали, что у всех исследуемых детей с ОНР III–IV уровня наиболее распространенными специфическими ошибками в письме являлись: смешения букв по акустическому сходству, ошибки языкового анализа и синтеза, в том числе пропуски и перестановки, аграмматизмы на письме, оптические замены. У детей также отмечалась смешанная форма дисграфии, предполагающая сочетание 2–3 видов нарушения. Полученные данные согласуются с литературными сведениями о том, что при ОНР расстройства письма имеют системный характер и затрагивают несколько уровней речевой деятельности. Таким образом, все испытуемые были отнесены к группе риска и нуждались в систематической коррекционной работе.

В дальнейшем эти данные могут быть использованы для разработки и апробации программы коррекционно-логопедической работы. По окончании коррекционного этапа планируется проведение контрольной диагностики, результаты которой должны отразить положительную динамику у детей. Ожидается значительное снижение ко-

личества специфических ошибок, включая ошибки фонематического распознавания, языкового анализа и синтеза, аграмматизмы и оптические ошибки. Предполагается, что наиболее выраженные улучшения проявятся в навыках фонематического анализа и языкового синтеза, поскольку эти направления являются базовыми для формирования правильного письма. При этом у учащихся с наиболее сложной структурой дефекта динамика может быть менее выраженной, что в дальнейшем потребует продолжения коррекционной работы.

Эффективность коррекции определяется систематичностью занятий, тесным взаимодействием логопеда, педагогов и родителей, а также индивидуализацией программы. Как отмечает И.Н. Садовникова, важным условием является создание ситуации успеха для ребенка, поддержание его мотивации к учебной деятельности и формирование навыков самоконтроля. Профилактика дисграфии предполагает своевременное выявление детей группы риска, в том числе с нарушениями устной речи, задержкой психического развития, минимальной мозговой дисфункцией, и проведение с ними целенаправленной работы в дошкольный период и на начальном этапе школьного обучения. Профилактические мероприятия включают развитие фонематических процессов, формирование лексико-грамматических категорий, оптико-пространственной ориентировки и графомоторной координации, а также повышение педагогической компетентности родителей и учителей. В этом контексте особое значение приобретает организация преемственности между дошкольным и школьным звеном образования, а также согласованность действий всех специалистов, работающих с ребенком.

Заключение. Дисграфия у детей младшего школьного возраста представляет собой многофакторное нарушение, в основе которого лежит несформированность различных психических функций, участвующих в процессе письма. Современная классификация Р.И. Лалаевой позволяет дифференцировать виды дисграфии в зависимости от нарушенного звена, что определяет стратегию и содержание коррекционно-логопедического воздействия. Вместе с тем нейропсихологический подход Т.В. Ахутиной дополняет данную систему, выделяя регуляторные и пространственные варианты дисграфии, что требует включения в коррекционную программу упражнений, направленных на развитие произвольного контроля и зрительно-моторной координации. Результаты экспериментального исследования подтверждают, что у детей с ОНР III–IV уровня преобладают смешанные формы дисграфии. Эффективность коррекционной работы должна обеспечиваться комплексным развитием фонематического восприятия, языкового анализа и синтеза, лексико-грамматического строя речи, оптико-пространственных функций и графомоторных навыков. Кроме того, важнейшим условием успешности выступает индивидуализация программы с учетом структуры дефекта и личностных особенностей каждого ребенка. Приоритетным направлением остается ранняя профилактика дисграфии, реализуемая в тесном взаимодействии учителя-логопеда, педагогов и родителей. Дальнейшие исследования в данной области могут быть направлены на разработку и апробацию дифференцированных методик коррекции в зависимости от ведущего механизма дисграфии, а также на создание эффективных моделей взаимодействия специалистов в условиях инклюзивного образования.

Список литературы

1. Македонская О.А., Елиневская М.Ю., Семейкина К.С. *Комплексная диагностика и коррекция нарушений письменной речи у младших школьников: учебно-методическое пособие*. Владивосток: Дальневосточный федеральный университет; 2020. 141 с.
2. Садовникова И.Н. *Дисграфия, дислексия: технология преодоления*. Москва: Парадигма; 2012. 279 с.
3. Токарева О.А. *Расстройства чтения и письма (дислексии и дисграфии)*. Расстройства речи у детей и подростков. Москва: Медицина; 1969. С. 190–212.
4. Выготский ЛС. Мышление и речь. В: *Собрание сочинений в 6 т.* Т. 2. Москва: Педагогика; 1982. 504 с.
5. Левина Р. Е. *Нарушения письма у детей с недоразвитием речи*. Москва: Академия педагогических наук РСФСР, 1961. 311 с.
6. Лурия А. Р. *Очерки психофизиологии письма*. Москва: Академия педагогических наук РСФСР; 1950. 84 с.
7. Цветкова Л. С. *Нейропсихология счета, письма и чтения: нарушение и восстановление*: Российская академия образования, Московский психолого-социальный институт. Москва, Воронеж: Московский психолого-социальный институт; 2005. 359 с.
8. Ахутина Т.В. Нейропсихологический подход к диагностике и коррекции трудностей обучения письму. *Культурно-историческая психология*. 2008;(2):71–81.
9. Величенкова О.А., Русецкая М.Н. *Логопедическая работа по преодолению нарушений чтения и письма у младших школьников*. Москва: Национальный книжный центр; 2015. 320 с. + CD. URL: https://www.nbcmedia.ru/upload/iblock/ad3/ruseckaya_pdf_a6.pdf (дата обращения: 15.05.2026).
10. Лалаева Р.И., Бенедиктова Л.В. *Нарушение чтения и письма у младших школьников. Диагностика и коррекция*. Ростов-на-Дону: Феникс; Санкт-Петербург: Союз; 2004. 224 с.

11. Шашкина Г.Р, Зернова Л. П., Зимина И.А. *Логопедическая работа с дошкольниками: учебное пособие*. Москва: Академия; 2003. 240 с.
12. Ивановская О.Г, Куликова Е. В., Хвостова О.Д. *Преодоление артикуляторно-акустической дисграфии у школьников: учебное пособие*. Москва: Форум; 2016. 160 с.
13. Иншакова О.Б. *Альбом для логопеда*. Москва: Владос; 2025. 280 с.

Об авторах:

Владислав Юрьевич Пашкану, студент кафедры «Психология, педагогика и дефектология» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), pashkanu17@mail.ru

Наталья Николаевна Абашина, доцент кафедры «Психология, педагогика и дефектология» Донской государственной технической университет (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), n.n.abashina@gmail.com

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the authors:

Vladislav Y. Pashkanu, Student of the Psychology, Pedagogy and Defectology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), pashkanu17@mail.ru

Natalia N. Abashina, Associate Professor of the Psychology, Pedagogy and Defectology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), n.n.abashina@gmail.com

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ



УДК 347.77.01

Патент как юридический документ в системе интеллектуальной собственности: генезис и сущностные характеристики

А.Н. Максименко, Н.М. Дорошева

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В статье рассматривается фундаментальная правовая природа патента как особого юридического документа. Цель работы состоит в комплексном анализе патента через призму его исторического генезиса, ключевых признаков и места в системе интеллектуальной собственности. С использованием сравнительно-правового и формально-юридического методов раскрывается содержание понятия «патент», прослеживается эволюция патентного законодательства в России, а также проводится четкое разграничение патента и иных охранных документов, в частности свидетельства на товарный знак. Сделан вывод о том, что патент представляет собой уникальный правовой инструмент, выполняющий не только охранительную, но и значимую публично-правовую функцию, связанную со стимулированием инновационной деятельности и раскрытием технических знаний.

Ключевые слова: патент, интеллектуальная собственность, изобретение, полезная модель, промышленный образец, патентное право, юридический документ, товарный знак, исключительное право

Для цитирования. Максименко А.Н., Дорошева Н.М. Патент как юридический документ в системе интеллектуальной собственности: генезис и сущностные характеристики. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):85–88.

Patent as a Legal Document in the Intellectual Property System: Evolution and Essential Characteristics

Aleksandr N. Maksimenko, Nadezhda M. Dorosheva

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies the fundamentals of the legal nature of a patent as a unique legal document. The aim of the article is to conduct a comprehensive analysis of a patent from perspective of the history of its evolution, key features, and place in the system of intellectual property. The comparative legal and dogmatic legal methods were used to disclose the concept of a “patent”, to track the evolution of the patent law in Russia, and clearly distinguish a patent from the other protection documents, such as a trademark certificate. The conclusion was made about a patent being a unique legal tool of not only protective function but also of significant public legal function related to fostering innovative activity and revealing technical knowledge.

