

ISSN 2306-8493

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

СОВРЕМЕННОЙ
НАУКИ,
ТЕХНИКИ И
ОБРАЗОВАНИЯ

2026. Т. 17. №1

конференция
84

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ, ТЕХНИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

ISSN 2306-8493

Научно-технический журнал

2026. Т. 17. №1

Учредитель – Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова
(455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38)

Главный редактор:

проф., д-р техн. наук *О.Н. Тулунов*

Ответственный редактор:

канд. техн. наук *С.В. Пыхтунова*

Редколлегия:

доц., канд. техн. наук *М.В. Андросенко*

доц., канд. техн. наук *Ю.Н. Кондрашова*

доц., канд. ист. наук *Н.Н. Макарова*

канд. пед. наук *Е.А. Москвина*

доц., канд. арх. *Е.К. Подобреева*

Редактор: *Н.П. Боярова*

Технический

редактор: *Т.В. Леонтьева*

© ФГБОУ ВО «МГТУ
им. Г.И. Носова», 2026

Адрес редакции:

455000, Челябинская обл.,
г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова».
Тел. (3519) 29-84-63.
E-mail: pio@magtu.ru

Адрес издателя:

455000, Челябинская обл.,
г. Магнитогорск, пр. К.Маркса, 45/2,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»,
издательский центр.

Адрес типографии:

455000, Челябинская обл.,
г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»,
участок оперативной полиграфии.

Сведения о журнале размещаются
в базах данных РИНЦ, ВИНТИ
и в сети Интернет.

16+, в соответствии с Федеральным
законом №436-ФЗ от 29.12.10.

Выход в свет 10.09.2026 г. Заказ 302.
Тираж 300 экз. Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

Харченко А.С., Сибгатуллин С.К., Бигеев В.А., Потапова М.В., Сысоев В.И., Эпова И.А., Кургузов К.В. Комплексная переработка природнолегированных железохромоникелевых руд Южного Урала методами пиро- и гидрометаллургии.....	2
Засов Н.Е., Столяров А.М., Юдин Д.В., Янко Я.Ю. Особенности охлаждения слябов из низкоуглеродистой легированной стали в верхней части ЗВО МНЛЗ	6
Неклюдов Д.Н., Кузьмина У.В. Анализ уязвимостей и ограничений многоагентных систем обнаружения вторжений на основе глубокого обучения с подкреплением	10
Андрюшин К.И. Состояние и перспективы развития компенсации реактивной мощности крупного металлургического предприятия	13
Бондарев Е.С., Андреев С.М. Решение задачи кристаллизации двухслойных опорных валков, получаемых методом промывки	17
Егорова Л.Г., Кустубаев А.Р., Абдулфайзов А.В. Автоматизация архивного делопроизводства приёмной комиссии МГТУ им. Г.И. Носова.....	19
Титов В.М., Логунова О.С. Разработка CASE-средства для контекстного моделирования сложных систем	23
Николаев А.А., Гилемов И.Г., Денисевич А.С., Афанасьев М.Ю., Кондратенко Н.А., Гатиатуллин Р.В. Обеспечение электромагнитной совместимости ПЧ-АВ за счет согласованного изменения частотной характеристики сети и параметров ШИМ	27
Кочержинская Ю.В., Гребенев М.С. Причины возникновения «тёмных» данных при анализе видеопотока транспортной нагрузки на регулируемых перекрестках.....	32
Смирнова А.В., Бирюлина В.Д. Разработка фирменного стиля для котакафе.....	37
Тарасюк Е.В., Пономарев А.П., Антошкин А.С., Бобенко К.Д., Сомова А.В. Исследование смачиваемости антикоррозионных упаковочных материалов....	40
Антошкин А.С., Фадеева А.А., Тарасюк Е.В. «Зелёная» упаковка: тренды и инновации.....	43
Москвина Е.А., Москвин Д.А., Климова А.Е., Малова А.А., Бузуева М.В. Трансформация бизнес-процессов с помощью автономных ИИ-агентов	47
Белов В.К., Губарев Е.В., Кривко О.В. Особенности новой регламентации шероховатости поверхности холоднокатаного листа	49
Москвина Е.А., Белоусова И.Д., Москвин Д.А., Валеева К.Д. Возможности применения цифровых двойников в сфере экологии и здравоохранения.....	54
Абдуллина А.Д., Вандышева О.В. Современные тенденции применения керамики в ювелирных украшениях.....	58
Белова Е.Л. Художественная организация и выявление заданного пространства	62
Суровцов М.М., Копытова А.В. Влияние архитектурной среды на эмоциональное состояние социума. Звук	66
Старкова Л.Г., Тургумбаев Н.К., Рыбалко Е.Р. Влияние микроклимата на эффективность содержания крупного рогатого скота..	69
Чернышева А.С., Наркевич М.Ю. Процессная модель информационного наполнения ТИМ-модели промышленного здания на стадии эксплуатации	72

УДК 669.162

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРИРОДНОЛЕГИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОХРОМОНИКЕЛЕВЫХ РУД ЮЖНОГО УРАЛА МЕТОДАМИ ПИРО- И ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ

Харченко А.С., Сибгатуллин С.К., Бигеев В.А., Потапова М.В., Сысоев В.И., Эпова И.А., Кургузов К.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. Предложен новый способ комплексной переработки бедных железохромоникелевых руд Южного Урала. Способ включает предварительное удаление хрома методами пиро- и гидрометаллургии, за которым следует твердофазное селективное восстановление никеля и отделение никельсодержащей металлической фазы для получения из нее товарного ферроникеля. Остаток в виде оксидной фазы, содержащей относительно невысокие количества хрома и никеля, подвергают сухой магнитной сепарации для концентрирования магнитовосприимчивых оксидов железа и направляют далее на карботермическое восстановление для получения передельного чугуна. Способ отличается возможностью получать в качестве конечного продукта железохромоникелевые стали, избегая трудностей при работе с гетерогенными хромистыми шлаками в сталеплавильных агрегатах. Для этого из получаемого передельного чугуна выплавляют сталь, которую затем легируют в ходе ковшевой обработки ферроникелем и феррохромом (или металлическим хромом), выделенными из исходных бедных железохромоникелевых руд на этапах удаления хрома и никеля.

Ключевые слова: железохромоникелевые руды, низкоуглеродистый феррохром, металлический хром, бедный ферроникель, пирометаллургия, гидрометаллургия, комплексная переработка руд, железохромоникелевая сталь

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования России (проект FZRU-2026-0003).

Нержавеющие стали занимают важное место в структуре современной металлургической промышленности и объемы их производства растут. Так, мировое производство нержавеющей стали в 2025 г. возросло на 2,1% по сравнению с 2024 г., а в отдельных странах (например, в Индии) среднегодовые темпы прироста за последние пять лет составляли 7,5% и более. Основными легирующими элементами нержавеющей сталей являются хром и никель, содержание каждого из которых может достигать 20%. В России сложилась парадоксальная ситуация: при высокой обеспеченности месторождениями хромитовых руд, из которых получают высокоуглеродистый феррохром, ощущается острый дефицит высокопроцентного низкоуглеродистого феррохрома и металлического хрома. Кроме того, в нашей стране, производящей и экспортирующей дорогостоящий металлический никель, возник дефицит недорогих никелевых ферросплавов с содержанием никеля от 10 до 20%.

Одним из перспективных источников хрома и никеля могут стать бедные комплексные руды Южно-Уральского региона. Однако существую-

щие технологии их переработки имеют существенные недостатки: низкую эффективность (доменная плавка, проводившаяся на Орско-Халиловском металлургическом комбинате), многостадийность и высокие экологические риски (восстановительно-сульфидирующая плавка, проводившаяся на «Южуралникеле»). В связи с этим актуальна разработка новых, более эффективных и экологически безопасных способов комплексной переработки Южно-Уральских природнолегируемых руд.

Основные месторождения комплексных железохромоникелевых руд Южного Урала – Халиловское, Сахаринское и Буруктаьское. Общие разведанные запасы превышают 500 млн т. Химический состав руд представлен в табл. 1.

Руды этих месторождений представлены в основном рыхлыми бурыми железняками; рудный минерал железа – преимущественно гидрогетит, реже – сидерит. Низкое содержание хрома и никеля делает их переработку традиционными методами экономически нецелесообразной.

Переработка халиловских руд на ОХМК с 1955 г. осуществлялась по доменной схеме. При выплавке хромоникелевого чугуна производительность печей снижалась почти вдвое по сравнению с

плавкой обычного чугуна. При переделе чугуна в сталь присутствие значительного количества оксидов хрома обуславливало образование высоковязких гетерогенных шлаков, которые имели низкую рафинирующую способность и затрудняли выпуск. При выплавке литейного чугуна он содержал лишь около 1% никеля вместо возможных 2-3%.

Таблица 1

Химический состав и запасы месторождений
бедных железохромоникелевых руд
Южно-Уральского региона

Наименование месторождения	Содержание, %			Запасы, млн т
	Fe _{общ}	Ni	Cr	
Орско-Халиловское:				340
Аккермановское	27,1	0,29	1,43	283
Новопетровское	37,0	0,45	1,70	10,5
Орловское	41,9	0,40	1,28	9,2
Новогеоргиевское	40,3	0,59	0,88	5,5
Малохалиловское	37,0	0,38	1,28	5,2
Сахаринское	32,7	1,05	1,40	200
Буруктаьское	1,05	0,89-1,15	0,43-0,50	20

Для сахаринских и буруктаьских руд долгие годы применялась восстановительно-сульфидирующая плавка с использованием пирита, колчедана или гипса в качестве сульфидизаторов. Технология характеризовалась многостадийностью, высоким расходом дорогостоящего кокса, трудоемкой подготовкой руды, а также значительными выбросами диоксида серы. С 2012 г. в связи с остановкой комбината «Южуралникель» месторождения не разрабатываются.

Таким образом, для переработки уральских железохромоникелевых руд необходима новая технология, обеспечивающая комплексное извлечение железа, хрома и никеля при высоких технико-экономических и экологических показателях.

На кафедре металлургии и химических технологий МГТУ им. Г.И. Носова была разработана схема переработки бедных железоникелевых руд, включающая:

- дробление и частичное твердофазное водородное восстановление (никель восстанавливается в первую очередь с образованием вкраплений ферроникеля);
- механическое дробление продукта и магнитную сепарацию для отделения пустой породы;
- разделительную плавку для агрегации капель ферроникеля;
- восстановительную плавку с коксом для получения литейного хромоникелевого чугуна.

Однако при повышенном содержании Cr_2O_3 в сырье эффективность схемы оказалась значительно ниже, чем предполагалось. Для переработки

руд с повышенным содержанием хрома предложено дополнить базовую схему стадией предварительного гидрометаллургического извлечения хрома. Результатом становится получение обесхромленного концентрата ($\text{Cr} < 0,5\%$), пригодного для выплавки более востребованного переделного чугуна, и одновременно высокопроцентного низкоуглеродистого феррохрома или металлического хрома ($\text{Cr} > 98\%$). Предлагаемая схема представлена на рис. 1.

Поскольку кислотное извлечение хрома из его амфотерного оксида Cr_2O_3 , преобладающего в железохромоникелевой руде, затруднено по причине присутствия в руде большого количества других основных (FeO , NiO , CaO , MgO и др.) и амфотерных (Fe_2O_3 , Al_2O_3 и др.) оксидов, для извлечения была выбрана схема с щелочным окислительным обжигом и последующим водным выщелачиванием, эффективно применяемая при промышленной переработке хромитовых руд.

Предлагаемая стадия гидрометаллургического извлечения хрома (рис. 2) включает следующие операции:

1. Дробление и измельчение исходной хром-содержащей руды.

2. Пирометаллургическая активация – щелочной окислительный обжиг с кальцинированной содой (Na_2CO_3) и кислородом воздуха:



3. Водное выщелачивание полученного спека для перехода растворимого хромата натрия в раствор.

4. Разделение пульпы на нерастворимый остаток (обесхромленный концентрат) и раствор хромат-иона.

5. Из раствора возможно осаждение Cr_2O_3 с последующим получением низкоуглеродистого феррохрома (алюмо- или силикотермией) или электролиз для получения металлического хрома ($\text{Cr} > 98\%$).

Включение в схему гидрометаллургической стадии переработки обеспечивает высокое (до 80% и выше) извлечение хрома. Остаток (обесхромленный концентрат) направляется на дальнейшую переработку по базовой схеме, включающей водородное селективное восстановление никеля в металлическую фазу (ферроникель), магнитную сепарацию для обогащения оксидной фазы этапа твердофазного восстановления, разделительную плавку полученной оксидной фазы для отделения железистого шлака и восстановительную плавку с использованием кокса в качестве восстановителя для получения переделного чугуна.



Рис. 1. Предлагаемая модифицированная схема переработки бедных железохромоникелевых руд с предварительным гидрометаллургическим извлечением хрома.