Key words: patent, intellectual property, invention, utility model, production prototype, patent law, legal document, trademark, exclusive right

For Citation. Maksimenko AN, Dorosheva NM. Patent as a Legal Document in the Intellectual Property System: Evolution and Essential Characteristics. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):85–88.

Введение. В условиях современной экономики знаний, базирующейся на инновационном развитии, центральное место в системе правового регулирования занимает институт патентного права. Патент выступает одним из ключевых правовых механизмов, обеспечивающих защиту и коммерциализацию результатов технического и дизайн-творчества [1]. Вместе с тем, несмотря на широкое использование данного понятия, сущность патента как юридического документа, его отличительные особенности и место в системе иных объектов интеллектуальной собственности требуют детального теоретического осмысления.

Необходимость такого анализа обусловлена как практическими потребностями правоприменения, так и теоретической значимостью точного определения границ соответствующего правового режима. Правовая природа патента имеет двойственный характер: с одной стороны, он представляет собой официальный документ, выдаваемый уполномоченным государственным органом, в Российской Федерации — Роспатентом; с другой — выступает юридическим фактом, порождающим комплекс субъективных гражданских прав в отношении конкретного объекта [2]. Понимание указанной двойственности является необходимым условием корректной интерпретации функций патента и его роли в гражданском обороте.

Цель настоящей статьи заключается в комплексном исследовании патента как юридического документа посредством анализа его генезиса, сущностных признаков и отличий от смежных правовых институтов. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: 1) раскрыть содержание понятия «патент» и его юридическую природу; 2) исследовать основные этапы становления и развития патентного законодательства в России; 3) провести сравнительный анализ патента и свидетельства на товарный знак для выявления их принципиальных различий.

Основная часть. В российском законодательстве легальное определение патента закреплено в части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации (далее — ГК РФ). В соответствии с п. 1 ст. 1353 ГК РФ ¹патент удостоверяет приоритет, авторство и исключительное право на изобретение, полезную модель либо промышленный образец. Данная классическая триада раскрывает основное содержание указанного документа.

Юридическая природа патента характеризуется следующими фундаментальными признаками:

– Государственный характер легитимации права. Исключительное право на техническое или дизайнерское решение возникает не вследствие самого факта его создания, как это имеет место в авторском праве, а только после прохождения специальной административной процедуры — государственной регистрации и официальной выдачи патента уполномоченным органом. Это свидетельствует о наличии публично-правового начала в механизме возникновения патентных прав.

– Абсолютный и исключительный характер охраняемого права. Патент предоставляет его обладателю, то есть патентообладателю, возможность использовать соответствующий объект по своему усмотрению любым не противоречащим закону способом, а также запрещать такое использование всем третьим лицам. Нарушение данного запрета без разрешения патентообладателя квалифицируется как патентное нарушение и влечет юридическую ответственность.

– Срочность действия. Патент действует в течение ограниченного срока: 20 лет — для изобретения с возможностью продления в отношении лекарственных средств и пестицидов, 10 лет — для полезной модели и 5 лет — для промышленного образца с возможностью неоднократного продления до 25 лет в совокупности. По истечении установленного срока объект переходит в общественное достояние.

– Территориальность. Патент обладает юридической силой только на территории того государства, патентное ведомство которого его выдало. Для получения правовой охраны в других странах необходимо пройти процедуру патентования в каждой из них либо воспользоваться механизмами, предусмотренными международными договорами, например, Договором о патентной кооперации — РСТ.

– Формальность и документарность. Патент представляет собой строго формализованный документ, структура и содержание которого нормативно регламентированы. Он включает титульную часть, содержащую сведения о патентообладателе, авторе, дате приоритета и иные данные, описание объекта, формулу для изобретения и полезной модели либо перечень существенных признаков для промышленного образца, а также чертежи. Именно формула изобретения, то есть совокупность его существенных признаков, определяет объем правовой охраны [3].

Таким образом, патент является официальным документом, выдаваемым государственным патентным ведомством по результатам экспертизы. Он удостоверяет наличие, границы и срок действия исключительного права на техническое или дизайнерское решение, признанное охраноспособным.

Становление патентного права в России прошло путь от единичных привилегий до современной кодифицированной системы. До XIX века отдельные элементы патентной охраны существовали в форме жалованных привилегий, которые монарх предоставлял на занятие определенным промыслом или производство товаров. Такие акты имели индивидуальный характер и не образовывали целостной системы правового регулирования.

Переломным моментом стало принятие 17 июня 1830 года Манифеста о привилегиях на разные изобретения и открытия в художествах и ремеслах. Данный документ считается первым российским патентным законом. Он закрепил общие правила выдачи привилегий, являвшихся прообразами патентов, на изобретения сроком на три, пять или десять лет. Выдача осуществлялась по явочной системе, без проверки новизны, Департаментом мануфактур и внутренней торговли.

¹ Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая) от 18.12.2006 № 230-ФЗ; (ред. от 24.02.2024). Собрание законодательства РФ. 2006. ст. 1353. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64629/a3429973aeef1add4dc0d2be5cd1e81530a869a5 (дата обращения: 19.03.2026).

После революции 1917 года прежняя патентная система была упразднена. Вместо нее была введена система авторских свидетельств: исключительное право на использование изобретения закреплялось за государством, а автору гарантировались личные неимущественные права и вознаграждение. Патентная форма сохранялась только для иностранных заявителей.

Возврат к классической патентной модели начался в 1991 году с принятием союзного закона об изобретениях, а затем в 1992 году — Патентного закона Российской Федерации. Указанными актами была восстановлена система, основанная на признании частного исключительного права изобретателя или его правопреемника.

Современный этап начался 1 января 2008 года с введением в действие части четвертой Гражданского кодекса РФ, которая объединила все нормы об интеллектуальной собственности, включая патентное право, в единый кодифицированный акт. Это позволило сформировать целостный, систематизированный правовой массив, гармонизированный с ключевыми международными соглашениями, в том числе Соглашением ТРИПС ВТО, Парижской конвенцией и др. [4].

Эволюция российского патентного законодательства демонстрирует переход от разрешительно-привилегированной модели к регистрационно-гарантиционной, в рамках которой государство не столько контролирует сферу инноваций, сколько гарантирует и защищает признаваемые им частные права создателей, формируя тем самым правовые предпосылки для научно-технического прогресса.

Для наиболее четкого выявления специфики патента целесообразно сопоставить его с другим широко распространенным охраняемым документом — свидетельством на товарный знак, знак обслуживания. Оба документа выдаются Роспатентом, удостоверяют исключительное право и имеют срочный характер с возможностью продления. Однако различия между ними являются принципиальными.

Таблица 1

Сравнительный анализ патента и свидетельства на товарный знак

Критерий сравнения	Патент	Свидетельство на товарный знак
Объект охраны	Техническое или дизайнерское решение (изобретение, полезная модель, промышленный образец). Имеет утилитарное, функциональное назначение.	Обозначение (словесное, изобразительное и т.д.), служащее для индивидуализации товаров, работ или услуг юридического лица или ИП. Выполняет информационно-различительную функцию.
Критерии охраноспособности	Объективная новизна (неизвестность из уровня техники/аналогов), изобретательский уровень (неочевидность для специалиста) и промышленная применимость (для изобретения).	Новизна (отсутствие тождественных/сходных обозначений для однородных товаров) и различительная способность (не описательность).
Первичная функция	Стимулирование создания новых решений и раскрытие информации о них обществу.	Гарантия происхождения товара и защита потребителя от смешения, а предпринимателя — от недобросовестной конкуренции.
Порядок поддержания в силе	Уплата ежегодных пошлин за поддержание патента в силе. При неуплате патент досрочно прекращает действие.	Уплата пошлины за продление срока действия каждые 10 лет. Непродление ведет к прекращению права.
Объем правовой охраны	Определяется формулой изобретения (полезной модели) или совокупностью существенных признаков промышленного образца, зафиксированных в документах.	Определяется перечнем товаров и услуг, для которых зарегистрирован знак, и его элементами, представленными на регистрацию.

Ключевое отличие, вытекающее из таблицы, состоит в характере охраняемого объекта. Патент обеспечивает правовую охрану непосредственного результата творческой деятельности — нового решения технической либо эстетической задачи. Свидетельство на товарный знак, в свою очередь, защищает не творческое обозначение как таковое, а его способность выполнять функцию индивидуализации в коммерческом обороте. Следовательно, патент ориентирован на стимулирование прогресса, тогда как товарный знак направлен на упорядочение рыночных отношений и обеспечение их добросовестного характера.

Заключение. Проведенный анализ позволяет сформулировать следующие выводы относительно патента как юридического документа.

Во-первых, патент представляет собой сложный правовой феномен, одновременно выступающий административным актом государства и основанием возникновения абсолютного гражданского права. Его юридическая природа определяется государственной легитимацией, исключительностью, срочностью, территориальностью, а также формальной определенностью охраняемых прав.

Во-вторых, генезис российского патентного законодательства отражает общемировую тенденцию перехода от системы монарших привилегий к современной правовой модели, в рамках которой патент служит инструментом обеспечения баланса частных интересов инноватора и публичных интересов общества, связанных с развитием технологий и доступностью знаний.

В-третьих, сравнительный анализ патента с институтом товарного знака наглядно демонстрирует уникальность его назначения. Если товарный знак охраняет средства индивидуализации в целях поддержания честной конкуренции, то патент защищает собственно технические и дизайнерские новации, выполняя тем самым ключевую функцию стимулирования научно-технического прогресса. Данная функциональная направленность предопределяет все особенности правового режима патента — от строгих критериев охраноспособности до системы поддержания его в силе.

Таким образом, патент является не просто охраняемым документом, а фундаментальным правовым инструментом инновационной экономики, сущность которого раскрывается через его историческое развитие и принципиальное отличие от иных институтов интеллектуальной собственности.

Список литературы

1. Городов О.А. *Патентное право: учебник*. Москва: Проспект; 2022. 256 с. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_02000024027/?ysclid=mmxe171ess119431284 (дата обращения: 19.03.2026)
2. Будяков О.Е. *Патенты, охраняющие интеллектуальные права, и их функции*. Москва; 2017. 172 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/patenty-okhranyayushchie-intellektualnye-prava-i-ikh-funktsii?ysclid=mmxe288tki93862814> (дата обращения: 19.03.2026)
3. Леонтьев Б.Б., Федотов М.А. *Интеллектуальная собственность: правовые аспекты*. Москва: Норма; 2021. 300 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004706963> (дата обращения: 19.03.2026).
4. Зубкова А.А., Пронин А.М., Рахаева В.В. Эволюция патентного законодательства: от зарождения до современных вызовов. *Вестник науки*. 2024;2(12 (81)):511–517.

Об авторах:

Надежда Михайловна Дорошева, магистрант кафедры «Коммерческое и предпринимательское право» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростова-на-Дону, пл. Гагарина, 1), nadiadorosheva31@mail.ru

Александр Николаевич Максименко, доцент кафедры «Коммерческое и предпринимательское право» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростова-на-Дону, пл. Гагарина, 1), anmaksimenko@donstu.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Nadezhda M. Dorosheva, Master's Degree Student of the Commercial and Entrepreneurial Law Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), nadiadorosheva31@mail.ru

Aleksandr N. Maksimenko, Associate Professor of the Commercial and Entrepreneurial Law Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), anmaksimenko@donstu.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ



УДК 347.1

Влияние санкционного давления на законодательное регулирование деятельности предпринимателей в Российской Федерации

А.И. Михайличенко, А.А. Коновалов

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В статье анализируется влияние внешнеэкономического давления, обусловленного санкционными ограничениями, на трансформацию законодательства, регулирующего правовое положение субъектов предпринимательской деятельности в Российской Федерации. Особое внимание уделяется адаптационным механизмам, реализованным государством в целях реагирования на возникающие экономико-правовые вызовы. Рассматриваются отдельные примеры изменений нормативно-правовой базы, а также оценивается их результативность в условиях нестабильной экономической конъюнктуры. Акцент сделан на ключевых проблемах правоприменительной практики и возможных направлениях дальнейшего развития соответствующего правового регулирования.

Ключевые слова: санкции, правовое регулирование, предпринимательство, субъекты МСП, экономическая безопасность, законодательство

Для цитирования. Коновалов А.А., Михайличенко А.И. Влияние санкционного давления на законодательное регулирование деятельности предпринимателей в Российской Федерации. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):89–92.

The Effect of Sanction Pressure on Legislative Regulation of Entrepreneur Activity in the Russian Federation

Aleksandr A. Konovalov, Anastasia I. Mikhailichenko

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article analyses the effect of pressure induced by sanction restrictions in the field of foreign trade on the transformation of legislation regulating the legal status of the subjects of entrepreneurial activity in the Russian Federation. Particular attention has been paid to the adaptive mechanisms implemented by the state to respond to the arising economic and legal challenges. Certain examples of changes in the regulatory framework have been studied, and their efficiency in the context of the unstable economic environment has been assessed. Key problems in law enforcement practices and possible pathways for further development of respective legal regulation have been emphasized.

Keywords: sanctions, legal regulation, entrepreneurship, small and medium-sized enterprises (SMEs), economic security, legislation

For Citation. Konovalov AA, Mikhailichenko AI. The Effect of Sanction Pressure on Legislative Regulation of Entrepreneur Activity in the Russian Federation. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):89–92.

Введение. Современная правовая система Российской Федерации функционирует в условиях внешнеэкономического давления, обусловленного санкционными ограничениями, введенными рядом западных государств с 2022 года. Указанные меры оказали непосредственное воздействие на национальную экономику, прежде всего на субъекты предпринимательской деятельности, особенно в малом и среднем сегментах. Ограничения нарушили устойчивость внешнеэкономических связей, затруднили доступ к иностранным технологиям и рынкам капитала, что в совокупности обусловило необходимость оперативной адаптации законодательства. Сложившаяся ситуация стала предпосылкой масштабных изменений в правовом поле, в рамках которых государство активно пересматривает нормативно-правовую базу, регламентирующую ведение предпринимательской деятельности.

Одним из первых и наиболее заметных шагов со стороны государства стало снижение административной нагрузки на бизнес. Так, Федеральный закон № 173-ФЗ от 13.10.2008 ввел временные правила в сфере сертификации, лицензирования и государственных закупок, что позволило предпринимателям быстрее адаптироваться к новым рыночным условиям без избыточных бюрократических барьеров [1]. Эти меры сопровождались расширением льготного кредитования, предоставлением отсрочек по налогам, а также введением моратория на проверки, что обеспечило субъектам предпринимательства определенное «временное окно» для реорганизации бизнес-процессов. Впоследствии были приняты Федеральный закон № 625-ФЗ, упростивший закупочные процедуры для малого бизнеса [2], и распоряжение Правительства РФ № 2396-р, закрепившее механизм отсрочки по налогам и страховым взносам для субъектов малого и среднего предпринимательства [3].

Как отмечает И.А. Козлов, «санкционная среда обострила необходимость модернизации механизмов правового регулирования, нацеленного на поддержку внутреннего рынка и предпринимательской инициативы» [5]. Вместе с тем указанные меры не носили универсального характера, что обусловило возникновение противоречий и неоднозначностей в правоприменительной практике. Как подчеркивает К.А. Кислых, «именно правовые послабления и антикризисные преференции стали тем инструментом, который позволил большинству предприятий сохранить устойчивость в краткосрочной перспективе» [4]. Однако в различных субъектах Российской Федерации одни и те же федеральные акты нередко интерпретировались неодинаково, что снижало общую предсказуемость правовой среды. Кроме того, в условиях постоянной корректировки законодательства предприниматели сталкивались с трудностями оперативной правовой ориентации, что негативно влияло на скорость принятия управленческих решений и уровень доверия к правовой системе.

Основная часть. Наиболее существенное влияние внешнеэкономического давления проявилось в изменениях, затрагивающих закупочную деятельность, налоговые режимы и инвестиционные преференции. Так, в 2025 году было принято распоряжение Правительства РФ № 2396-р, закрепившее механизм отсрочки по налогам и страховым взносам для субъектов малого и среднего предпринимательства. По мнению А.В. Копьёва, такие меры «создают временную зону комфорта для предпринимателей, однако не обеспечивают долгосрочной устойчивости без системной финансовой поддержки» [6].

Дополнительно в 2023 году был принят Федеральный закон № 625-ФЗ, которым закреплялось право государственных заказчиков осуществлять закупки у единственного поставщика в упрощенной форме [2]. Это упростило соответствующие процедуры для малого бизнеса и позволило таким субъектам быстрее выходить на рынок государственных контрактов. Вместе с тем отсутствие конкурентных механизмов на постоянной основе, как указывают эксперты, влечет риски снижения качества услуг и коррупционных злоупотреблений.