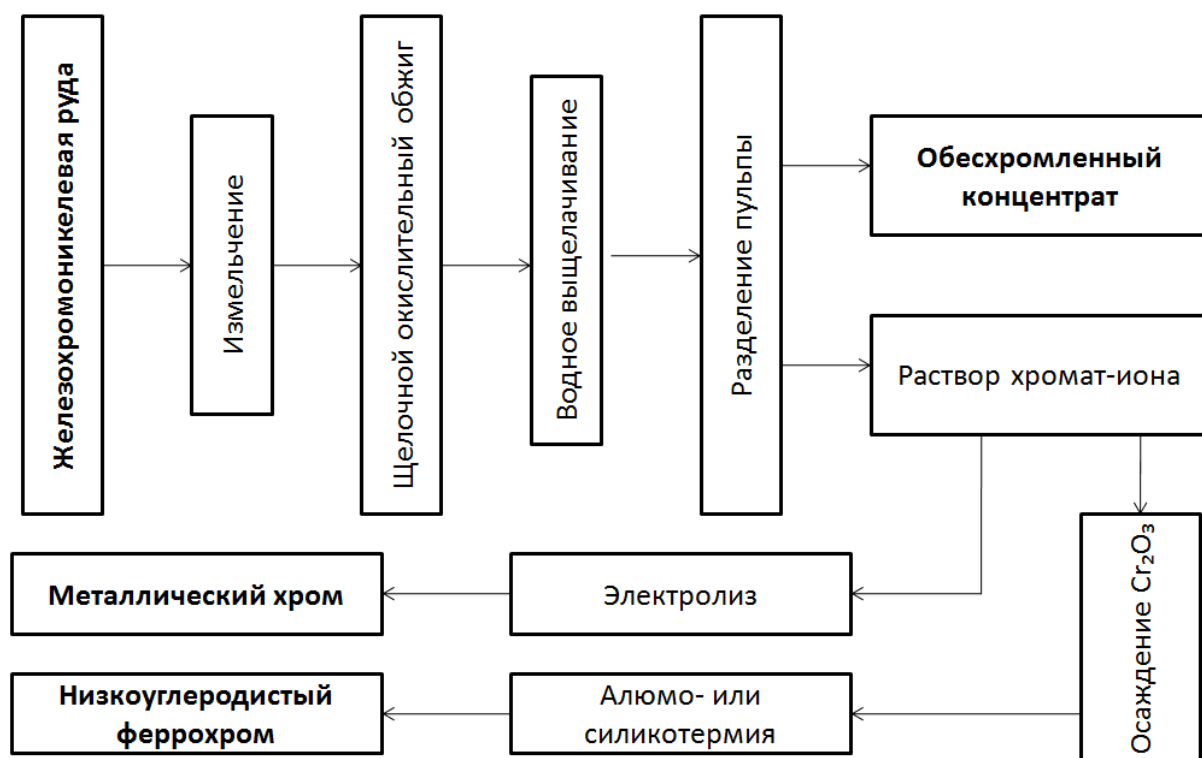


Рис. 2. Схема поэтапного гидрометаллургического извлечения хрома

Список источников

1. Лабораторные исследования твердофазного восстановления никельсодержащих руд Сахаринского месторождения с получением металлизированного продукта / В.А. Бигеев, А.С. Харченко, М.В. Потапова, В.И. Сысоев // Черные металлы. 2023. № 12.
2. Селективное восстановление комплексного железорудного сырья водородом / М.В. Потапова, А.С. Харченко, В.И. Сысоев [и др.]// Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 83-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 21-25 апреля 2025 года. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2025. С. 70.
3. Патент 2688072 С1 Российская Федерация, МПК C22B 34/22, C22B 34/34, C22B 1/00. Способ извлечения ванадия и хрома из ванадиево-хромовых

- шлаков: № 2018136315: заявл. 15.10.2018: опубл. 17.05.2019/ З. Фу, Л. Цзянь, М. Ли, Г. Гао; заявитель Паньган Груп Паньчжихуа Айрон Энд Стил Рисёч Инститют Ко., ЛТД. – EDN GBSEVR.
4. Патент 2808305 С1 Российская Федерация, МПК С22В 23/02, С22В 5/12, С22В 5/18. Способ переработки бедной окисленной никелевой руды: № 2023116226: заявл. 21.06.2023: опубл. 28.11.2023 / В. А. Бигеев, А. С. Харченко, М. В. Потапова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова».
5. Изучение поведения марганца и кремния при получении силикомарганца из бедных марганцевых руд / А.С. Харченко, М.В. Потапова, Л.А. Закуцкая [и др.] // Теория и технология металлургического производства. 2023. № 2(45). С. 13-18.

Сведения об авторах

Харченко Александр Сергеевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой металлургии и химических технологий ИММиМ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. ORCID 0000-0002-0454-6399

Сибгатуллин Салават Камилович – доктор технических наук, профессор кафедры металлургии и химических технологий ИММиМ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. ORCID 0009-0004-0220-0126

Бигеев Вахит Абдрашитович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры металлургии и химических технологий ИММиМ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. ORCID 0009-0006-3298-1941

Потапова Марина Васильевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры металлургии и химических технологий ИММиМ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. ORCID 0000-0001-8404-4243

Сысоев Виктор Иванович – кандидат технических наук, заведующий лабораторией кафедры металлургии и химических технологий ИММиМ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. ORCID 0000-0003-3537-7695

Эпова Ирина Александровна – аспирант кафедры металлургии и химических технологий ИММиМ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. ORCID 0009-0001-1213-0713

Кургузов Константин Вячеславович – аспирант кафедры металлургии и химических технологий ИММиМ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. ORCID 0009-0006-7049-882X

УДК 621.74.047

ОСОБЕННОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ СЛЯБОВ ИЗ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗВО МНЛЗ

Засов Н.Е.¹, Столяров А.М.¹, Юдин Д.В.¹, Янко Я.Ю.²¹ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск²ФГБОУ ВО «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского», Норильск

Аннотация. Анализ качества горячекатаных листов из слябов, отлитых на четырех МНЛЗ криволинейного типа, показал, что наибольшее количество отсортированной продукции получено при прокатке из заготовок шириной 1030–1080 мм. Основной причиной являлось наличие дефектов в периферийной части листов, которые могли образоваться из-за ребровых трещин на узкой грани сляба. Известно, что такие трещины могут возникать в результате переохлаждения углов заготовки. В работе проведен статистический анализ массива производственных данных из 293-х плавов стали марки 09Г2С. При изучении схемы водяного охлаждения под кристаллизатором было установлено, что при отливке слябов шириной 1030–1080 мм на трех машинах из четырех факелы крайних форсунок направлены так, что охлаждению подвергаются не только широкие, но и узкие грани заготовки. Для устранения этого было предложено рассмотреть возможность использования специальных защитных экранов. Внедрение экрана позволит защитить угол сляба от жесткого факела на расстоянии около 50 мм от узкой грани. Оценка эффективности применения защитных экранов будет сделана после определенного срока эксплуатации.

Ключевые слова: сталь, разливка, МНЛЗ, сляб, охлаждение, трещины, защитный экран

Анализ качества горячекатаных листов из слябов, отлитых на МНЛЗ криволинейного типа, показал, что наибольшее количество отсортированной продукции получено при прокатке слябов шириной 1030–1080 мм из низкоуглеродистой легированной стали. Основной причиной являлось наличие дефектов в периферийной части листов, которые могли образоваться из-за ребровых трещин на узкой грани сляба. Известно [1–4], что такие трещины могут возникать в результате переохлаждения углов заготовки.

Для анализа была выбрана конструкционная низкоуглеродистая легированная сталь марки 09Г2С. К главным особенностям стали данной марки относятся высокая прочность, сохранение механических характеристик в широком температурном диапазоне, возможность влиять на свойства посредством термической обработки, простота свариваемости деталей, создаваемых из листового проката, что открывает уникальные возможности для создания сложнейших конструкций для различных отраслей современной промышленности.

В соответствии с требованиями ГОСТ 19281-2014 сталь марки 09Г2С должна иметь следующий химический состав, мас. %:

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Al
0,08–	0,5–	1,3–	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	0,02–
0,12	0,8	1,7						0,05

Принадлежность данной стали к группе перитектических марок определяет склонность к повышенному трещинообразованию.

В работе проведен статистический анализ массива производственных данных из 293-х плавов стали марки 09Г2С.

Непрерывная разливка металла осуществлялась на четырех слябовых МНЛЗ криволинейного типа [5, 6]: МНЛЗ №1 и 4 – комбинированные с возможностью работы в двух- и четырехручьевом режимах, МНЛЗ №2 и 3 – четырехручьевые машины.

Отливались слябы с размерами поперечного сечения 250×1080 мм при четырехручьевом режиме разливки. Информация о количестве металла, разлитого на разных машинах, представлена на рис. 1.

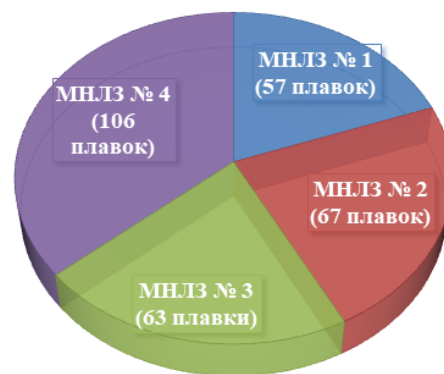


Рис.1. Количество металла, разлитого на разных МНЛЗ (указаны номер МНЛЗ и число плавов)

Наибольшее количество металла было разлито на МНЛЗ №4 – 106 плавов или 36 % от общего количества. На машинах №1, 2 и 3: 57 плавов (19%), 67 плавов (23%) и 63 плавки – (22%) соответственно.

В результате оценки качества поверхности отлитых слябов были обнаружены угловые трещины, послужившие причиной перевода части отливок в несоответствующую продукцию и брак (рис. 2).

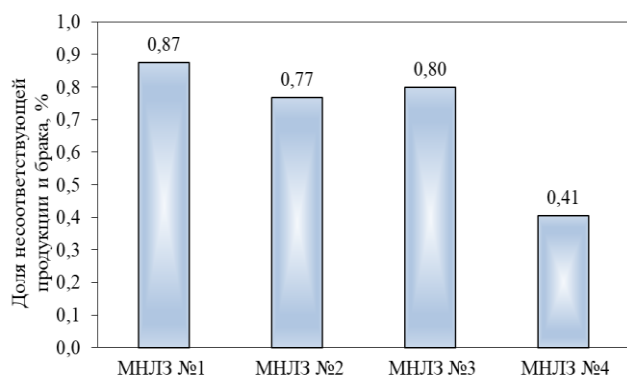


Рис. 2. Количество несоответствующей продукции и брака слябов сечением 250×1080 мм из стали марки 09Г2С, отлитых на разных машинах

Из рис. 2 видно, что наименьшее количество отсортированных слябов (0,41%) получено при

разливке металла на МНЛЗ №4, а на остальных машинах значительно – примерно вдвое выше: 0,87; 0,77 и 0,80%.

Одной из причин возникновения угловых трещин при кристаллизации заготовки может являться локальное переохлаждение углов сляба.

С целью изучения особенностей охлаждения сляба в верхней части зоны вторичного охлаждения разных МНЛЗ была рассмотрена организация форсуночного охлаждения под кристаллизатором (рис. 3–5).

При рассмотрении рис. 3 видно, что на ширине 1340 мм крайние форсунки в зоне подбоя находятся на некотором расстоянии от краев сляба, тем самым равномерно охлаждают углы сляба водной дисперсией.

На рис. 4 можно отметить, что из-за конструктивной особенности кристаллизаторов, при перестройке на сечение 1030-1080 мм, узкие торцевые стенки сдвигаются. Форсунки охлаждения, расположенные в зоне подбоя, не меняют своего положения и располагаются напротив углов слябовой заготовки. Это приводит к локальному переохлаждению углов сляба целенаправленной струей воды, что может послужить причиной трещинообразования на поверхности заготовки.



Рис. 3. Схема форсуночного охлаждения под кристаллизатором МНЛЗ №2, 3 для сляба сечением 250×1340 мм

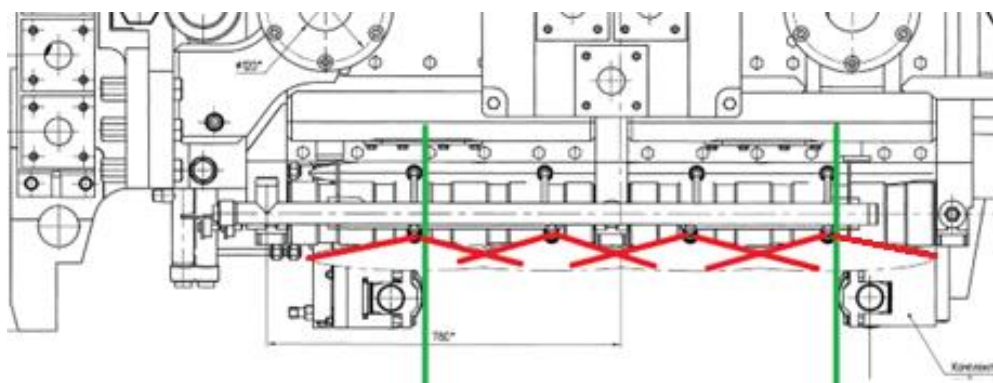


Рис. 4. Схема форсуночного охлаждения под кристаллизатором МНЛЗ №2, 3 для сляба сечением 250×1080 мм

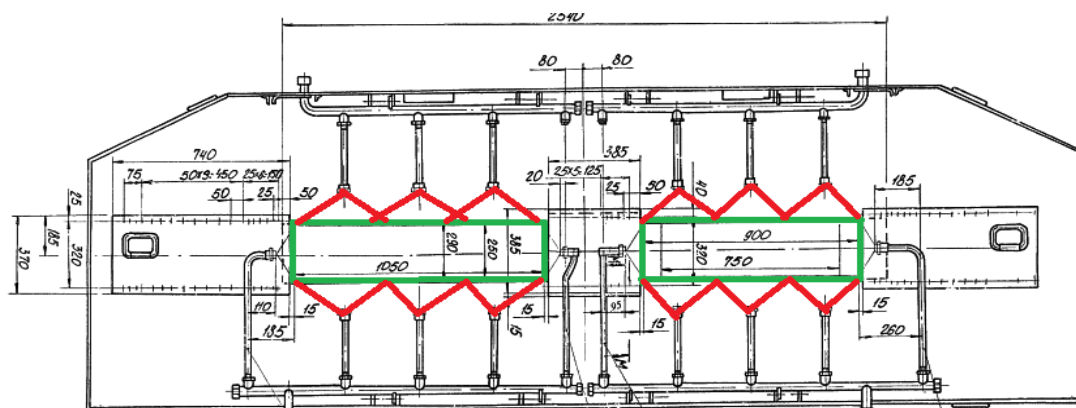


Рис. 5. Схема форсуночного охлаждения под кристаллизатором МНЛЗ №4 для сляба сечением 250×1080 мм

Из рис. 5 следует, что на кристаллизаторах МНЛЗ №4, настроенных на сечение шириной 1030-1080 мм, проблемы расположения форсунок не наблюдаются из-за отличия кристаллизаторов в сравнении с МНЛЗ №1, 2, 3. На МНЛЗ №4 отсутствует подвесная система у кристаллизатора, а охлаждающие форсунки располагаются на специальном съемном поддоне. Для получения равномерного охлаждения корочки слитка на каждом поддоне водяные форсунки располагаются на разных расстояниях друг от друга.

Для минимизации переохлаждения углов сляба была рассмотрена возможность установки специальных защитных экранов (рис. 6).

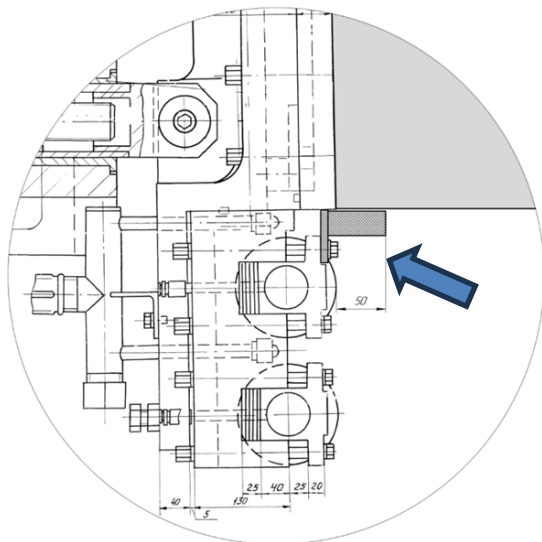


Рис. 6. Вид защитного экрана

Специальный экран устанавливается на болтовое крепление подушки верхнего торцевого ролика подвесной системы кристаллизатора.

Внедрение экрана позволит защитить угол сляба от жесткого факела на расстоянии около 50 мм от узкой грани. Оценка эффективности применения защитных экранов будет сделана после определенного срока эксплуатации.