В сфере налогообложения в 2025 году предполагается внесение ряда поправок в Налоговый кодекс, предусматривающих предоставление налоговых льгот предпринимателям, ориентированным на экспорт продукции и услуг в дружественные юрисдикции. Данная мера может рассматриваться как один из инструментов адаптации российской экономики к изменившимся внешнеэкономическим условиям. В первую очередь она направлена на переориентацию внешнеторговых потоков, а также на укрепление деловых связей в рамках Евразийского экономического союза и стран БРИКС. Вместе с тем результативность подобных налоговых стимулов не может оцениваться исключительно через призму формального снижения фискальной нагрузки. Как справедливо отмечают исследователи, «льготное налогообложение без должной инфраструктурной и транспортной поддержки не в полной мере выполняет свою стимулирующую функцию» [5]. Иными словами, налоговая льгота сама по себе не всегда способна обеспечить устойчивое повышение экспортной активности, если предприниматели сталкиваются с логистическими ограничениями, дефицитом финансовых ресурсов, сложностями сертификации продукции или недостаточно развитой системой сопровождения внешнеторговых операций.

Правоприменительная практика 2022–2025 годов позволяет выявить определенный дисбаланс между провозглашаемыми правовыми мерами поддержки предпринимательства и их фактической реализацией на местах. С одной стороны, действительно наблюдается снижение административной нагрузки на бизнес. Так, согласно статистике Минэкономразвития, количество внеплановых проверок сократилось с 65 тысяч в 2021 году до менее чем 20 тысяч в 2024 году. Этот показатель свидетельствует о стремлении государства уменьшить избыточное контрольное воздействие на предпринимательскую среду. С другой стороны, одновременно фиксируется значительный рост числа обращений предпринимателей за разъяснением действующих норм и получением государственной поддержки: со 120 тысяч в 2021 году до 310 тысяч в 2024 году. Подобная динамика указывает не только на повышение заинтересованности бизнеса в использовании предусмотренных мер, но и на наличие проблем, связанных с неоднозначностью правового регулирования, сложностью процедур и недостаточной предсказуемостью принимаемых решений.

Таким образом, можно говорить о том, что современная система поддержки предпринимательства находится в состоянии активной трансформации. Однако высокая скорость принятия нормативных решений не всегда сопровождается их достаточной проработанностью и последовательностью. Как подчеркивает И.А. Козлов, «при всей оперативности принятия правовых решений, отсутствует стабильность и стратегичность, что создаёт эффект нормативного шторма для малого бизнеса» [4]. Данная характеристика представляется особенно значимой, поскольку малые и средние предприятия, в отличие от крупных компаний, как правило, располагают меньшими организационными, финансовыми и кадровыми ресурсами для быстрой адаптации к постоянно изменяющимся требованиям. Наиболее остро эта проблема проявляется в аграрной сфере, розничной торговле и IT-секторе, где предприниматели во многом зависят от импортных комплектующих, программного обеспечения, логистических каналов и доступности технологической инфраструктуры. Следовательно, для повышения эффективности государственной политики в данной области необходимо не только расширение перечня налоговых льгот, но и формирование более устойчивой, понятной и комплексной системы правового и организационного сопровождения бизнеса.

Заключение. Таким образом, санкционное давление стало фактором, инициировавшим масштабную адаптацию российского законодательства, регулирующего предпринимательскую деятельность. Законодательные изменения были направлены на снижение административных барьеров, обеспечение финансовой поддержки и переориентацию внешнеэкономических связей. Однако эффективность этих мер ограничивается отсутствием институциональной устойчивости, несогласованностью правоприменения и временным характером большинства инициатив.

Дальнейшее развитие правового регулирования должно основываться на принципах прозрачности, предсказуемости и региональной унификации норм. Только при соблюдении данных условий возможно формирование устойчивой и конкурентоспособной предпринимательской среды в условиях сохраняющегося внешнеэкономического давления. Как подчеркивает А.В. Копьёв, «будущее российского бизнеса — в способности законодательства не просто реагировать на кризисы, а предвосхищать их, обеспечивая адаптационные механизмы на упреждающем уровне» [6].

Список литературы

1. *О дополнительных мерах по поддержке финансовой системы РФ*. Федеральный закон от 13.10.2008 № 173-ФЗ. Собрание законодательства РФ. 2008;(42):ст. 4698. URL: <https://baza.np.ru/gd-rf-zakon-n173-fz-ot13102008-h1220554> (дата обращения: 23.06.2026).
2. *О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации*. Федеральный закон от 25.12.2023 № 625-ФЗ «О внесении изменений в статью 98 Федерального закона». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_465418 (дата обращения: 23.06.2026).
3. *О внесении изменений в распределение субсидий бюджетам субъектов Российской Федерации на государственную поддержку малого и среднего предпринимательства в субъектах Российской Федерации на 2025 год и на плановый период 2026 и 2027 годов, в части 2025 года*. Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 30.08.2025 № 2396-р. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_513497/f62ee45faefd8e2a11d6d88941ac66824f848bc2 (дата обращения: 23.06.2026).
4. Вологдин А.А. *Правовое регулирование внешнеэкономической деятельности: учебник и практикум для вузов*. Москва: Издательство Юрайт; 2026. 395 с.
5. Кислых К.А., Иванова И.К. Государственное регулирование экономики России в условиях санкций. В: *Труды 12-й Международной научно-практической конференции «Стратегия социально-экономического развития общества: управленческие, правовые, хозяйственные аспекты*. Курск; 2022. С. 190–193.
6. Копьёв А.В., Косенко Д.П. Правовой взгляд на актуальные вопросы ведения малого бизнеса в России в состоянии высокого санкционного давления. *Столыпинский вестник*. 2023;(11):5183–5200. https://doi.org/10.55186/27131424_2023_5_11_2

Об авторах:

Анастасия Ивановна Михайличенко, магистрант кафедры «Коммерческое и предпринимательское право» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростова-на-Дону, пл. Гагарина,1), anastasia.mihh@mail.ru

Александр Александрович Коновалов, доцент кафедры «Государственное, муниципальное управление и экономическая безопасность» Ростовского государственного экономического университета, доцент кафедры

«Коммерческое и предпринимательское право» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростова-на-Дону, пл. Гагарина,1), tornade@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Anastasia I. Mikhailichenko, Master's Degree Student of the Commercial and Entrepreneurial Law Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), anastasia.mihh@mail.ru

Aleksandr A. Konovalov, Associate Professor of the State and Municipal Governance and Economic Security Department, Rostov State University of Economics; Associate Professor of the Commercial and Entrepreneur Law Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), tornade@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ



УДК 332.146.2

Оценка эффективности государственно-частного партнёрства для регионального развития (на примере ООО «ИнфраГЧП-А» и строительства северного обхода г. Омска)

Д.С. Кряжевских

Сибирский институт бизнеса и информационных технологий, г. Омск, Российская Федерация

Аннотация

В статье исследуется эффективность государственно-частного партнёрства как инструмента регионального развития. На примере концессионного проекта по строительству автомобильной дороги «Северный обход г. Омска» (концессионер — ООО «ИнфраГЧП-А») проведён авторский анализ финансово-бюджетной структуры соглашения, а также выполнена оценка проекта по критериям финансовой, бюджетной и социально-экономической эффективности и сравнительного преимущества. Показано, что применение концессионной модели позволило реализовать капиталоемкий инфраструктурный объект при минимальном прямом участии регионального бюджета и значительном объёме привлечённых внебюджетных средств. Выявлены ключевые риски проекта и обоснованы направления повышения эффективности применения механизмов ГЧП в интересах регионального развития.

Ключевые слова: государственно-частное партнёрство, концессия, региональное развитие, бюджетная эффективность, сравнительное преимущество, инфраструктура, Северный обход Омска, ИнфраГЧП-А, региональный бюджет, концессионное соглашение

Для цитирования. Кряжевских Д.С. Оценка эффективности государственно-частного партнёрства для регионального развития (на примере ООО «ИнфраГЧП-А» и строительства северного обхода г. Омска). *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):93–95.