Заключение

Анализ качества горячекатаных листов из слябов, отлитых на МНЛЗ криволинейного типа, показал, что наибольшее количество отсортированной продукции получено при прокатке заготовок шириной 1030–1080 мм. Основной причиной являлось наличие дефектов в периферийной части листов, которые могли образоваться из-за ребровых трещин на узкой грани сляба. Известно, что такие трещины могут возникать в результате переохлаждения углов заготовки. В работе выполнен статистический анализ массива производственных данных из 293-х плавов стали марки 09Г2С с отливкой слябов сечением 250×1080 мм на МНЛЗ №1–4. Наименьшее количество отсортированных слябов получено при разливке металла на МНЛЗ №4, а на остальных машинах значительно – примерно вдвое выше. Одной из причин возникновения угловых трещин при кристаллизации заготовки может являться локальное переохлаждение углов сляба. При изучении схемы водяного охлаждения под кристаллизатором было установлено, что при отливке слябов шириной 1030–1080 мм на МНЛЗ №1, 2 и 3 факелы крайних форсунок направлены так, что охлаждению подвергаются не только широкие, но и узкие грани заготовки. Для устранения этого было предложено использовать специальные защитные экраны. Внедрение экрана позволит защитить угол сляба от жесткого факела на расстоянии около 50 мм от узкой грани. Оценка эффективности применения защитных экранов будет сделана после определенного срока эксплуатации.

Список источников

1. Дюдкин Д.А. Качество непрерывнолитой заготовки. Киев: Техника, 1988. 253 с.
2. Ботников С.А. Современный атлас дефектов непрерывнолитой заготовки и причины возникновения.

- вения прорывов кристаллизующейся корочки металла. Волгоград: Панорама, 2011. 97 с.
3. Особенности охлаждения краевых участков непрерывнолитых слабов в зоне вторичного охлаждения криволинейных МНЛЗ / А.В. Федосов, Е.А. Казачков, Е.А. Чичкарев и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. 2010. №7. С. 253–255.
 4. Столяров А.М., Потапов И.М., Юдин Д.В. Качество непрерывнолитого металла, разлитого разными способами // Теория и технология металлургического производства. 2024. №3 (50). С. 4–8.
 5. Паршин В.М., Буланов Л.В. Непрерывная разливка стали. Липецк: ОАО «НЛМК», 2011. 221 с.
 6. Столяров А.М., Селиванов В.Н. Непрерывная разливка стали. Машины непрерывного литья заготовок. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. 192 с.

Сведения об авторах

Засов Никита Евгеньевич – аспирант кафедры металлургии и химических технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. AuthorID: 1330911

Столяров Александр Михайлович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры металлургии и химических технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: sam52.52@mail.ru. AuthorID: 443640

Юдин Данил Владиславович – магистрант кафедры металлургии и химических технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. AuthorID: 1097962

Янко Яна Юрьевна – аспирант кафедры металлургии, машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Запорожский государственный университет им. Н.М. Федоровского», г. Норильск.

УДК 004.896

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ И ОГРАНИЧЕНИЙ МНОГОАГЕНТНЫХ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

Неклюдов Д.Н., Кузьмина У.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. В статье рассматривается многоагентная система обнаружения вторжений на основе глубокого обучения с подкреплением. Анализируются конкретные архитектурные решения, математические допущения и практические ограничения системы. Выявляются уязвимости функций вознаграждения, функции потерь и механизма буфера воспроизведения, которые могут быть использованы при целенаправленных атаках на модель. Формулируются рекомендации по устранению выявленных проблем. Наряду с критикой отмечаются практически ценные аспекты предложенного подхода.

Ключевые слова: информационная безопасность, кибербезопасность, системы обнаружения вторжений, многоагентные системы, глубокое обучение с подкреплением, сетевые атаки, защита компьютерных сетей, атаки на системы ИИ

Многоагентные системы (МАС) представляют собой распределённые архитектуры, в которых несколько автономных агентов взаимодействуют между собой и с окружающей средой для решения общей задачи [1]. В контексте информационной безопасности МАС применяются для обнаружения вторжений, анализа трафика и реагирования на инциденты.

Среди современных реализаций МАС для задач обнаружения вторжений выделяется класс архитектур на основе глубокого обучения с подкреплением. В таких системах агенты не обучаются на фиксированной размеченной выборке, а взаимодействуют с потоком сетевых данных, формируя политику классификации через механизм вознаграждения. Это обеспечивает адаптивность к изменению паттернов атак — свойство, которого лишены классические сигнатурные методы [2].

Одной из характерных реализаций подобного подхода является двухуровневая многоагентная архитектура IDS, в которой N независимых агентов первого уровня (L1-агенты) специализируются на обнаружении отдельных типов атак, а агент второго уровня (decider) агрегирует их выходы и формирует итоговую классификацию [3]. Такая архитектура предполагает раздельное обучение агентов с использованием модифицированного алгоритма Deep Q-Network с взвешенной функцией потерь и функцией вознаграждения, чувствительной к стоимости ошибок.

Вместе с тем при детальном анализе подобных систем обнаруживается ряд уязвимостей, как математических, так и инфраструктурных. Часть из них допускает целенаправленное использование злоумышленником для обхода детектирования. Настоящая статья ставит целью выявить эти проблемы, описать механизмы их эксплуатации и предложить конкретные пути устранения, не дискредитируя сам подход в целом — его достоинства также будут рассмотрены.

Каждый L1-агент имеет фиксированное трёхмерное пространство действий, что порождает структурную проблему для атак со схожими признаками. При наличии, например, трёх подтипов веб-атак, таких как Brute Force, XSS, SQL Injection, соответствующий L1-агент не способен их разграничить: все они попадают в действие «атака своего класса», тогда как разграничение между подтипами ложится на агента второго уровня, который работает только с Q-значениями, а не с исходными признаками трафика. Decider-агент получает на вход конкатенацию Q-значений всех L1-агентов

$$S_{t, \text{decider}} = [Q(S_t, a_{1,1}), Q(S_t, a_{1,2}), Q(S_t, a_{1,3}), \dots, Q(S_t, a_{n,1}), Q(S_t, a_{n,2}), Q(S_t, a_{n,3})]$$

и выдаёт итоговую метку класса. Обучение агентов ведётся по алгоритму DQN с буфером воспроизведения ёмкостью M и взвешенной функцией потерь WMSE. Архитектура декларируется как модульная: добавление нового типа атаки требует лишь обучения нового L1-агента и переобучения decider, без перестройки остальной системы.

Проблема усугубляется при появлении новой атаки, вектор признаков которой перекрывается с несколькими существующими классами. Механизм добавления нового L1-агента, заявленный авторами подхода, не описывает процедуру разрешения конфликтов между агентами в зоне перекрытия.

Буфер воспроизведения каждого агента имеет ёмкость 10^7 переходов. Один переход для агента с ~ 80 признаками требует хранения двух векторов состояния, действия и вознаграждения — порядка 650 байт при хранении в float32. При 14 агентах суммарный объём буферов составляет около 90 ГБ оперативной памяти. Этот параметр в описаниях подобных систем, как правило, не указывается, что делает оценку производительности при масштабировании затруднённой.

Кроме того, пространство состояний decider-агента имеет размерность $3N$. При росте числа типов атак до 50 размерность возрастает до 150. Нейронная сеть с двумя скрытыми слоями по 128 нейронов, применяемая во всех агентах, при таких размерностях входа недостаточна для извлечения сложных зависимостей.

Функция вознаграждения агентов первого уровня определяется следующим образом. Пусть y обозначает истинную метку класса, а α — действие агента, соответствующее предсказанному классу. Каждый L1-агент специализирован на детектировании класса c . Тогда функция вознаграждения определяется следующим образом:

$$R(y, \alpha) = \begin{cases} +k, & \text{если } y = c \wedge \alpha = y \\ -k, & \text{если } y = c \wedge \alpha \neq y \\ +1, & \text{если } y \neq c \wedge \alpha = y, \\ -1, & \text{если } y \neq c \wedge \alpha \neq y \\ -k, & \text{если } y \neq c \wedge \alpha = c \end{cases}$$

где y — истинный класс; $\alpha \in A$ — действие агента; c — класс, за который отвечает данный L1-агент; $k > 1$.

Функция намеренно асимметрична: за ложную тревогу по «своему» классу агент получает штраф $-k$, равный по абсолютной величине штрафу за пропуск атаки. При достаточно большом k агент в условиях неопределённости будет систематически уклоняться от выбора действия «своя атака», занижая полноту (recall) по своему классу.

Рассмотрим L1-агент, специализирующийся на атаке типа DoS Hulk. Данная атака характеризуется специфическим распределением длин пакетов и межпакетных интервалов. Если злоумышленник, осведомлённый о принципах работы системы, добавляет к атакующим пакетам слу-

чайные задержки в диапазоне 5–20 мс и незначительно варьирует размеры пакетов (± 50 байт), вектор признаков смещается из «привычной» зоны агента. В результате вероятность действия «своя атака» снижается — агент избегает штрафа $-k$, выбирая «другая атака». Decider получает смешанный сигнал от нескольких агентов и может вернуть ошибочную метку или метку «нормальный трафик».

Значение k в описаниях подобных архитектур, как правило, не фиксируется явно. Это означает невозможность воспроизведения результатов без дополнительных экспериментов.

Для устранения данной уязвимости предлагается ввести адаптивный коэффициент $k(t)$, зависящий от скользящей оценки полноты агента по его классу за последние M эпизодов. При $\text{Recall}_t > \tau$ значение $k(t)$ увеличивается, при $\text{Recall}_t < \tau$ — уменьшается.

Данный механизм снижает вероятность систематического уклонения агента от выбора действия, соответствующего его целевому классу.

Для обучения агентов применяется модифицированная функция потерь:

$$WMSE = \frac{1}{N} \sum_i ((Q(s_i, a_i) - q_{\text{цел}}(s_i, a_i)) \cdot w_i)^2,$$

где $q_{\text{цел}}(s_i, a_i) = R_i + \gamma \max_a Q(s_{i+1}, a)$.

Веса w_i назначаются статически при записи перехода в буфер воспроизведения: L1-агентам назначается повышенный вес для образцов «своего» класса, а decider-агенту — для миноритарных классов.

Статическое назначение весов создаёт два типа проблем. Во-первых, если агент уже достиг высокого recall по миноритарному классу, продолжение обучения с завышенным весом приводит к переобучению и снижению качества на мажоритарных классах. Во-вторых, статические веса делают систему уязвимой к атаке на обучающие данные.

Рассмотрим класс Heartbleed, в типичных датасетах содержащий не более 10–15 образцов. Decider-агент назначает образцам этого класса максимальный вес w_i . Если злоумышленник в реальной сети периодически генерирует легитимные TCP-соединения с характерными для Heartbleed признаками, то есть специфические значения длины TLS-записи, версии протокола, эти образцы попадают в буфер воспроизведения с высоким весом. После нескольких эпизодов переобучения decider начинает классифицировать

нормальный TLS-трафик как Heartbleed, что ведёт к резкому росту FPR для класса BENIGN.

Рекомендация. Заменить статические веса алгоритмом, приоритизированным воспроизведением опыта, в котором приоритет перехода определяется значением TD-ошибки:

$$|R_i + \gamma \max_a Q(S_{i+1}, a) - Q(S_{i+1}, a)|.$$

Это исключает ручное задание весов и автоматически фокусирует обучение на наиболее информативных переходах без риска переобучения на искусственно завышенных образцах.

В рассматриваемом классе архитектур коэффициент дисконтирования устанавливается близким к нулю ($\gamma \approx 0$), поскольку задача формулируется как независимая классификация каждой отдельной записи. При этом Q-значение сводится к немедленному вознаграждению:

$$q_{\text{целес}}(s_i, a_i) \approx R_i.$$

Данное допущение корректно для статических датасетов, где записи перемешаны случайным образом. Однако в реальных сетях многие атаки обладают выраженной временной структурой: атака Slowloris устанавливает большое количество медленных соединений на протяжении десятков секунд; SSH Patator генерирует повторяющиеся попытки аутентификации с определёнными интервалами [4]. При $\gamma \approx 0$ агент не накапливает контекст предыдущих состояний и воспринимает каждый пакет изолированно, что принципиально снижает чувствительность к атакам типа low-and-slow.

Для атак с последовательной структурой рассмотреть применение Recurrent DQN с LSTM-ячейками либо формировать входной вектор как агрегат признаков по IP-потoku в скользящем окне последних T пакетов. В обоих случаях γ следует увеличить до значений 0,9–0,99.

Для получения достоверных оценок производительности необходимо проводить не менее трёх независимых прогонов обучения с различной инициализацией и публиковать среднее значение метрик со стандартным отклонением. Тестирование следует проводить без искусственного изменения соотношения классов в обучающей выборке.

Многоагентные системы обнаружения вторжений на основе глубокого обучения с подкреплением представляют перспективный подход к задачам сетевой безопасности, сочетающий адаптивность, модульность и возможность инкрементального обновления. Двухуровневая архитектура с независимыми специализированными агентами и централизованным агентом принятия решений демонстрирует удовлетворяющие показатели в контролируемых экспериментах.

Вместе с тем в данном классе систем присутствует ряд конкретных уязвимостей: асимметричная функция вознаграждения, допускающая обход за счёт незначительного смещения признаков атаки; статические веса функции потерь, открывающие возможность атаки на обучающие данные через имитацию миноритарных классов; нулевой коэффициент дисконтирования, ограничивающий обнаружение многошаговых атак. Описанные проблемы поддаются устранению без изменения базовой архитектуры и относятся к уровню выбора алгоритмов и настройки гиперпараметров.

Список источников

1. Кузьмина У.В., Михайлова О.Е., Афанасьев Ю.П. Разработка модуля киберполигона для защиты веб-сервисов от атак на основе нейросети // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2024. № 1(51). С. 60-65. DOI 10.14529/secr240108. EDN JDVLJQ.
2. Дусенок Д.Д., Ткачев Ю.Р., Кузьмина У.В. Обеспечение информационной безопасности технологиями машинного обучения // Безопасность информационного пространства: сборник научных трудов XXI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Екатеринбург, 24–25 ноября 2022 года. Том Выпуск 4 (252). Екатеринбург: Уральский государственный университет путей сообщения, 2023. С. 204-205.
3. Tellache A. et al. Multi-agent reinforcement learning-based network intrusion detection system // NOMS 2024-2024 IEEE Network Operations and Management Symposium. IEEE, 2024. С. 1-9.
4. Кузьмина У.В., Абзалутдинов Д.Р., Бараков К.Я. Создание модуля киберполигона, имитирующего компьютерные атаки // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2023. Т. 14, № 1. С. 54-57. EDN OYGGUM.

Сведения об авторах

Неклюдов Данил Николаевич – преподаватель кафедры информатики и информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: dejeksdan@gmail.com. AuthorID: 1229769

Кузьмина Ульяна Владимировна – доцент кафедры информатики и информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: ylianapost@gmail.com. AuthorID: 659266

УДК 621.3

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ КРУПНОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Андрюшин К.И.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. Проанализировано состояние компенсации реактивной мощности на крупном металлургическом предприятии. Приведена динамика изменения активной, реактивной мощности и коэффициента реактивной мощности за 2006–2026 годы и суточные графики на вводе 220 кВ. Сопоставлены следующие типы компенсирующих устройств: фильтрокомпенсирующие установки, СТК, СТАТКОМ. Описан опыт применения СТАТКОМ 60 МВАр на ПС №90 и УКРМ на ПС №29С. Сформулированы рекомендации по выбору и размещению.

Ключевые слова: реактивная мощность, компенсация, коэффициент реактивной мощности, металлургическое предприятие, дуговая сталеплавильная печь, СТАТКОМ, статический тиристорный компенсатор, качество электроэнергии

Введение

Основные потребители электроэнергии на металлургическом предприятии – дуговые сталеплавильные печи, прокатные станы, вентильные преобразователи – относятся к категории резкопеременных и нелинейных нагрузок с высоким потреблением реактивной мощности. Передача реактивной мощности от удалённых источников увеличивает потери активной мощности по закону

$$\Delta P = \frac{(P^2 + Q^2) \cdot R}{U^2}, \text{ снижает уровень напряжения,}$$

уменьшает пропускную способность линий и трансформаторов. На предприятиях с дуговыми печами добавляются колебания напряжения, несимметрия и высшие гармоники. Установка компенсирующих устройств вблизи потребителей снимает эти эффекты и приводит коэффициент реактивной мощности на границе с энергосистемой к нормативным значениям, освобождая предприятие от тарифных надбавок.

Цель работы – проанализировать состояние компенсации реактивной мощности на крупном металлургическом предприятии по данным эксплуатации и сформулировать рекомендации по выбору и размещению компенсирующих устройств.

Анализ потребления реактивной мощности

Доминирующий вклад в потребление реактивной мощности на металлургическом предприятии вносят дуговые сталеплавильные печи, про-

катные станы с тиристорными приводами и оборудование вентильных подстанций. Эти приёмники работают с резкопеременным графиком, нелинейными характеристиками и значениями коэффициента мощности 0,5–0,8. Реактивная мощность дуговой печи на стадии расплавления многократно превышает активную.

Динамика активной, реактивной мощности и коэффициента реактивной мощности по вводам 220 кВ за период с 2006 по 2026 годы приведена в табл. 1. Данные получены по результатам измерений на главной понизительной подстанции.

Таблица 1

Потребление активной и реактивной мощности по вводам 220 кВ

Год	P, МВт	Q, МВАр	tg φ
2006	164	295	1,80
2007	175	315	1,80
2021	558	314	0,56
2026	540	285	0,52

Активная мощность за 20 лет выросла в 3,4 раза при практически неизменной реактивной. Коэффициент реактивной мощности снизился с 1,80 до 0,52 за счёт ввода в эксплуатацию устройств компенсации — в первую очередь СТАТКОМ на ПС №90 и реконструкции системы компенсации на ПС №29С. Текущее значение 0,52 соответствует нормативу для уровня 110 кВ ($\text{tg } \varphi \leq 0,5$) с небольшим запасом.

Внутрисуточная динамика активной, реактивной мощности и коэффициента реактивной мощности на отдельном вводе 220 кВ за 16.06.2021 г. показана на рис. 1, 2.

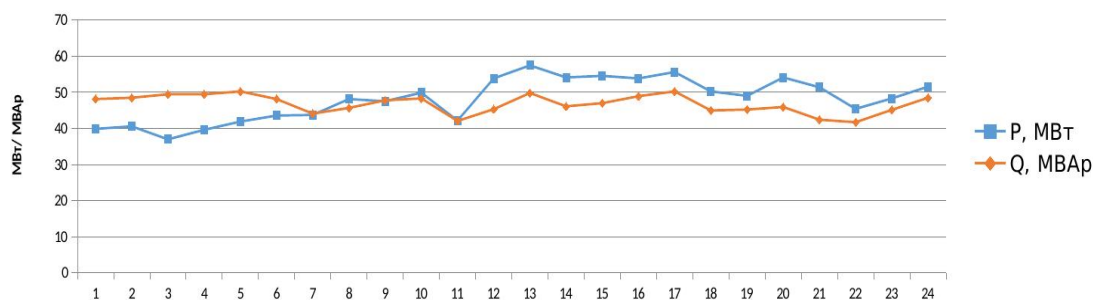
Р и Q отдельного ввода 220 кВ (16.06.21)

Рис. 1. Суточный график Р и Q на вводе 220 кВ

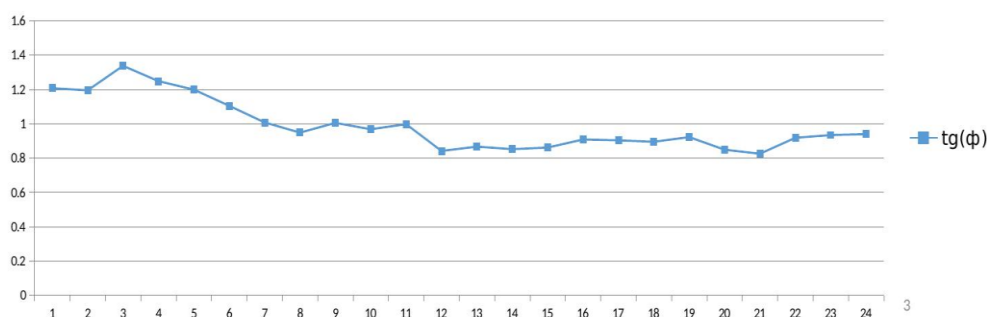
tg(φ) отдельного ввода 220 кВ (16.06.21)

Рис. 2. Суточный график tg φ

Активная мощность изменяется в пределах 37–58 МВт, реактивная – 42–50 МВАр. Коэффициент реактивной мощности в ночные часы достигает 1,2–1,34, в дневные снижается до 0,82–0,93. Высокие значения ночью объясняются снижением активной нагрузки прокатных станов при сохраняющейся работе компрессоров, насосов и систем освещения. Превышение договорного коэффициента реактивной мощности в ночные часы влечёт надбавки к стоимости передачи, сопоставимые за год с затратами на установку дополнительных компенсирующих устройств в распределительных пунктах с переменной активной нагрузкой.

Нормативные требования

Приказ Минпромэнерго России №49 от 22.02.2007 устанавливает предельные значения коэффициента реактивной мощности в часы максимальной нагрузки для потребителей напряжением ниже 220 кВ (табл. 2). При превышении применяется повышающий коэффициент к стоимости услуг по передаче электроэнергии $K = 1 + \Pi - C$, где Π — составляющая повышения тарифа за избыточное потребление реактивной мощности, C — составляющая снижения за участие в регулировании по соглашению с сетевой организацией. Качество электроэнергии нормируется ГОСТ 32144-2013.

Таблица 2

Предельные значения коэффициента реактивной мощности

Положение точки присоединения к сети	tg φ
Напряжение 110 кВ (154 кВ)	0,50
Напряжение 35 кВ (60 кВ)	0,40
Напряжение 6–20 кВ	0,40
Напряжение 0,4 кВ	0,35

Современные компенсирующие устройства

Для компенсации реактивной мощности на металлургических предприятиях применяют четыре основных типа устройств. Фильтрокомпенсирующие установки (ФКУ) — последовательно соединённые конденсатор и реактор, настроенные на резонанс с одной из высших гармоник. На частоте 50 Гц цепь генерирует реактивную мощность, на резонансной — замыкает гармонику. ФКУ дешёвы и надёжны, но не регулируются и подвержены резонансу с сетью на промежуточных частотах. Применяются для дуговых печей до 15–20 МВ·А.

ФКУ с тиристорным ключом дополняется тиристорными ключами для бестокового подключения отдельных секций. Регулирование ступенчатое, шаг определяется числом секций, время

отклика — один период промышленной частоты. Симметрирование и потребление реактивной мощности отсутствуют.

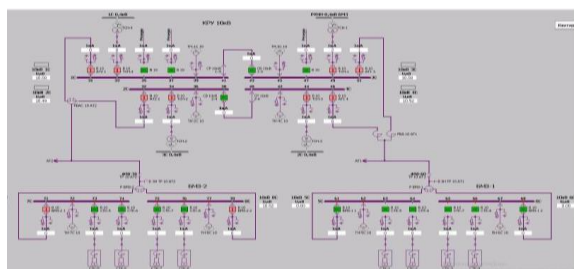
Статический тиристорный компенсатор (СТК) объединяет тиристорно-реакторную группу (ТРГ) с плавным регулированием угла открытия и комплект ФКУ. Результирующая мощность регулируется от полной ёмкостной до полной индуктивной. СТК выполняет симметрирование пофазным управлением ТРГ, подавляет колебания напряжения, поддерживает напряжение на шинах. Установленная мощность реактивных элементов двойная (ТРГ и ФКУ), ТРГ генерирует собственные гармоники при средних углах открытия. СТК — стандартное решение для дуговых печей мощностью от 30 МВ·А, окупаемость на крупной печи 3–5 лет.

Статический синхронный компенсатор (СТАТКОМ) построен на инверторе напряжения с ключами IGBT или IGCT. Инвертор формирует напряжение, амплитуда и фаза которого регулируются: при амплитуде больше сетевой получают генерацию реактивной мощности, при меньшей — потребление. В отличие от СТК, СТАТКОМ удерживает реактивную мощность при просадках напряжения. Установленная мощность реактивных элементов в два раза меньше, чем у СТК; стоимость выше на 30–50%. Сводные характеристики приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнение типов компенсирующих устройств

Параметр	ФКУ	ФКУ+ТК	СТК	СТАТКОМ
Регулирование	отсутствует	ступенчатое	плавное	плавное
Быстродействие	—	≈ 20 мс	≈ 10–20 мс	< 5 мс
Диапазон, МВАр	1–10	1–100	1–200	до 200
Фильтрация гармоник	есть	есть	есть	активная
Симметрирование	нет	нет	есть	есть
Потребл./ генер. Q	только генер.	только генер.	оба режима	оба режима
Потери при $P_{ном}$ %	0,2–0,3	0,3–0,5	0,5–1,0	0,5–0,7
Стоимость отн.	1,0	1,3–1,5	2,5–3,5	3,5–5,0



Мнемосхема КРУ 10 кВ, БМЗ-1 и БМЗ-2 ПС №90

Для крупных дуговых печей 80–150 МВ·А функциональные возможности СТК или СТАТКОМ оправдывают их стоимость. Для прокатных станов с относительно стабильной нагрузкой и для цеховых подстанций достаточно решений ФКУ или же ФКУ с тиристорным ключом.

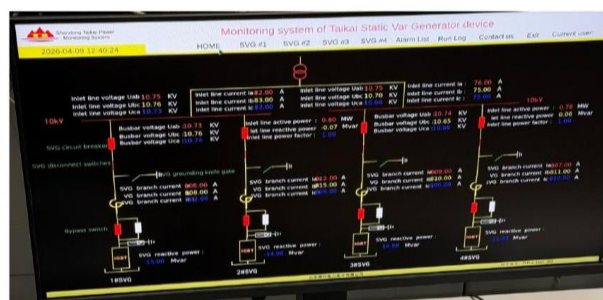
Опыт применения на подстанциях предприятия

На крупном металлургическом предприятии устройства компенсации введены в эксплуатацию на нескольких ключевых подстанциях. Мнемосхема ПС №29С с распределительным устройством 10 кВ показана на рис. 3.

На шинах 10 кВ ПС №29С установлены модульные УКРМ-1 и УКРМ-2 мощностью по 2250 кВАр и КТП Е510 (2500 кВА) для питания преобразователей частоты системы улавливания неорганизованных выбросов конвертеров. Преобразователи управляют асинхронными двигателями вентиляторов 2500 кВт. Совместная работа УКРМ и фильтрокомпенсирующих установок в составе преобразователей обеспечивает $\text{tg}\phi$ на уровне 0,30–0,35 в нормальных режимах конвертерного цеха.

Подстанция №90 питает блюминговые станы БМЗ-1 и БМЗ-2. На ней установлена группа из четырёх модулей СТАТКОМ суммарной мощностью 60 МВАр производства Shandong Taikai.

Группа СТАТКОМ поддерживает коэффициент мощности, равный 1,00 в точке подключения. С экрана АРМ оператора: напряжение шин 10,73–10,76 кВ, токи вводов 76–83 А, активная мощность ввода 0,80 МВт, реактивная мощность ввода –0,07 МВАр. Каждый из четырёх модулей работает с реактивной мощностью около 15 МВАр в ёмкостном режиме. Быстродействие менее 5 мс обеспечивает отслеживание изменений реактивной мощности при разгонах и торможениях реверсивных электроприводов блюминговых станов. Среднесуточный коэффициент реактивной мощности на вводе после ввода СТАТКОМ снизился с 0,75–0,85 до 0,05–0,15.



АРМ управления СТАТКОМ

Рис. 3. Мнемосхема КРУ 10 кВ ПС №90 (слева) и АРМ управления СТАТКОМ (справа)

Рекомендации

Для дуговых сталеплавильных печей мощностью более 30 МВ·А целесообразна установка СТК с фильтрами 2, 3, 4, 5 и 7 гармоник. При высоких требованиях к качеству электроэнергии и в условиях частых просадок напряжения предпочтительнее СТК. Для главных приводов прокатных станов с тиристорными преобразователями применяют ФКУ с фильтрами характерных для схемы выпрямления гармоник (5, 7, 11, 13 для шестипульсной; 11, 13, 23, 25 для двенадцатипульсной), при значительной переменности нагрузки — СТК или активные фильтры. На цеховых подстанциях с типовой нагрузкой устанавливают нерегулируемые конденсаторные батареи с автоматическим управлением по секциям.

Компенсирующие устройства размещают максимально близко к источникам потребления: для крупных потребителей — на стороне 6–35 кВ питающих подстанций, для распределённых — в цеховых распределительных пунктах на стороне 0,4 кВ. На ГПП устанавливают дополнительные управляемые устройства для поддержания договорного коэффициента реактивной мощности на границе с энергосистемой. При наличии собственной ТЭЦ в нормальных режимах генераторы вырабатывают реактивную мощность для покрытия нагрузки предприятия; в часы минимума выработку ограничивают и отключают часть конденсаторных батарей.

Заключение

Снижение $\tan \varphi$ на вводах 220 кВ предприятия с 1,80 в 2006 году до 0,52 в 2026 году достигнуто

Сведения об авторах

Андрюшин Кирилл Игоревич – магистрант, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», г. Магнитогорск.

за счёт ввода устройств компенсации в составе модернизированных подстанций, в том числе СТАТКОМ мощностью 60 МВАр на ПС №90 и УКРМ на ПС №29С. Применение рекомендаций по выбору и размещению компенсирующих устройств снижает потери в системе электроснабжения на 15–25%, обеспечивает соответствие показателей качества электроэнергии требованиям ГОСТ 32144-2013, исключает надбавки за превышение нормативного коэффициента реактивной мощности, повышает производительность дуговых печей на 5–10% и снижает удельный расход электродов на 5–10%.