Assessment of the Efficiency of Public-Private Partnership in the Context of Regional Development (a Case Study of Omsk Northern Bypass Construction with Participation of “INFRAGCHP-A”, LLC)

Darya S. Kryazhevskikh

Siberian Institute of Business and Information Technologies, Omsk, Russian Federation

Abstract

The article studies a public-private partnership (PPP) as a tool to ensure the efficiency of regional development. On the example of a concession project for the construction of “Omsk Northern bypass” (a concession holder — “INFRAGCHP-A”, LLC), the financial and budget structure of a concession agreement was analysed by the author and efficiency of the project against the financial, budgetary, socio-economic, and comparative advantage criteria was assessed. A concession model made it possible to implement a capital-intensive infrastructure project with minimal direct financing from the regional budget and significant investment of extra-budgetary funds. Key project risks were identified, and approaches to enhancing the efficiency of PPP mechanisms for the benefit of regional development were substantiated.

Keywords: public-private partnership, concession, regional development, budget efficiency, comparative advantage, infrastructure, Omsk Northern bypass, “INFRAGCHP-A”, regional budget, concession agreement

For Citation. Kryazhevskikh DS. Assessment of the Efficiency of Public-Private Partnership in the Context of Regional Development (a Case Study of Omsk Northern Bypass Construction with Participation of “INFRAGCHP-A”, LLC). *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):93–95.

Введение. Развитие транспортной инфраструктуры является одним из ключевых условий экономического роста регионов, однако возможности региональных бюджетов по самостоятельному финансированию капиталоемких объектов остаются ограниченными. В этих условиях механизм государственно-частного партнёрства (ГЧП) позволяет привлекать частный капитал и профессиональные компетенции к реализации проектов, традиционно относившихся к сфере ответственности государства. Актуальность темы обусловлена устойчивым ростом рынка дорожных концессий в России и необходимостью обоснованной оценки их эффективности с позиции региональных финансовых органов.

Несмотря на наличие значительного числа теоретических работ, посвящённых тематике ГЧП, прикладных исследований, в которых эффективность конкретного концессионного проекта рассматривается через призму задач регионального развития и устойчивости регионального бюджета, по-прежнему недостаточно. Цель статьи заключается в оценке эффективности ГЧП как инструмента регионального развития на примере проекта строительства автомобильной дороги «Северный обход г. Омска» (концессионер — ООО «ИнфраГЧП-А»). Методическую основу исследования составили сравнительный, расчётно-аналитический и системный методы; информационную базу — нормативные правовые акты, открытые данные о параметрах концессионного соглашения и материалы Министерства финансов Омской области.

Основная часть. Оценка эффективности проектов ГЧП имеет комплексный характер и предполагает анализ финансовой, бюджетной и социально-экономической результативности, а также определение сравнительного преимущества на основе подхода «цена – качество» (value for money). Нормативную основу реализации таких проектов в России образуют Федеральный закон № 115-ФЗ «О концессионных соглашениях»¹, а также Федеральный закон № 224-ФЗ «О государственно-частном партнёрстве в Российской Федерации»². Указанные нормативные акты предусматривают обязательную процедуру оценки эффективности проекта до начала его реализации. Существенную роль при этом играет региональный финансовый орган, формирующий позицию субъекта Российской Федерации по долгосрочным бюджетным обязательствам.

Проект «Северный обход г. Омска» относится к числу крупнейших дорожных концессий Сибирского федерального округа. Концессионное соглашение заключено в 2022 году сроком около сорока лет; концедентом выступает Омская область, концессионером — специализированное общество ООО «ИнфраГЧП-А», входящее в Группу Газпромбанка. Проектом предусмотрено строительство четырёхполосной автомобильной дороги протяжённостью порядка 62–66 км, соединяющей федеральные трассы Р-254 «Иртыш» и Р-402, с возведением двух мостов через реки Иртыш и Омь, около пятнадцати путепроводов и семи транспортных развязок; прогнозная интенсивность движения составляет порядка 15 тыс. автомобилей в сутки [1]. Финансовое сопровождение проекта осуществляется при поддержке Газпромбанка [2]. Финансовая модель объединяет бюджетные и внебюджетные источники. На момент заключения соглашения совокупные капитальные затраты оценивались в 63,2 млрд руб.; впоследствии стоимость была пересмотрена и составила около 72,7 млрд руб. Структура первоначального финансирования представлена в таблице 1.

Таблица 1

Структура финансирования проекта (первоначальная оценка)

Источник	Объём, млрд руб.	Доля, %
Капитальный грант (федеральный + региональный)	34,8	55,1
Заёмные средства концессионера	19,5	30,9
Прочие внебюджетные средства	8,9	14,0
Итого	63,2	100,0

Анализ структуры финансирования свидетельствует о том, что прямое участие областного бюджета в покрытии капитальных затрат, выраженное в форме регионального гранта в размере около 3,9 млрд руб., составило лишь порядка 6 % их общего объема, тогда как основная финансовая нагрузка была распределена между федеральным бюджетом и частным инвестором. Данное обстоятельство указывает на высокий уровень бюджетной эффективности проекта для региона: на каждый рубль средств областного бюджета приходится приблизительно 16–18 рублей совокупных инвестиций, что отражает значительный эффект финансового рычага [3].

¹ О концессионных соглашениях. Федеральный закон от 21.07.2005 № 115-ФЗ: принят Гос. Думой 6 июля 2005 г.; одобрен Советом Федерации 13 июля 2005 г. Москва: СПС «КонсультантПлюс»; 2005. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54572 (дата обращения: 13.06.2026).

² О государственно-частном партнёрстве, муниципально-частном партнёрстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Федеральный закон от 13.07.2015 № 224-ФЗ: принят Гос. Думой 1 июля 2015 г.; одобрен Советом Федерации 8 июля 2015 г. Москва: СПС «КонсультантПлюс», 2015. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182660 (дата обращения: 13.06.2026).

Социально-экономическая эффективность проекта связана с выведением транзитного и грузового транспорта за пределы городской черты. Это способствует разгрузке улично-дорожной сети Омска, снижению темпов износа городских магистралей, уменьшению аварийности и улучшению экологической обстановки. Кроме того, проект имеет межрегиональное значение, поскольку повышает связанность транспортной системы между Центральной и Восточной Сибирью.

Сравнительное преимущество концессионной модели обеспечивается передачей основных строительных и эксплуатационных рисков частному партнеру, привлечением долгосрочного частного финансирования, в том числе посредством механизма инфраструктурных облигаций ДОМ.РФ, а также ускорением ввода объекта в эксплуатацию. Вместе с тем выявлен ряд рисков: увеличение стоимости проекта примерно на 15 % относительно первоначальной оценки, продолжительный характер принимаемых регионом обязательств и вероятность изменения параметров проекта, способного затронуть условия соглашения.

С учетом изложенного для повышения эффективности государственно-частного партнерства в целях регионального развития обоснованы следующие направления: совершенствование финансового планирования и риск-менеджмента на стороне регионального финансового органа; развитие системы мониторинга реализации соглашения; стресс-тестирование финансовой модели и проведение независимой экспертизы прогноза доходов; активное использование льготных инструментов финансирования; формирование институциональной среды управления проектами партнерства на уровне региона.

Заключение. Проведенный анализ показал, что проект «Северный обход г. Омска» представляет собой эффективный инструмент регионального развития. Концессионная модель обеспечила реализацию капиталоемкого инфраструктурного объекта межрегионального значения при минимальном прямом участии областного бюджета и высоком уровне привлечения внебюджетных и федеральных средств. По совокупности критериев проект обладает сравнительным преимуществом по сравнению с традиционным государственным заказом. Вместе с тем выявленные риски обуславливают необходимость совершенствования финансового планирования и мониторинга со стороны Министерства финансов Омской области. Полученные результаты могут быть использованы при подготовке и сопровождении последующих концессионных проектов региона.

Список литературы

1. *Автотрассу «Северный обход Омска» построят по концессии.* РИА Новости. Москва; 2022. URL: <https://ria.ru/20220913/trassa-1816499648.html> (дата обращения: 13.06.2026).
2. *При поддержке Газпромбанка стартовало строительство Северного обхода города Омска:* пресс-релиз. АО «Газпромбанк». Москва; 2025. URL: <https://www.gazprombank.ru/press/7980415> (дата обращения: 13.06.2026).
3. Троценко О.С. Оценка эффективности проектов ГЧП в сравнении с иными формами реализации инфраструктурных проектов: российский и зарубежный опыт. *Бизнес, менеджмент и право.* 2018;4(40):45–52. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01010358435> (дата обращения: 13.06.2026).