Список источников

1. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчётов. М.: ЭНАС, 2009. 456 с.
2. Кочкин В.И., Нечаев О.П. Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий. М.: НЦ ЭНАС, 2000. 248 с.
3. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М.: Энергоатомиздат, 2000. 331 с.
4. Никифорова В.Н. Условия и эффективность применения статических тиристорных компенсаторов на подстанциях электрических сетей // Электрические станции. 2002. № 9. С. 60–66.
5. ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2014. 16 с.
6. Приказ Минпромэнерго России от 22.02.2007 № 49 «О порядке расчёта значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств».

УДК 669.018: 519.6:

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ДВУХСЛОЙНЫХ ОПОРНЫХ ВАЛКОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ПРОМЫВКИ

Бондарев Е.С., Андреев С.М.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. В статье рассматривается решение задачи кристаллизации двухслойных опорных валков, получаемых методом промывки, на основе математического моделирования нестационарных процессов теплопереноса. Разработана осесимметричная одномерная модель, основанная на уравнении теплопроводности в цилиндрических координатах с учётом теплофизических свойств различных слоёв валка и граничных условий теплообмена. Разработанная математическая модель применяется в системе управления подачей жидкого металла для обеспечения требуемой толщины рабочего слоя двухслойного опорного валка прокатной клетки.

Ключевые слова: двухслойный опорный валок, метод промывки, кокиль, математическое моделирование, уравнение теплопроводности, метод прогонки, фронт кристаллизации

В металлургической промышленности Российской Федерации широко применяются листопрокатные станы, в конструкции которых применяются двухслойные опорные валки, работающие в условиях высоких температур и значительных механических нагрузок. Их изготовление методом промывки является сложным технологическим процессом, требующим строгого соблюдения температурных режимов. Кристаллизация таких отливок сопровождается интенсивным теплообменом и различием теплофизических свойств слоёв, а нарушение условий приводит к возникновению дефектов [1]. В связи с этим актуально применение математического моделирования для анализа температурных полей и динамики охлаждения [2].

Объектом исследования является двухслойный опорный валок, получаемый методом промывки. Данный метод заключается в последовательной заливке в литейную форму расплавов различных материалов через литниковую систему. На первом этапе в форму подаётся расплав, формирующий внешний слой валка. Затем осуществляется подача второго расплава, который вытесняет незатвердевший металл первого слоя из центральной части отливки и образует внутренний слой. В результате формируется двухслойная структура. Схема поперечного сечения (рис. 1) включает: 1 – сердцевина; 2 – рабочий слой; 3 – форма-кокиль. Система рассматривается как осесимметричная с теплопереносом только в радиальном направлении, что сводит задачу к одномерной.

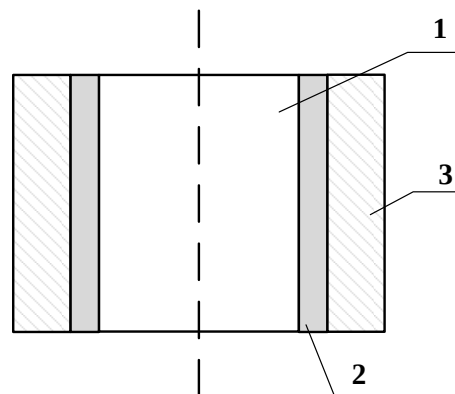


Рис. 1. Схема поперечного сечения валка

Математическая модель основана на уравнении нестационарной теплопроводности в цилиндрических координатах [3]:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right), \quad (1)$$

где ρ – плотность материал, кг/м³, c – удельная теплоемкость; Дж/(кг·К), $T(r,t)$ – температура, К; t – время, с; r – радиальная координата, м; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).

Граничные и начальные условия:

$$\begin{cases} \frac{\partial T_1}{\partial r} = 0, \quad r = 0; \\ \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial r} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial r}, \quad T_1 = T_2, \quad r = R_1; \\ -\lambda \frac{\partial T}{\partial r} = \alpha(T - T_{\text{окр}}) + \varepsilon \sigma(T^4 - T_{\text{окр}}^4), \quad r = R, \end{cases} \quad (2)$$

где α – коэффициент конвективной теплоотдачи, Вт/(м²·К); T – температура поверхности, К; λ_1 и λ_2 – коэффициенты теплопроводности внутреннего и внешнего слоя, Вт/(м·К); T_1 и T_2 – температура внутреннего и внешнего слоя, К; $T_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, К; ε – степень черноты; σ – постоянная Стефана–Больцмана, Вт/(м²·К⁴).

Для численного решения применяется неявная конечно-разностная схема, обеспечивающая устойчивость при больших шагах по времени. Уравнение аппроксимируется и приводится к трёхдиагональной системе линейных алгебраических уравнений, решаемой методом прогонки.

$$-A \cdot T_{i+1}^{n+1} + B \cdot T_i^{n+1} - C \cdot T_{i-1}^{n+1} = F. \quad (3)$$

После расчёта температурного поля определяется положение фронта кристаллизации $r_{\text{ф}}$ – точка, в которой температура достигает температуры солидуса $T_{\text{сол}}$; координата находится линейной интерполяцией между узлами. Толщина затвердевшего слоя вычисляется как разность $R - r_{\text{ф}}$, где R – внешний радиус отливки. Расчёт выполняется на каждом временном шаге, что позволяет отслеживать динамику кристаллизации.

Так как промывка сердцевины вала жидкой сталью должна начинаться только после того, как закончится кристаллизация рабочего слоя требуемой толщины, то момент времени начала промывки может быть определен расчетным способом с использованием предложенной математической модели.

Таким образом, разработанная математическая модель позволяет исследовать нестационарные процессы теплопроводности и кристаллизации в осесимметричной цилиндрической системе

с учётом граничных условий теплообмена, анализировать температурные поля и оценивать влияние параметров на процесс формирования двухслойных опорных валков.

Список источников

1. Определение технологических параметров изготовления опорного вала на основе прогнозирования теплового состояния системы «бочка вала – кокиль» / К.В. Фочина, А.С. Савинов, И.В. Михалкина [и др.] // Черные металлы. 2025. № 12. С. 32-36. DOI 10.17580/chm.2025.12.05. EDN NFAVUU.
2. Арутюнов В.А., Бухмиров В.В., Крупенников С.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей: учебник для вузов. М.: Металлургия, 1990. 239 с. ISBN 5-229-00476-2. EDN VJQRUM.
3. Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Разностные методы решения задач теплопроводности. Томск: Издательство Томского университета, 2007. 172 с. EDN VPRGNR.
4. Логунова О.С., Калугин Ю.А., Торчинский В.Е. К вопросу об эволюции математической модели описания теплового состояния тел при изменении граничных условий третьего рода // Автоматизированные технологии и производства. 2015. № 3(9). – С. 9-14. EDN VDEWNL.
5. Логунова О.С., Мацко И.И., Сафонов Д.С. Моделирование теплового состояния бесконечно протяженного тела с учетом динамически изменяющихся граничных условий третьего рода // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2012. № 27(286). С. 74-85. EDN PCAUNJ.
6. Колокольцев В.М., Сеницкий Е.В., Савинов А.С. Моделирование температурных полей при получении отливок // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. № 3(51). С. 39-43. EDN ULEZFT.

Сведения об авторах

Бондарев Егор Сергеевич – аспирант кафедры ВТ и П, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: egorbond2002@mail.ru, ORCID 0009-0004-7892-8367.

Андреев Сергей Михайлович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедры АСУ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: andreev.asc@gmail.com. ORCID 0000-0003-0735-6723.

УДК 930.25:004.021

АВТОМАТИЗАЦИЯ АРХИВНОГО ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ПРИЁМНОЙ КОМИССИИ МГТУ ИМ. Г.И. НОСОВА

Егорова Л.Г., Кустубаев А.Р., Абдулфаизов А.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. Целью исследования является оперативное получение данных о местоположении личного дела абитуриента за счёт сокращения времени на распределение и поиск личных дел абитуриентов в архиве приемной комиссии. Проблема заключается в критически высокой трудозатратности и низкой эффективности ручного алфавитного поиска личных дел абитуриентов в архиве приемной комиссии высшего учебного заведения. При ежегодном объеме документооборота в 3000-5000 единиц время обработки одного запроса достигает 7-10 минут, что обусловлено высокой когнитивной нагрузкой на персонал и необходимостью физического сдвига документов при заполнении коробок. Ключевым результатом стало создание распределенного приложения, логически разделяющего сервис управления данными абитуриентов и сервис архивного хранения, а также реализация трехуровневого алгоритма поиска с адаптивным перераспределением ресурсов хранилища. Практическая значимость заключается в сокращении времени поиска документа до 1-2 минут, исключении человеческого фактора при позиционировании дел и предотвращении нарушений структуры физического хранения.

Ключевые слова: архивное делопроизводство, приемная комиссия, автоматизация поиска, личное дело абитуриента, алгоритм распределения

Актуальность автоматизации архивного делопроизводства в современных образовательных учреждениях обусловлена возрастающими требованиями к эффективности управления документами и оперативности доступа к информации [1]. В настоящее время в архиве приемной комиссии МГТУ им. Г.И. Носова процесс распределения, учета и поиска личных дел абитуриентов осуществляется исключительно ручным способом на основе системы картотеки с алфавитным порядком распределения дел [2]. Это приводит к существенным организационным проблемам, включая длительное время поиска (в среднем 5-10 минут на одно дело), возможность утери документов и повышенную нагрузку на сотрудников.

Анализ существующих решений демонстрирует их ориентированность на общие задачи документооборота без учета специфики архивного делопроизводства приемных комиссий [3-6]. Системы класса Enterprise Content Management (ECM), такие как «1С:Архив» и «Directum», обладают избыточной функциональностью, сложностью адаптации и отсутствием алгоритмов интеллектуального распределения позиций. Таким образом, возникает обоснованная потребность в разработке специализированного, сфокусированного приложения.

Целью исследования является оперативное получение данных о местоположении личного дела абитуриента за счёт сокращения времени на распределение и поиск личных дел абитуриентов в архиве приемной комиссии.

Ключевым объектом управления выступает личное дело абитуриента – физический носитель информации, включающий заявление, документы об образовании, согласие на обработку персональных данных и подтверждающие материалы. Все сформированные личные дела подлежат обязательной регистрации и архивному хранению на протяжении всей приемной кампании [7, 8].

Анализ текущего состояния выявил системные проблемы, имеющие количественное выражение. Ежегодный объем обрабатываемых дел составляет 3000-5000 единиц. Основная проблема заключается в том, что значительная часть рабочего времени архивистов затрачивается на поиск позиции для личного дела, как при его размещении, так и при выдаче, что влечет за собой нарушение правильного расположения документов.

Данная проблема обусловлена двумя ключевыми факторами. Во-первых, ручная сортировка дел по алфавиту является трудоемкой когнитивной операцией. При совпадении первых букв фамилии сотруднику необходимо визуально сравнивать последующие буквы, а также имена и отчества. В условиях высокой нагрузки накапли-

вается усталость, возрастает вероятность ошибки, и документы размещаются не по порядку.

Во-вторых, возникают критические сложности при физическом размещении. Если количество дел на определенную букву превышает вместимость одной коробки, документы распределяются по нескольким коробкам. Поскольку новые дела добавляются в алфавитном порядке и могут располагаться в начале последовательности, это требует физического перемещения находившихся ранее крайних документов из текущей коробки в начало следующей. Процедура сдвига личных дел из коробки в коробку трудоёмка и на практике часто не выполняется сотрудниками в полном объеме. В результате нарушается структура хранения: внутри групп дела оказываются неупорядоченными, и для поиска конкретного документа приходится просматривать несколько коробок. Усугубляет ситуацию разрозненность информационных потоков и отсутствие единого информационного пространства: данные о местоположении дел и истории перемещений не фиксируются в централизованной системе.

На основании выявленных проблем было разработано программное обеспечение, ориентированное на узкую специализацию под бизнес-процессы приемной комиссии. Функциональность системы формализована через сценарии использования, которые определяют последовательность действий пользователя и ожидаемые реакции системы.

Основные сценарии использования разработанного программного обеспечения включают:

- прием личного дела, включающий инициализацию процедуры проверки поступивших данных из внешнего сервиса и создание предварительной записи;

- размещение личного дела, реализующее автоматический запуск алгоритмов присвоения уникального архивного шифра и поиска свободной физической позиции в хранилище после подтверждения факта физического принятия документа, с последующим выводом координат размещения на экран;

- поиск и выдача личного дела, обеспечивающие декодирование шифра в координаты хранилища при вводе идентификационных данных и вывод точного местоположения дела для последующей фиксации статуса выдачи в системе;

- обработку изменений, направленную на формирование системного уведомления о необходимости актуализации физического дела при поступлении обновленных данных из внешних сервисов.

Вид главной страницы web-приложения, обеспечивающей навигацию и доступ к основным

функциям модуля архивариуса, представлен на рис. 1.

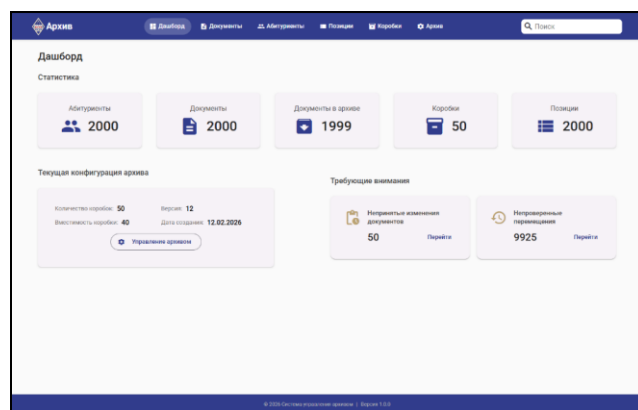


Рис. 1. Вид главной страницы web-приложения

Интерфейс рабочих форм спроектирован с минимизацией количества действий, необходимых для фиксации операций. Встроенные компоненты таблиц обеспечивают сортировку, фильтрацию по статусам и постраничную навигацию при работе со списками дел. Вид интерфейса рабочей формы для выполнения операций по поиску и управлению статусом личного дела демонстрирует интеграцию алгоритмического ядра с клиентской частью, представлен на рис. 2.

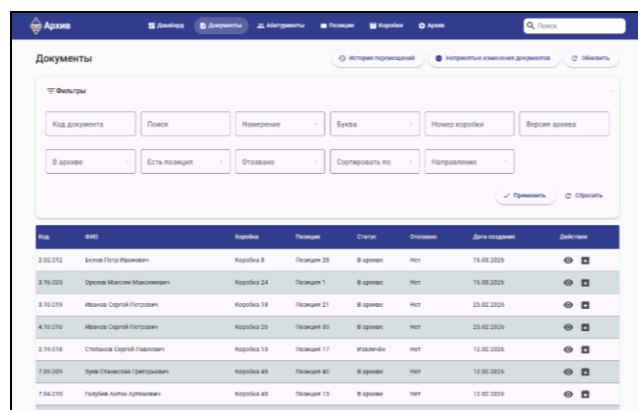


Рис. 2. Вид рабочей формы управления личным делом

В основе программного комплекса лежат специализированные алгоритмы, разработанные для замены ручного алфавитного поиска. Ключевым решением стало внедрение структурированной системы идентификации на основе шестизначного цифрового шифра вида «X.YY.ZZZ», состоящего из трех смысловых блоков. Использование структурированного цифрового кода, воспринимаемого и обрабатываемого программно, обеспечивает более эффективную систему идентификации по сравнению с традиционным алфавитным распределением, что напрямую способствует сокращению временных затрат.

Алгоритм присвоения шифра документу.

Каждому документу при принятии в архив присваивается уникальный шифр, генерируемый на основе трех параметров:

- блок Х (идентификатор намерения) принимает значения от 1 до 8 и определяется на основе комбинации уровня образования абитуриента (среднее профессиональное образование, бакалавриат/специалитет, магистратура, аспирантура) и факта наличия согласия на зачисление;

- блок УУ (идентификатор буквы) принимает значения от 01 до 33 и формируется путем сопоставления первой буквы фамилии абитуриента с нормативным справочником русского алфавита;

- блок ZZZ (порядковый номер документа) принимает значения от 001 до 999 и генерируется автоматически с использованием специализированной таблицы счетчиков, хранящей последнее использованное значение для каждой уникальной комбинации «намерение-буква», с последующим атомарным инкрементированием соответствующего счетчика.

Наиболее сложным вычислительным процессом системы является создание новой конфигурации архива с перераспределением всех существующих документов. Алгоритм включает следующие этапы:

1. Расчет адаптивных весов на основе отношения количества существующих документов к общему числу позиций для динамической адаптации системы к текущему распределению документовотока.

2. Обновление топологии посредством деактивации текущей конфигурации архива, создания новой версии и формирования списка объектов коробок с последовательной нумерацией.

3. Расчет распределения букв путем комбинирования фактического распределения дел со статистическим распределением с использованием адаптивных весов и последующей нормализации результатов.

4. Аллокацию ресурсов, включающую пропорциональное распределение коробок между намерениями, создание объектов позиций с последовательной нумерацией и привязкой к коробкам, а также резервирование части позиций под буферную зону.

5. Перемещение документов реализовано с использованием утилиты для обхода всех существующих дел в порядке сортировки по идентификаторам намерения, буквы и порядковому номеру шифра с вызовом трехуровневого алгоритма поиска позиции.

6. Аудит изменений путем создания записей в таблице истории перемещений для каждого доку-

мента, сменившего физическую позицию в ходе реконфигурации.

Разработанное программное обеспечение реализует трехуровневый алгоритм поиска свободной ячейки для размещения документа в активной конфигурации архива:

1. Поиск позиции по точному совпадению первой буквы фамилии с запросом свободной позиции по заданным идентификаторам намерения и буквы, упорядочиванием результатов по номеру и пометкой первой найденной ячейки как занятой.

2. Обработку отозванных заявлений путем перенаправления поиска на позиции со специальным идентификатором буквы, равным 66 (служебный символ «-»), для физической изоляции группы отозванных дел от активных.

3. Использование буферной зоны при исчерпании мест для конкретной буквы или отозванных заявлений путем поиска свободной позиции со специальным идентификатором буквы, равным 88 (служебный символ «+»).

Если ни на одном из уровней свободная позиция не найдена, алгоритм возвращает null, и документ создается в системе без привязки к физическому местоположению.

Программная реализация алгоритмов выполнена на языке C# с использованием платформы .NET 9 и фреймворка ASP.NET Core 9. Инфраструктурное окружение (СУБД PostgreSQL, брокер сообщений RabbitMQ, кэш-сервер Redis, система логирования Seq) развернуто и изолировано с использованием средства оркестрации Docker Compose.

В результате моделирования процессов установлено, что внедрение разработанного решения сокращает время поиска личного дела с 5-10 минут до 15-25 секунд, повышает надёжность хранения за счёт исключения человеческого фактора и снижает нагрузку на сотрудников архива. Дополнительным эффектом является рост клиентоориентированности приёмной комиссии и улучшение имиджа вуза.

Перспективы исследования связаны с оптимизацией алгоритма распределения с учётом динамических изменений в ходе приёмной кампании и интеграцией системы с государственными образовательными порталами.

Список литературы

1. Янко Д.В. Электронный архив для систем электронного документооборота и систем управления информационными ресурсами предприятия // Проблемы информатики. 2012. № 4 (16). С. 65-88.
2. Применение алфавитного подхода для определения количества информации, содержащейся в стандартах / Казанцева Т.В., Казанцева Н.К., Полякова М.А., Пиджакова Е.Н., Александров В.А. //

- Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2022. Т. 20. №4. С. 83-94.
3. Ульянин О.В., Абакумов Е.М. Вопросы совершенствования структуры электронного архива технической документации повышенной ответственности и защиты информации // Технологии электромагнитной совместимости. 2024. № 1 (88). С. 35-46.
 4. Кузнецов С.И. Электронные архивы: проблемы и перспективы // Документация в информационном обществе. 2018. № 3.
 5. Полонский А.М. Организация электронного архива документов на предприятиях малого и среднего бизнеса // Актуальные проблемы экономики и управления. 2025. № 1 (45). С. 63-76.
 6. Specifics Of Electronic Documentary Editions Of Foreign Archives / Sydykova A., Zhakupova G., Sailaubay Ye. Bulletin Of The L.N. // Gumilyov Eurasian National University. Historical Sciences. Philosophy. Religion Series. 2024. Т. 148. № 3. С. 112-134.
 7. Юмашева Ю.Ю. Методические рекомендации по электронному копированию архивных документов и управлению, полученным информационным массивом. М.: ВНИИДАД, 2012. 125 с.
 8. Методические рекомендации к правилам организации хранения, комплектования, учета и использования документов архивного фонда Российской Федерации и других архивных документов в государственных и муниципальных архивах, музеях и библиотеках, научных организациях / Росархив, ВНИИДАД. М., 2021. 330 с.

Сведения об авторах

Егорова Людмила Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры ВТ и П, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: egorov_lyudmil@yandex.ru. ORCID 0000-0002-8763-9653

Абдулфаизов Александр Вадимович – лаборант кафедры ВТ и П, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: sasha.abdulfaizov@mail.ru. ORCID 0009-0009-4017-7875

Кустубаев Александр Равилевич – студент АВ6-22-2, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: kustubaev2016@yandex.ru. ORCID 0009-0001-2637-066X

УДК 303.732.4

РАЗРАБОТКА CASE-СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТЕКСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Титов В.М., Логунова О.С.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. В статье рассмотрена проблема высокой трудоемкости построения диаграмм при контекстном моделировании сложных систем. Основной целью исследования являлось сокращение временных затрат на этапе создания и компоновки графических элементов диаграмм. Структура исследования включала такие этапы, как анализ аналогов, проектирование архитектуры нового CASE-средства и выбор технологического стека. Место проведения исследования – ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» в 2026 году. Основным методом исследования являлся системный анализ. В результате была предложена архитектура нового CASE-средства и указан набор технологий, позволяющих генерировать диаграммы по текстовому описанию сложной системы. Главным выводом является то, что описанные в статье проектные решения создают основу для программной реализации нового CASE-средства.

Ключевые слова: CASE-средство, контекстное моделирование, сложные системы, системный анализ, генерация диаграмм

Современные сложные системы (например, MES-, WMS-, ERP-системы и др.) представляют собой совокупность взаимодействующих подсистем, в результате чего у них возникают эмерджентные свойства, отсутствующие у составляющих компонентов по отдельности [1, 2]. Для наглядного отображения структуры сложных систем зачастую используют метод контекстного моделирования, направленный на формализацию компонентов системы и связей между ними. В ходе контекстного моделирования применяется специализированное программное обеспечение – CASE-средства (англ. Computer-Aided Software Engineering), позволяющее строить модели предметной области с использованием различных нотаций [4]. Из наиболее распространенных CASE-средств на сегодняшний день следует отметить: CA ERwin Process Modeler, Ramus Educational Platform, IBM Rational Rose и др. [3].

Практика использования перечисленных инструментов выявляет недостаток, связанный с высокой тратой времени на создание контекстных диаграмм. Процесс требует последовательной структуризации исходных данных и их последующего преобразования в графические примитивы, причем наиболее трудоемким этапом оказывается именно визуализация. Для достижения лучшей читаемости и наглядности диаграммы необходимо вручную выполнять размещение блоков, проводить связи между ними и настраивать атрибуты каждого элемента. Также существует проблема

синхронизации между графической схемой и текстовой справочной документацией (гlossарием), которая зачастую ведется отдельно, что приводит к несогласованности данных при внесении изменений в диаграмме.

Актуальность исследования подтверждается данными Росстата, фиксирующими устойчивый рост количества разрабатываемых и используемых передовых информационных технологий в Российской Федерации [5]. Возрастает потребность в инструментах, позволяющих проводить структурный анализ сложных систем за минимальные сроки. Следовательно, разработка нового CASE-средства, ориентированного на сокращение ручного труда при построении контекстных диаграмм и генерации сопутствующей документации, представляет собой актуальную задачу.

Принято решение о разработке нового CASE-средства в формате веб-приложения, что предполагает ряд преимуществ: кроссплатформенность, доступность с любого устройства без установки, упрощенное развертывание обновлений [7]. Основная цель разработки заключается в сокращении доли ручных операций при компоновке графических элементов и формировании текстового сопровождения к диаграмме. Проектирование CASE-средства охватывает несколько ключевых областей, которые указаны в табл. 1.

Таблица 1

Области проектирования CASE-средства

№ п/п	Область проектирования	Описание
1	Общая архитектура	Определяет структурную организацию системы, взаимодействие клиентской и серверной частей, а также интеграцию с внешними сервисами
2	База данных	Предусматривает проектирование логической и физической модели хранения данных
3	API	Регламентирует набор конечных точек (эндпоинтов) для обмена данными между интерфейсом и сервером, определяя форматы запросов и ответов
4	Механизмы безопасности	Включает методы аутентификации, авторизации, шифрования данных для защиты от веб-уязвимостей
5	Пользовательский интерфейс	Охватывает проектирование интерфейса системы (навигационной структуры и интерактивных элементов)

Разрабатываемая система будет иметь современную клиент-серверную архитектуру, что является типовым решением для веб-приложений. Клиентская часть будет отвечать за отрисовку пользовательского интерфейса и обработку действий пользователя, таких как ввод текстового описания системы, выбор типа диаграммы и так далее. Серверная часть будет реализовывать основную бизнес-логику, управлять сессиями пользователей, взаимодействовать с базой данных и внешним сервисом генерации изображений. Такое разделение ответственности позволит перенести ресурсоемкие вычисления на сервер, оставив клиентскому устройству только функции отображения [10].

Для реализации клиентской части предполагается использовать фреймворк Next.js (лицензия MIT), работающий в связке с библиотекой React (лицензия MIT) и языком строгой типизации TypeScript (лицензия Apache 2.0). Применение TypeScript позволит значительно повысить надежность программного кода, выявляя потенциальные ошибки на этапе компиляции, а не в процессе выполнения программы. Стилизация интерфейсных компонентов будет выполняться с

помощью фреймворка Tailwind (лицензия MIT), обеспечивающего гибкость и ускоряющего разработку за счет использования готовых классов утилит. Выбор такого стека обоснован не только его производительностью, но и обширной экосистемой, упрощающей поиск готовых решений для типовых задач веб-разработки [6].

Серверная логика приложения будет реализована с использованием механизма Routes (лицензия MIT), встроенного во фреймворк Next.js. Это позволит разрабатывать клиентскую и серверную части в рамках единой кодовой базы. Взаимодействие между клиентом и сервером планируется организовать посредством обмена данными в формате JSON (англ. JavaScript Object Notation) через защищенный протокол HTTPS (англ. HyperText Transfer Protocol Secure), который гарантирует конфиденциальность передаваемой информации [9]. Для хранения сведений о пользователях, проектах и сгенерированных диаграммах предполагается использовать систему управления базами данных PostgreSQL (лицензия PostgreSQL). Управление структурой базы данных и выполнение запросов будет осуществляться через графический клиент DBeaver (лицензия Apache 2.0), предоставляющий удобный интерфейс для администрирования [8].

Функциональное ядро CASE-средства будет строиться вокруг модуля генерации диаграмм с интегрированной языковой моделью GigaChat 2.0 (проприетарная лицензия, предоставляемая ПАО «Сбербанк») и внешним сервисом PlantUML (лицензия GPL). На первом этапе GigaChat 2.0 через API (англ. Application Programming Interface) принимает на вход текстовое описание сложной системы, введенное пользователем в свободной форме, и преобразует его в код согласно синтаксису PlantUML. На основе полученного кода во внешнем сервисе PlantUML происходит генерация изображения с диаграммой в формате PNG (англ. Portable Network Graphics). Пользователь сможет выбрать тип создаваемой диаграммы из предварительного списка, включающего интеллект-карты, диаграммы сущность-связь и другие типы, доступные в каталоге сервиса PlantUML. Параллельно с построением диаграммы система с помощью GigaChat 2.0 будет формировать глоссарий (структурированный словарь терминов, использованных в диаграмме).

Взаимодействие пользователя с новым CASE-средством описано с помощью диаграммы вариантов использования, указанной на рис. 1.