Об авторе:

Дарья Сергеевна Кряжевских, магистрант кафедры «Экономика управления фирмы» Сибирского института бизнеса и информационных технологий (644116, Российская Федерация, г. Омск, ул. 24 Северная, д.196, корпус 1), post@sano.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Darya S. Kryazhevskikh, Master's Degree Student of the Corporate Management and Economics Department, Siberian Institute of Business and Information (196/1, 24th Severnaya Str., Omsk, Russian Federation), post@sano.ru.

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ



УДК 711.4

Исторические этапы формирования реновации промышленных территорий

О.С. Хмелевская, Д.В. Чеботарев

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрена проблема трансформации промышленных зон, сформированных без учета экологических и социальных последствий. Целью стало выявление эволюции стратегий их модернизации и актуальных направлений реновации. Проанализированы исторические этапы размещения производств: от совмещения жилья и мастерских до обособления заводских территорий, деиндустриализации и редевелопмента. Установлено, что современные подходы смещаются от сноса к сохранению архитектурного наследия и созданию многофункциональных пространств. Сделан вывод, что реновация промышленных территорий становится инструментом устойчивого городского развития, улучшения качества среды и формирования новой городской идентичности, что определяет практическую значимость исследования.

Ключевые слова: реновация промышленных территорий, индустриализация, де-индустриализация, архитектурное наследие

Для цитирования. Хмелевская О.С., Чеботарев Д.В. Исторические этапы формирования реновации промышленных территорий. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):96–99.

Historical Stages in the Evolvment of Industrial Area Renovation

Olga S. Khmelevskaya, Dmitry V. Chebotarev

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies the problem of redeveloping the industrial areas, which had been originally developed without considering the environmental and social consequences. The article aims to reveal the evolution of the strategies for modernization of such areas and to identify up-to-date renovation trends. The stages in the history of allocating the industrial enterprises were analysed, starting from the period of integrating the workshops with the housing facilities to the periods of isolation of factory premises, deindustrialization, and redevelopment. Present-day approaches to renovation were found to shift from the objectives of demolishing towards the preservation of architectural heritage and creation of multifunctional spaces. The conclusion about practical significance of the present study was made, which is underpinned by the fact of industrial area renovation becoming a tool for sustainable urban development, improvement of the quality of the environment, and formation of the new urban identity.

Keywords: renovation of industrial areas, industrialization, deindustrialization, architectural heritage

For Citation. Khmelevskaya OS, Chebotarev DV. Historical Stages in the Evolvment of Industrial Area Renovation. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):96–99.

Введение. Промышленные зоны городов, изначально формировавшиеся как производственные центры и во многом определявшие хозяйственную динамику регионов, застраивались преимущественно в соответствии с функциональной логикой. При этом экологические и социальные последствия для окружающего пространства, как правило, не принимались в расчет, вследствие чего городская среда постепенно загрязнялась, а качество жизни населения заметно снижалось. В ходе длительной эволюции индустриальные территории прошли через многочисленные трансформации, и их роль в структуре городской ткани постепенно была переосмыслена.

Цель работы — проследить эволюцию стратегий модернизации промышленных зон и обозначить актуальные направления их обновления и реновации.

Основная часть. Доиндустриальная эпоха характеризовалась тесным переплетением производственных и жилых функций, поскольку мастерские размещались в домах, где проживали рабочие. Такая планировочная модель в полной мере игнорировала экологические ограничения и не учитывала возможные риски для окружающей среды. Индустриализация разрушила прежний уклад, при котором производство и жилье сосуществовали в одних зданиях. Это дало импульс развитию специализированных промышленных территорий, что, в свою очередь, способствовало экономическому росту городов. В XVIII веке предприятия начали перемещаться в сельские поселения и становились центрами новых рабочих поселков, которые, в отличие от традиционных деревень, характеризовались доминированием промышленной функции: фабричное здание размещалось в центре и окружалось жилыми домами.

С XIX века промышленное строительство стало массово развиваться в городах. Для обеспечения производительности требовалась устойчивая связь с транспортной системой и рабочей силой, что могло быть реализовано именно в городской структуре. Размещение таких территорий осуществлялось преимущественно в интересах производства, вследствие чего застройка формировалась хаотично: центральные районы занимали заводы и фабрики, а береговые линии и транспортные пути плотно застраивались жилыми домами [1].

На рубеже XIX–XX веков, после анализа фабричных территорий, санитарно-гигиенического состояния рекреационных зон и рек, было принято решение о создании и утверждении регламентов, способных на законодательном уровне регулировать размещение предприятий. Для России одним из основных документов стал «Строительный устав» 1832 года, в котором описывались архитектурные и градостроительные нормы, а также принципы государственного надзора [2].

Однако тенденция к размещению производственных площадок в центре города все еще сохранялась. Вместе с тем из-за интенсивной застройки этих территорий свободных пространств практически не оставалось, поэтому заводы начали перемещаться на окраины. В рамках такой стратегии строительство фабрик вновь изменило пространственную направленность: они стали не просто выделяться среди жилой застройки, а обособляться от нее. Впоследствии, в результате подобного функционального разделения, промышленные территории превратились в своеобразные «пятна» в планировочной структуре города — самостоятельные единицы, которые зачастую слабо взаимодействовали с другими городскими территориями [1].

В 1970–1980-х годах начался новый период в развитии промышленной сферы. Малые и средние предприятия получали значительные преимущества: более низкие производственные затраты, способность быстро адаптироваться к меняющимся условиям, а также существенно меньшая потребность в энергетических и иных ресурсах. Эти факторы делали крупные предприятия менее востребованными, однако полностью своего существования они не прекращали [3].

В разных странах мира постепенно начался процесс деиндустриализации. Перенос промышленности в развивающиеся страны позволил сократить затраты на производство и оплату труда, а автоматизация большинства процессов значительно уменьшила потребность в рабочей силе. Все это постепенно приводило к снижению доли населения, занятого в производственной сфере, и закрытию большого количества фабрик. Россию этот процесс затронул в 1991 году, после распада СССР и утраты лидирующих позиций в области промышленного производства [4].

Постепенное накопление морально и функционально устаревших промышленных территорий подтолкнуло к формированию первых идей реновации. Одной из первых стран, начавших менять визуальный облик подобных пространств, стала Германия, где были созданы парк и культурные центры на территории бывших угольных шахт. В 1994 году состоялось открытие ландшафтного парка «Дуйсбург-Норд» (рис. 1) [5].



Рис. 1. Парк доменной печи на территории Дуйсбург-Норд [5]

В России активное развитие началось в начале 2000-х годов. Попытки реновации зданий и территории носили исключительно адаптивный характер и ограничивались сохранением форм с минимальными внутренними изменениями. Таким примером является создание дизайнерского центра «ARTPLAY» в Москве на базе бывшего завода «Манометр» (рис. 2) [6].

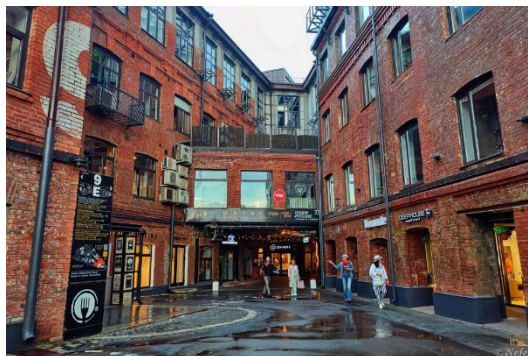


Рис. 2. ARTPLAY, Москва [6]

Следующим этапом было активное вмешательство в конструктивные и инженерные решения зданий. Проекты данной стадии предусматривают модернизацию зданий под офисные и жилые пространства с повышением комфортности и функциональной гибкости. При этом сохраняется архитектурный характер и внешний облик объектов, что обеспечивает визуальную связь с историей территории (рис. 3) [7].



Рис. 3. Бизнес квартал «Арма», Москва [8]

В 2010-е годы практика редевелопмента промышленных территорий преимущественно основывалась на сносе устаревших производственных объектов и последующем возведении на их месте жилых комплексов. Однако к концу десятилетия получил распространение иной подход, при котором композиционные доминанты новых ансамблей формировались с сохранением отдельных фрагментов заводской архитектуры, что придавало таким комплексам выраженное своеобразие [9].

Приоритетное значение приобрела реновация, ориентированная на сохранение историко-культурного и архитектурного наследия. В Севкабель-Порту дореволюционные корпуса и постройки советского периода были отреставрированы, а сама территория преобразована в многофункциональное городское пространство, включающее мастерские, офисы, кафе и площадки для проведения культурных событий. Индустриальная идентичность, подчеркнутая архитектурными деталями, формирует уникальный облик района и повышает его привлекательность для жителей (рис. 4) [10].

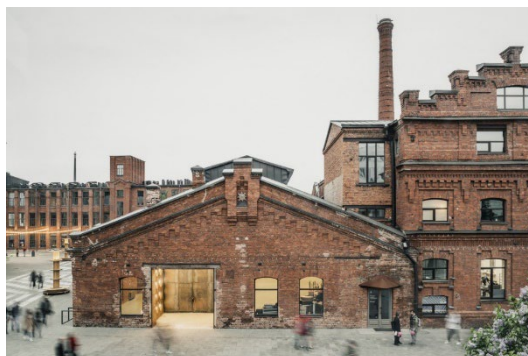


Рис. 4. Севкабель-Порт, Санкт-Петербург [10]

Заключение. Переход от индустриальной экономики к постиндустриальной модели городского развития сопровождается трансформацией бывших промышленных зон. Этот процесс определяет векторы территориального развития, способствует решению актуальных урбанистических задач и позволяет рассматривать реновацию как значимый инструмент преобразования городской среды. Она обеспечивает сохранение архитектурного наследия, поддерживает устойчивое развитие территории и способствует созданию полифункциональных городских пространств.

Список литературы

1. Морозова Е.Б. Историческая эволюция взаимосвязи «город-производство»: пространственный аспект. В: *Сборник научных трудов «Архитектура»*. Минск: БНТУ; 2019. С. 182–186.
2. *Устав строительный, измененный по продолжениям 1876 и 1879 гг., с разъяснениями по решениям Уголовного кассационного департамента Правительствующего сената и приложением циркуляров Министерства внутренних дел и позднейших узаконений*. Санкт-Петербург: тип. К.К. Ретгера. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003545695 (дата обращения: 19.03.2026).
3. Стародубровская И., Лободанова Д., Борисова Л., Филюшина А. Стратегии развития старопромышленных городов: международный опыт и перспективы в России. В: *Научные труды Фонда «Институт экономической политики им. Е. Т. Гайдара»*. Москва: Институт Гайдара; 2011. 248 с.
4. *Деиндустриализация и ее примеры*. URL: https://spravochnick.ru/ekonomika/deindustrializaciya_i_ee_primery (дата обращения: 19.03.2026).
5. *Landschaftspark Duisburg Nord*. URL: <https://landezine.com/post-industrial-landscape-architecture-latz-partner> (дата обращения: 20.03.2026).
6. *Креативный кластер ARTPLAY: детали и объекты, на которые стоит обратить внимание*. URL: <https://dzen.ru/a/ZJHic88uUALVpwmM> (дата обращения: 20.03.2026).
7. *Редевелопмент промышленных территорий в России: история, тенденции и вызовы*. URL: <https://arrowcapital.ru/blogs/redevelopment-promyshlennykh-territoriy-v-rossii-istoriya-tendentsii-i-vyzovy/> (дата обращения: 20.03.2026).
8. *Аренда площадей в БЦ "АРМА"*. URL: <https://armazavod.ru> (дата обращения: 21.03.2026).
9. Бессарабова Я.И., Евтушенко-Мулукаева Н.М. Реновация и интеграция промышленных предприятий в современную городскую среду. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019;(3(81)):169–171 <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.81.3.035>
10. *Реконструкция комплекса Севкабель в Санкт-Петербурге*. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/135770> (дата обращения: 21.03.2026).

Об авторах:

Ольга Сергеевна Хмелевская, магистрант кафедры «Градостроительство и проектирование зданий» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), hmelevskaya.olechka@yandex.ru

Дмитрий Викторович Чеботарев, доцент кафедры «Градостроительство и проектирование зданий» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), chebotarev5@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Olga S. Khmelevskaya, Master's Degree Student of the Urban Planning and Building Design Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), hmelevskaya.olechka@yandex.ru

Dmitry V. Chebotarev, Associate Professor of the Urban Planning and Building Design Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), chebotarev5@yandex.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ



УДК 711.4:711.552.3

Особенности формирования административно-деловых центров с XIX века по настоящее время

В.Д. Мединская, Ю.Я. Дворников

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В статье рассматриваются особенности формирования административно-деловых центров в период с XIX века до настоящего времени. Актуальность исследования определяется необходимостью уточнения роли административно-делового центра как multifunctional градостроительного ядра, интегрирующего управленческие, деловые, финансовые, коммуникативные и общественные функции. Цель статьи состоит в выявлении исторических этапов, ключевых факторов и типологических моделей развития административно-деловых центров. На основе историко-градостроительного, сравнительного и системного анализа установлены закономерности перехода от моноцентричных деловых районов индустриальной эпохи к современным полицентричным и смешанным городским структурам. Сформулированы рекомендации по дальнейшему развитию административно-деловых центров с учетом транспортной доступности, функционального разнообразия и сохранения городской идентичности.

Ключевые слова: административно-деловой центр, деловой квартал, градостроительство, общественно-деловая зона, полицентризм, моноцентризм, смешанное использование территорий, транспортная доступность, городская идентичность, устойчивое развитие

Для цитирования. Мединская В.Д., Дворников Ю.Я. Особенности формирования административно-деловых центров с XIX века по настоящее время. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):100–103.

Features of the Administrative and Business Centers' Formation from 19th Century to the Present Time

Viktoriya D. Medinskaya, Yuri Ya. Dvornikov

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article studies the features of forming the administrative and business centers in the period from the 19th century to the present time. The relevance of the study stems from the need to specify the role of an administrative and business center as a multifunctional core in urban planning that integrates the managerial, commercial, financial, communicative and social functions. The aim of the article is to identify historical stages, milestones and typological models in the development of administrative and business centers. Based on the methods of historical and urban planning analysis, as well as comparative and system analyses, the transition from the monocentric business districts of the industrial era to the polycentric and mixed-use urban structures of the present time has been ascertained. Recommendations for further development of administrative and business centers with respect to transport accessibility, functional diversity and preservation of urban identity have been formulated.

Keywords: administrative and business center, business district, urban planning, public and business area, polycentrism, monocentrism, mixed-use development of the territories, transport accessibility, urban identity, sustainable development

For citation. Medinskaya VD, Dvornikov YuYa. Features of Administrative and Business Centers' Formation from 19th Century to the Present Time. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):100–103.

Введение. Административно-деловой центр представляет собой один из ключевых элементов функционально-планировочной структуры современного крупного города. В его пределах концентрируются управленческие, деловые, финансовые, коммуникационные и общественные функции, формируя пространство принятия решений, деловой активности и репрезентации городского статуса. В отличие от традиционного исторического центра, административно-деловой центр не всегда совпадает с историческим ядром города: он может складываться в центральной части, на периферийных территориях, в зоне транспортного узла, на преобразуемых промышленных площадках либо в составе системы городских подцентров.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в современных городах административно-деловые центры испытывают воздействие разнонаправленных процессов: роста стоимости земли, транспортной перегруженности, цифровизации экономики, трансформации форм занятости, повышения требований к качеству общественных пространств и необходимости сохранения историко-культурной идентичности. В данных условиях простое размещение офисных или административных зданий уже не обеспечивает устойчивого развития территории. Необходимым становится формирование сложной, многофункциональной и человекоориентированной городской среды.

В градостроительной теории понятие административно-делового центра нередко соотносится с такими категориями, как «общественный центр», «центральная деловая зона», «деловой кластер», «финансовый район» и «общественно-деловая зона». Вместе с тем специфика административно-делового центра заключается в объединении управленческих и бизнес-функций, благодаря чему он выступает одновременно центром власти, экономических решений, деловых коммуникаций и городской активности.

Цель статьи — выявить особенности формирования административно-деловых центров с XIX века по настоящее время, а также определить основные закономерности их трансформации в структуре крупного города.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи: рассмотреть исторические предпосылки развития деловых и административных кварталов; раскрыть специфику формирования административно-деловых центров в XIX, XX и XXI веках; выявить ключевые функции и факторы, влияющие на их развитие; систематизировать типологические модели административно-деловых центров; сформулировать рекомендации по их современному градостроительному развитию.

Методологическую основу исследования составляют историко-градостроительный анализ, сравнительный метод, системный подход, а также обобщение научной литературы и нормативных положений в сфере территориального планирования. Научная новизна статьи заключается в уточнении понятия административно-делового центра как многофункционального градостроительного комплекса и систематизации этапов его эволюции — от индустриального делового района к современной полицентричной городской структуре.