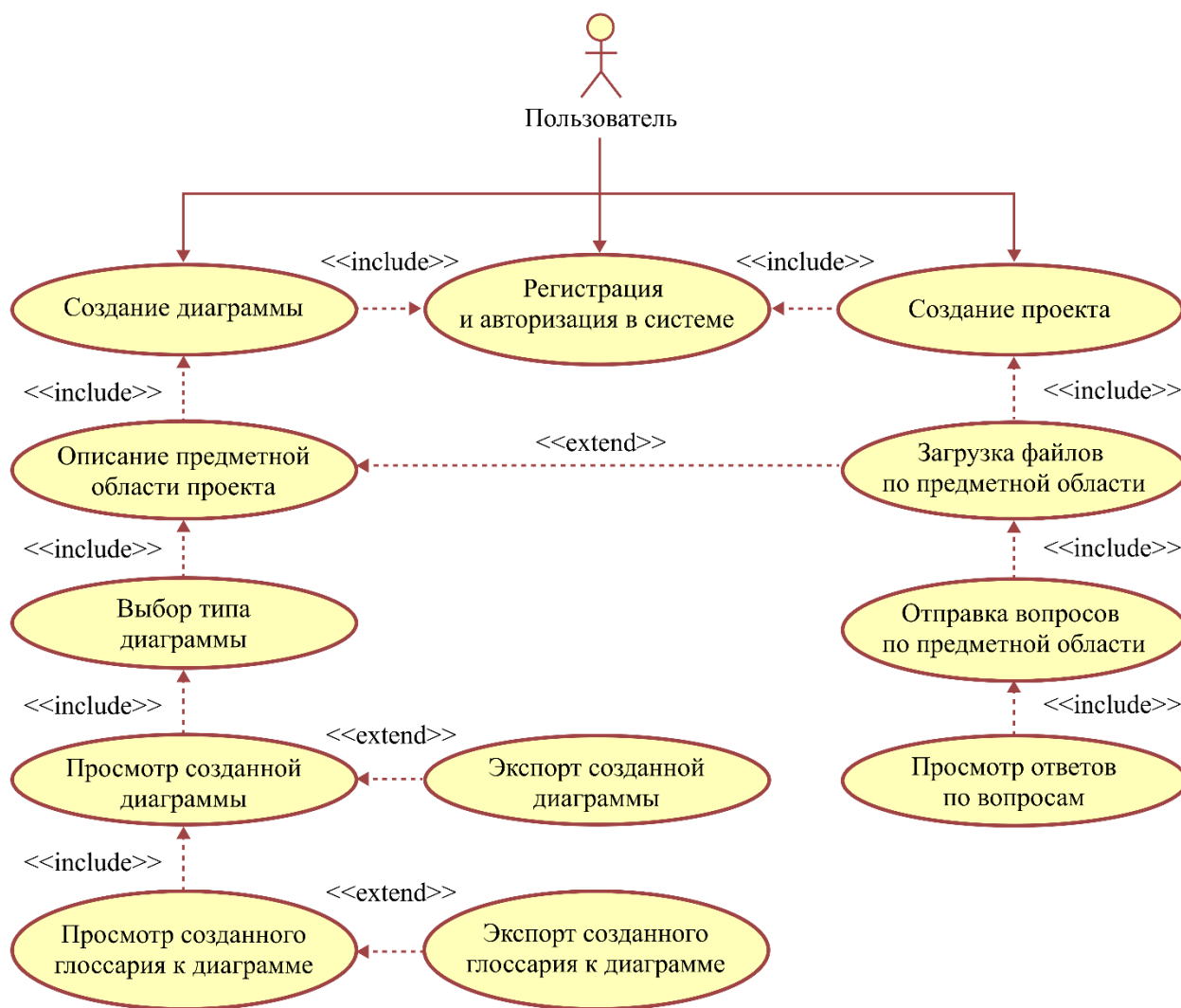


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования нового CASE-средства

Таким образом, выбранный технологический стек позволит разработать конкурентоспособный инструмент на рынке программного обеспечения для системного анализа. Ключевое преимущество системы будет заключаться в сокращении доли ручного труда при создании контекстных диаграмм, что поможет сосредоточиться на содержательной стороне модели, а не на технической работе. Описанные проектные решения по разработке нового CASE-средства создают основу для его последующей программной реализации.

Список источников

1. Логунова О.С., Бондарев И.С., Логунова Т.В. Представление динамики структуры сложной системы на основе теоретико-множественного анализа // Современные достижения университетских научных школ : сборник докладов национальной научной школы-конференции, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 25-26 ноября 2025 года. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2025. С. 27-32. EDN YANEAL
2. Логунова О.С., Кочержинская Ю.В., Наркевич М.Ю. Элементы теоретико-множественного анализа сложных систем : учебное пособие. Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2025. 71 с. ISBN 978-5-9967-3289-0.
3. Махлушев Д.А., Ахлестова А.А., Ковалева К.А. Обзор современных CASE-средств // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития : сборник материалов XIV международного форума, Краснодар, 12-17 июля 2021 года. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. С. 297-300. EDN ZTDJIL.
4. CASE-технологии для анализа и моделирования данных : учебное пособие / О.Б. Назарова, О.Е. Масленникова, В.В. Чернов, В.С. Сапегина. Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2022. ISBN 978-5-9967-2523-6. EDN ILJHBF.
5. Росстат – наука, инновации и технологии [Электронный ресурс]. Режим доступа:

- <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>. Загл. с экрана. (дата обращения: 02.02.2025).
6. Ротарь В.Г., Ткачев М.А., Трофимова А.Е. Обзор актуальных фреймворков для разработки клиентской части современных веб-приложений // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22-26 марта 2021 года. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2021. С. 170-171. EDN SECOSC.
 7. Таймазова Э.А., Аблязова С.Н. CASE-технология. Основные достоинства CASE-технологии // Инновационная парадигма экономических механизмов хозяйствования : сборник научных трудов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Симферополь, 16 мая 2022 года. Симферополь: ООО «Издательство Типография «Ариал», 2022. С. 392-396. EDN KHDGYE.
 8. Шахов А.Э. Архитектурное проектирование веб-приложений // Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов : сборник материалов XXIV Международной научно-практической конференции. Москва: Печатный цех, 2023. С. 27-29. EDN CYJORC.
 9. Безопасность веб-приложений / К.Ю. Шилов, Р.М. Геллер, Я.А. Терентьев [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2024. № 2. С. 113-117. DOI: 10.46418/2079-8199_2024_2_20. EDN FBUJLA.
 10. Modern Frameworks for Web-application Development / J.A. Rabcan, A.A. Gumarova, A.A. Vakhitova, G.A. Kamalova // Science and Education. 2023. No. 3-3(72). P. 33-40. DOI: 10.52578/2305-9397-2023-3-2-33-40. EDN KGKWAD.

Сведения об авторах

Титов Вячеслав Михайлович – ассистент кафедры БИиИТ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: slava-titov173@yandex.ru. ORCID 0009-0005-1015-5975

Логунова Оксана Сергеевна – заведующая кафедрой ВТиП, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: logunova66@mail.ru. ORCID 0000-0002-7006-8639

УДК [621.314.26+621.316.94]:621.311.1

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПЧ-АВ ЗА СЧЕТ СОГЛАСОВАННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕТИ И ПАРАМЕТРОВ ШИМ

Николаев А.А., Гилемов И.Г., Денисевич А.С., Афанасьев М.Ю., Кондратенко Н.А., Гатиатуллин Р.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. В статье приведены результаты исследований качества электроэнергии во внутризаводских распределительных сетях среднего напряжения 10-35 кВ при работе главных электроприводов стана горячей прокатки с активными выпрямителями (ПЧ-АВ). Выявлены причины высоких гармонических искажений напряжения (K_U до 21,9%), связанные с резонансными явлениями в частотной характеристике сети (ЧХС). Разработана комплексная имитационная модель системы электроснабжения и электроприводов, подтверждающая адекватность экспериментальным данным. Исследованы два способа улучшения электромагнитной совместимости: модификация алгоритмов широтно-импульсной модуляции (ШИМ) активных выпрямителей и изменение режима электроснабжения.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, гармонические искажения напряжения, активные выпрямители, широтно-импульсная модуляция, резонанс токов, коэффициент искажений K_U , частотная характеристика сети

Введение

За последние пятнадцать лет в составе мощных электроприводов станов горячей и холодной прокатки широкое применение получили многоуровневые преобразователи частоты с активными выпрямителями (ПЧ-АВ). Они обеспечивают рекуперацию энергии в тормозных режимах электропривода, поддержание единичного коэффициента мощности и улучшение гармонического состава потребляемого тока. Однако практический опыт эксплуатации на многих металлургических предприятиях выявил существенную проблему: высокочастотные гармоники тока активных выпрямителей, попадая в резонансную область частотной характеристики питающей сети (6–35 кВ), вызывают значительные искажения напряжения. Это приводит к аварийным отключениям чувствительных электроприёмников (ИБП, ПЛК) и снижению надёжности электроснабжения.

К настоящему времени разработаны различные способы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) мощных ПЧ-АВ с питающей сетью 10-35 кВ.

Основными из них являются два способа:

1. Изменение алгоритмов ШИМ активных выпрямителей для снижения гармоник сетевого тока, попадающих в резонанс частотной характеристики сети [1], при этом параметры самой сети не изменяются.

2. Изменения формы частотной характеристики сети за счет изменения режима электроснабжения или специального пассивного фильтра.

Однако данные способы применялись раздельно. На практике может возникнуть ситуация, когда необходимо использовать комбинацию данных способов для получения максимального эффекта снижения гармонических составляющих напряжения на общих секциях главной понижающей подстанции (ГПП) предприятия.

Целью данной работы является исследование эффективности комбинированного способа обеспечения ЭМС электропривода прокатного стана с питающей сетью.

Результаты экспериментальных исследований качества напряжения сети 34,5 кВ

На рис. 1 приведена упрощённая однолинейная схема сети 34,5 кВ металлургического предприятия. Экспериментальные исследования проводились в два этапа с использованием анализаторов качества электроэнергии. Запись мгновенных значений напряжений и токов выполнялась для трёх режимов электроснабжения промышленного предприятия [2]. На рис. 1 приведена упрощённая однолинейная схема сети 34,5 кВ металлургического предприятия. В табл. 1 сведены состояния высоковольтных выключателей для каждого режима. Основными высшими гармониками напряжения являются гармоники с номерами $n = 35, 37, 47, 49, 59, 61, 71, 73, 95, 97$. Амплитуды соответствующих гармоник тока не превышают 27 А, однако из-за резонанса они вызывают сильные искажения напряжения.

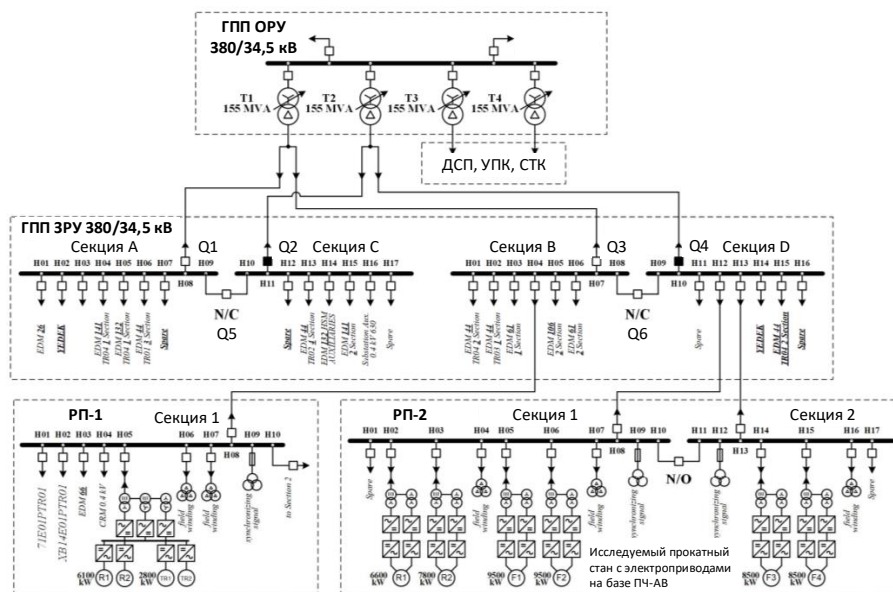


Рис. 1. Упрощенная однолинейная схема электроснабжения

В табл. 2 сведены значения K_U для режима №1. Для режима №1 (секция D) K_U достигает 13,52% (объединение секций С и D) – 21,9%, что значительно превышает лимит ГОСТ 32144-2013. При этом на секциях, не имеющих электрической связи с «грязной секцией», искажения не превышают 1,14%.

Таблица 1

Состояния высоковольтных выключателей для каждого режима электроснабжения

Режим электроснабжения, №	Выключатели в работе
1	Q1, Q3, Q4, Q5,
2	Q1, Q2, Q3, Q4,
3	Q1, Q3, Q5, Q6,

Таблица 2

Значения суммарных коэффициентов искажений синусоидальности кривой напряжения на секциях ГПП для режима №1

Точка подключения измерительного комплекса	Режим электроснабжения №1
ЗРУ-34,5 кВ секция А	$K_{Uл} = 1,24\%$ $K_{Uф} = 1,27\%$ $K_{Iф} = 16,53\%$ $n_U(i)_{max} = 7$
ЗРУ-34,5 кВ секция В	$K_{Uл} = 1,13\%$ $K_{Uф} = 1,17\%$ $K_{Iф} = 2,08\%$ $n_U(i)_{max} = 7$
ЗРУ-34,5 кВ секция С	Секции А и С объединены $K_{Uл} = 21,9\%$
ЗРУ-34,5 кВ секция D	$K_{Uл} = 13,52\%$ $K_{Uф} = 13,49\%$ $K_{Iф} = 102,7\%$ $n_U(i)_{max} = 35, 37, 47, 49, 59, 61, 71, 73,$

Разработка комплексной имитационной модели

Для выработки и проверки эффективности технических мероприятий была разработана имитационная модель в среде Matlab-Simulink [3]. В модели учтены: параметры питающей сети 380 кВ (мощность короткого замыкания 9800 МВА и 6415 МВА); параметры сетевых трансформаторов 380/34,5 кВ (155 МВА); П-образные схемы замещения всех кабельных линий 34,5 кВ с фактическими активными, индуктивными и ёмкостными сопротивлениями; модели ПЧ-АВ ACS6000 с системой управления активного выпрямителя и алгоритмом ШИМ с удалением выделенных гармоник (5 переключений за 1/4 периода, удаление гармоник 11, 13, 23, 25); упрощённые модели остальных электроприёмников. Верификация модели [4] показала, что относительное отклонение K_U не превышает 2,36%, а отклонение амплитуды первой гармоники – менее 0,6%, что подтверждает адекватность модели.

Исследование частотных характеристик и резонансных явлений

С помощью имитационной модели были рассчитаны частотные характеристики $Z(f)$ для всех

режимов электроснабжения (рис. 5). Для секции ЗРУ 34,5 кВ в режиме №1 обнаружена широкая область резонанса от 2350 до 5350 Гц (номера гармоник 47–107) с экстремумом $Z_{\max}$, $1D = 200,6$ Ом на частоте 3550 Гц (71 гармоника). Именно в этот диапазон попадают основные гармоники тока ПЧ-АВ, что и вызывает сильные искажения напряжения.

В режиме №3 (все секции от одного трансформатора) основной резонанс находится в диапазоне 650–1350 Гц (13–27 гармоники), где значимые гармоники тока ПЧ-АВ отсутствуют; K_U не превышает 2,7%. По этой причине этот режим был выбран в качестве основного.

Применение комбинированного способа обеспечения ЭМС ПЧ-АВ с питающей сетью

Для дальнейшего снижения значения K_U было предложено для нового режима со смешанным резонансом в частотной характеристике питающей сети использовать изменённые алгоритмы ШИМ с повышенной частотой коммутацией ключей. Обеспечивающий удаление двух дополнительных гармоник тока с номерами 35, 37, которые попадают на крайнюю часть резонанса в ЧХС сети.