Исторические предпосылки и индустриальный этап формирования деловых центров. Хотя предпосылки формирования деловых и административных кварталов прослеживаются уже в античных и средневековых городах, именно XIX век стал переломным этапом в развитии пространств, типологически близких к современному административно-деловому центру. Индустриализация, рост городского населения, развитие торговли, банковской системы и транспортных коммуникаций обусловили потребность в новых городских территориях, в пределах которых концентрировались управление, финансы, коммерческая деятельность и обслуживание.

Для XIX века характерно усиление роли центральных городских территорий как мест сосредоточения банков, бирж, контор, гостиниц, почтовых учреждений, торговых домов и органов управления. Деловой центр данного периода формировался преимущественно на основе транспортных и торговых преимуществ территории. Железнодорожные вокзалы, порты и магистральные улицы превращались в новые точки притяжения капитала, тогда как исторические площади и главные улицы продолжали выполнять административные и общественные функции [1].

Уолл-стрит в Нью-Йорке наглядно иллюстрирует указанный процесс. На относительно небольшой территории были сосредоточены портовая доступность, торговые операции и финансовые институты. Подобные пространства в XIX — начале XX века демонстрировали характерную закономерность: деловой центр возникал и укреплялся там, где пересекались потоки капитала, транспорта, торговли и административного регулирования; совпадение данных факторов становилось решающим условием его развития [2].

Развитие административно-деловых центров в XX веке. XX век стал периодом активного переосмысления принципов городской организации. Рост промышленных городов, увеличение плотности населения, санитарные проблемы и транспортные перегрузки выявили ограничения моноцентрической модели. В ответ на эти вызовы в градостроительной практике получили распространение идеи функционального зонирования, децентрализации и полицентрического развития.

В модернистской градостроительной теории особую роль сыграла концепция «Лучезарного города» Ле Корбюзье. Ее основными принципами стали разделение функций, свободная застройка, высокая плотность деловой зоны, строгая геометрическая организация и выделение транспортных потоков. Несмотря на утопичность и последующую критику, данные идеи оказали влияние на формирование административных и деловых районов в городах XX века, включая Чандигарх, послевоенные реконструкции европейских городов и деловые центры американских мегаполисов [1].

Послевоенная реконструкция городов выявила двойственный результат модернистского подхода. С одной стороны, функциональное зонирование позволяло решать задачи транспорта, санитарного состояния, восстановления жилья и организации новых центров. С другой стороны, чрезмерное разделение функций приводило к монотонности среды, утрате исторической преемственности и возникновению территорий, активных преимущественно в рабочее время [3].

Во второй половине XX века усилилась роль автомобильного транспорта. Даунтауны американских городов достигли высокой концентрации офисной, финансовой и торговой активности, однако впоследствии столкнулись с кризисными явлениями: переносом функций в пригороды, развитием торговых центров, образованием периферийных деловых зон и снижением активности центральных районов в вечернее время. На этой основе сформировался феномен периферийных деловых центров, получивших в западной литературе обозначение «edge city» [4].

Для российских городов XX века существенное значение имела система общественных центров, административных ансамблей, площадей и главных проспектов. Вместе с тем доминирование моноцентрической структуры сохранялось во многих городах, что в дальнейшем привело к перегрузке исторических центров и необходимости формирования дополнительных общественно-деловых подцентров [5].

Современный этап развития административно-деловых центров. В настоящее время формирование административно-деловых центров является актуальной градостроительной задачей. Речь идет о принципиально иной структуре организации городского пространства. В условиях четкого планирования и функционального зонирования городов-миллионников стали формироваться новые центры, в большей степени «самоорганизующиеся» на базе торгово-развлекательных комплексов в селитебных и промышленных зонах.

Жилое функциональное зонирование, доминировавшее в прошлом столетии, постепенно замещается моделью, совмещающей деловые, административные, жилые, культурные, гостиничные, рекреационные и сервисные функции.

Так, например, в современных генеральных планах более чем 30 крупнейших городов России, принятых в 2005–2012 гг., декларируется необходимость формирования многофункциональных зон в новых планируемых жилых районах [6].

В России при проектировании деловых центров чаще всего формируется полицентричная модель. Однако отечественные градостроители сталкиваются с недостаточно адаптированной нормативной базой, поскольку действующие правила и нормы не в полной мере учитывают потребности многофункциональной застройки. Градостроительный кодекс описывает визуальные параметры, оставляя правовые аспекты проектирования многофункциональных комплексов недостаточно раскрытыми. При создании «живой» и безопасной городской среды, где общественные пространства сохраняют «человеческий масштаб», градостроителям приходится использовать принципы городского планирования, критерии качества среды и методику оценки первых этажей зданий [7].

Функции административно-делового центра. В настоящее время современный деловой центр формируется на основе исторического ядра города, срединной зоны, части периферийных территорий, а также развитого транспортно-пешеходного каркаса, наличия региональных и городских магистралей, интеграции деловых процессов в существующую среду и концентрации сопутствующих функций. Он совмещает управленческую и деловую функции, сосредоточивая органы государственной и муниципальной власти, подразделения стратегического планирования и административного обслуживания, офисы компаний, банки, юридические, консалтинговые, страховые, выставочные и гостиничные структуры [8].

Финансовая составляющая административно-делового центра обеспечивает концентрацию капитала. Коммуникативная функция опирается на систему конференций, форумов, переговорных площадок и общественных пространств. Эти элементы объединяют бизнес, власть, профессиональные сообщества и население.

При проектировании генеральных планов административно-деловых центров градостроители и архитекторы опираются на несколько типологических моделей пространственной организации, в которых размещение функций по территории города или агломерации формирует моноцентрическую, полицентрическую, лучевую и рассеянную схемы. Каждая из них обладает собственным набором преимуществ и ограничений [9].

Заключение. В исследовании рассмотрены перспективы развития центрального делового района в анализируемом ареале, наличие сформированного административно-делового центра, динамика роста и степень концентрации офисно-деловой функции в границах изучаемых территорий. Административно-деловые центры функционируют в составе общей городской системы, в которой жилые массивы, маршруты общественного транспорта, историко-культурный контекст и публичные пространства образуют целостную пространственную структуру. Они не могут рассматриваться как автономная система, замкнутая исключительно в пределах собственных территориальных границ. В связи с этим при формировании таких центров необходимо учитывать многообразие не только внутренних факторов, присущих населенному месту, но и внешних условий, влияющих на его градостроительное развитие.

Список литературы

1. Гутнов А.Э. *Эволюция градостроительства*. Москва: Стройиздат; 1984. 256 с.
2. Глазычев В.Л. *Урбанистика*. Москва: Европа; 2008. 220 с.
3. Линч К. *Образ города*. Москва: Стройиздат; 1982. 328 с.
4. Макарова М.Г., Ладик Е.И., Киселев С.Н. Современные тенденции в формировании общественно-деловых пространств. *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2019;4(4):94–102 https://doi.org/10.34031/article_5cb1e65c39c480.46537349
5. Костоф С. *Городские ансамбли. История архитектурной формы*. Москва: Стройиздат; 1993. 320 с.
6. *Руководство по проектированию общественных центров городов, поселков и сельских населенных мест*. Центральный научно-исследовательский и проектный институт по градостроительству. Москва: Стройиздат; 1982. 55–56 с.
7. Жуковский Р.С. Архитектурно-градостроительная типология общественно-деловых субцентров городов. *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2017;1(60):82–95.
8. Закирова Ю.А., Куликова Е.С. Принципы размещения и формирования центров административных районов крупного города. *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2020;3(53):96–107.
9. Каясов А.А. Динамика строительства деловых центров в срединной зоне г. Самары. *Вестник СГАСУ*. 2016;6(3):62–66. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2016.03.10>

Об авторах:

Виктория Дмитриевна Мединская, магистрант кафедры «Градостроительство и проектирование зданий» Донского государственного технического университета (344000, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), m.dimonvictor07@gmail.com

Юрий Яковлевич Дворников, доцент кафедры «Градостроительство и проектирование зданий» Донского государственного технического университета (344000, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), y.dvornikov@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Viktoria D. Medinskaya, Master's Degree Student of the Urban Planning and Building Design Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation), m.dimonvictor07@gmail.com

Yuri Ya. Dvornikov, Associate Professor of the Urban Planning and Building Design Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation), y.dvornikov@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.