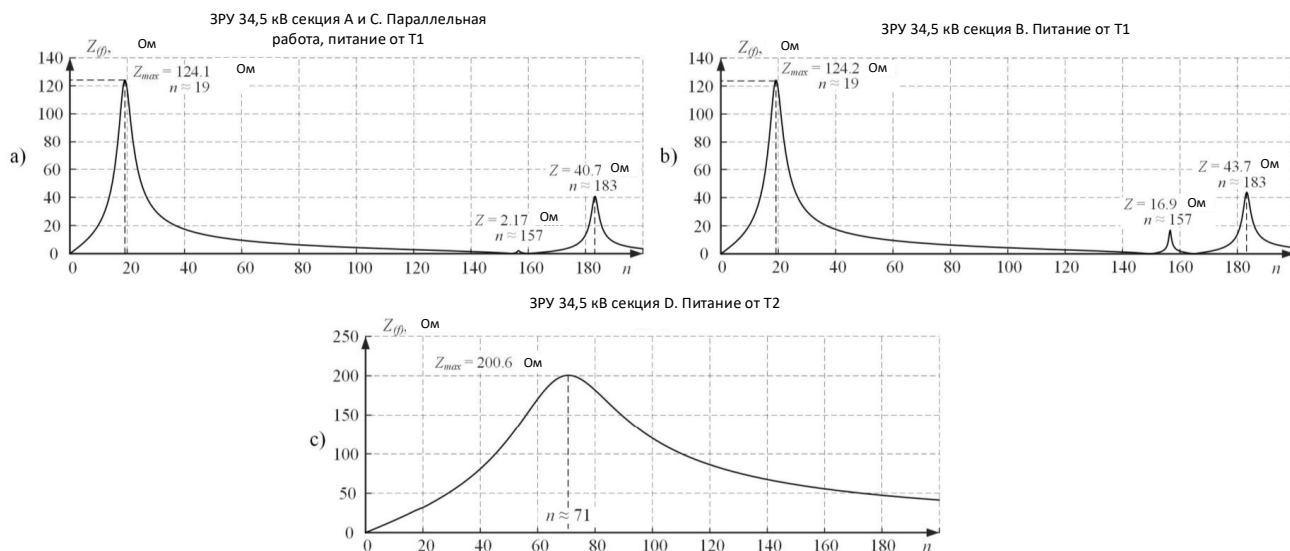


Рис. 2. Частотные характеристики сети для режима электроснабжения №1

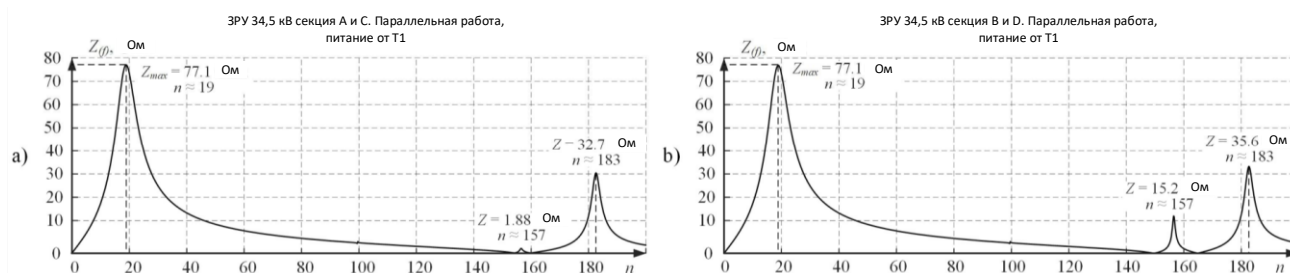


Рис. 3. Частотные характеристики сети для режима электроснабжения №3

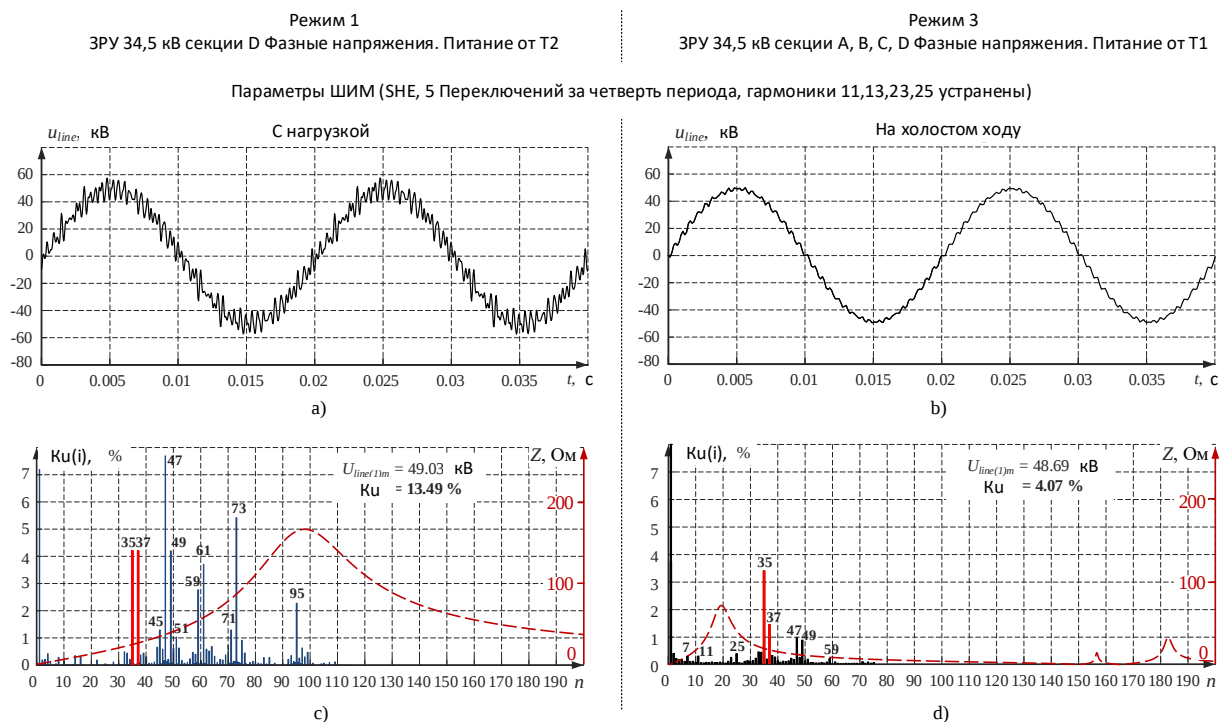


Рис. 4. Осциллограммы напряжений и ЧХС на секции D ЗРУ- 34,5 кВ при различных режимах электроснабжения и их гармонический состав

Таким образом, совместное использование двух способов обеспечения ЭМС ПЧ-АВ позволили достичь минимального значения $K_U = 2,14\%$ что обеспечивает надежную работу чувствительных электроприемников, подключенных к общим секциям 34,5 кВ ГПП.

Заключение

1. Основными способами обеспечения ЭМС мощных ПЧ-АВ являются два способа: 1) изменение алгоритмов ШИМ активных выпрямителей для снижения гармоник сетевого тока, попадающих в резонанс частотной характеристики сети [5], при этом параметры самой сети не изменяются; 2) изменения формы частотной характеристики сети за счет изменения режима электроснабжения или специального пассивного фильтра. Данные способы используются, как правило, раздельно.

2. На примере одного из металлургических предприятий, где функционирует мощный электропривод прокатного стана с ПЧ-АВ показана эффективность комбинированного способа обеспечения ЭМС с сетью 34,5 кВ, результаты исследований показали возможность достижения максимального технического эффекта снижения гармонических искажений до уровня $K_U = 2,14\%$, что превосходит технические эффекты по умень-

шению K_U достигаемыми способами по отдельности.

Список источников

1. Анализ эффективности способов обеспечения электромагнитной совместимости электроприводов с активными выпрямителями в условиях реального производства / Николаев А.А. Гилемов И.Г. Буланов М.В. Ивекеев В.С. // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2024. С. 12.
2. Экспериментальные исследования качества электроэнергии в сети 34,5 кВ ММК «Metallurji» при работе электроприводов с активными выпрямителями / Николаев А.А., Маклаков А.С., Гилемов И.Г., Буланов М.В. // Международная Уральская конференция по электроэнергетике. Магнитогорск, 2022. С. 359-366.
3. Разработка и исследование усовершенствованных алгоритмов ШИМ активных выпрямителей с целью улучшения качества электроэнергии во внутривозовских электрических сетях 6-35 кВ / Николаев А.А., Буланов М.В., Маклаков А.С., Гилемов И.Г. // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2023. № 6. С. 69-81.
4. Николаев А. А., Гилемов И. Г., Буланов М. В. Исследование влияния режима работы электропривода на качество напряжения в сети 10 кВ прокатного стана с АР // Международная Уральская конференция по электроэнергетике (UralCon). Магнитогорск, 2021. С. 535-540.
5. Маклаков А.С. Имитационное моделирование главного электропривода прокатной клетки толстолистового стана 5000 // Машиностроение: сетевой

- электронный научный журнал. 2014. № 3. С. 16-25. EDN: QQWKSU
6. Гилемов И.Г. Повышение качества электроэнергии во внутризаводских распределительных сетях за счет усовершенствованных систем управления активных выпрямителей: дис. ... канд. техн. наук. 2.4.2 / Гилемов Ильдар Галиевич. Магнитогорск, 2023. EDN: BYASPL

Сведения об авторе

Николаев Александр Аркадьевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой АЭПиМ, ФГБОУ «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: aa.nikolaev@magtu.ru. ORCID 0000-0001-5014-4852

Гилемов Ильдар Галиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры АЭПиМ, ФГБОУ «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. ORCID 0000-0002-2481-3378

Денисевич Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. ORCID 0000-0002-4913-4224

Афанасьев Максим Юрьевич – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

Кондратенко Никита Александрович – студент, ФГБОУ «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

Гатиатуллин Руслан Вадимович – студент, ФГБОУ «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: ruslangatiatullin2004@gmail.com.

УДК 004.62:004.932:656.021

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ «ТЁМНЫХ» ДАННЫХ ПРИ АНАЛИЗЕ ВИДЕОПОТОКА ТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ

Кочержинская Ю.В., Гребенев М.С.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. Целью настоящего исследования была идентификация источников, снижающих качество прогнозирования модели движения транспортных потоков на регулируемых перекрестках. В ходе исследования было установлено, что данные для расчета, используемые в модели, получают с видеозаписей, сделанных без использования специального оборудования на смартфон и идентифицируют путем визуального анализа. Видеозаписи, являющиеся источником данных для модели расчета, содержат данные, которые не идентифицируются вовсе или идентифицируются неверно при таких способах сбора, распознавании и обработки. Выделено пять причин для возникновения ошибок данных, которые влияют на полноту и достоверность выполняемых далее расчетов. Модификация технического оснащения процесса сбора данных и способа их идентификации положительно повлияют на качество расчетов модели и, как следствие, на выдаваемые ею рекомендации для изменения режима работы светофоров.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, видеопоток, перекрёстки, компьютерное зрение, «тёмные» данные, идентификация данных, анализ видеозаписи

Введение

Транспортные заторы на улицах городов стали приметой нашего времени. Не является исключением в этом отношении и город Магнитогорск. В часы пик загруженность транспортных артерий является настолько высокой, что дорога из условного пункта А в условный пункт Б, которая на полупустой дороге занимает у автолюбителя десять минут, в условиях автомобильной «пробки» легко превращается полтора часа времени, проведенного им за рулем. Решение проблемы городских автомобильных заторов лежит сразу в нескольких плоскостях – экономической, социальной, технической. Регулярно в контексте улучшения ситуации на транспортных магистралях Магнитогорска поднимаются вопросы состояния дорожного полотна, развития общественного транспорта, внедрения и использования современных информационных технологий для повышения уровня комфорта и безопасности дорожного движения [1, 2].

Интеллектуальные транспортные системы – флагман в среде современного технологического обеспечения, на который возложены функции интеграции автоматизированных средств управления, анализа больших данных и адаптивных алгоритмов для повышения эффективности транспортных процессов. На сегодняшний день внедрение таких систем является одной из ресур-

соёмких статей в бюджетах всех уровней. Так, Правительство РФ выделило регионам 2,77 млрд руб. субсидий на внедрение в 2025–2027 годах интеллектуальных транспортных систем в городах с населением более 300 тыс. человек (в число которых входит и Магнитогорск с населением более 400 тыс. человек). Челябинская область получила одну из самых крупных субсидий – более 109 млн рубл. На эти деньги должны быть установлены дорожные видеокамеры, «умные светофоры», средства автоматической фиксации нарушений и т.д. [3]

Транспортная система – комплекс различных видов транспорта, находящихся во взаимозависимости и взаимодействии при выполнении перевозок. Несомненным лидером, по данным Росстата за 2025 год, в сфере грузоперевозок является автомобильный транспорт (порядка 3,2 млрд т из 9,2 млрд т перевезенных грузов). В сфере пассажироперевозок транспортный комплекс России перевез за прошлый год более 10 млрд пассажиров, из них лидером также является автомобильный (автобусный) транспорт: более 8 млрд человек [4]. Эти данные говорят о важности поддержания транспортной системы любого населенного пункта в работоспособном состоянии, а также свидетельствуют о серьезной нагрузке, которую несет на себе транспортная инфраструктура.

Транспортная система Магнитогорска – это развитая сеть, состоящая из личного и общественного транспорта, исторически имеющая масштабную трамвайную инфраструктуру и дополненная

автобусами и маршрутными такси [5]. Общая протяженность автомобильных дорог в Магнитогорске составляет 635 км. По различным данным, в Магнитогорске зарегистрировано более 120 тыс. единиц автотранспорта. В городе приходится около 300 автомобилей на 1000 жителей, что соответствует среднему показателю автомобилизации в России [6]. При этом в 2018 году в мировом рейтинге по стоянию в пробках город металлургов занял 8-е место. По мнению экспертов аналитической компании «INRIX», магнитогорские водители проводят в пробках 73 ч [7]. Заторы ожидаемо усиливаются в часы пик, а также во время сильных снегопадов или в дождливые дни.

Автомобильная пробка (дорожный затор) – это скопление на дороге автомобилей, скорость которых ниже нормальной. Неверно подобранные режимы работы светофоров на перекрестках являются одной из ключевых причин образования хронических заторов в городской дорожной сети. Ошибки в подборе фаз или неадаптивные тайминги приводят к неравномерному распределению транспортных потоков, росту среднего времени ожидания транспортных средств на подходах к перекрестку и длины очередей на подходах.

Фаза светофора – это часть цикла работы светофора, в течение которой автомобилям и пешеходам разрешено движение в определенных направлениях. Чаще всего фаза состоит из основного (например, зеленый свет) и промежуточного (желтый или красно-желтый) тактов. Смена этих фаз образует непрерывный светофорный цикл.

Вследствие эффекта «обратной пробки», то есть распространения волны затора вверх по течению дороги, когда водитель в плотном потоке резко тормозит (из-за сужения или перестроения), а следующий автомобиль реагирует с задержкой и тормозит еще сильнее, возникает «волна», которая движется назад, заставляя машины позади полностью останавливаться. Сниженная пропускная способность одного перекрестка может вызывать каскадное ухудшение пропускной способности смежных участков и нарушать устойчивость целого фрагмента городской дорожной сети.

Для борьбы с вышеописанными негативными явлениями может быть предложен ряд мер, в частности внедрение координированных и адаптивных алгоритмов управления сигналами светофоров, основанных на датчиках и результатах работы предиктивных моделей. Эти меры в комплексе должны существенно сократить время простоя и риск дорожно-транспортных происшествий.

Поскольку дорожная ситуация в городе склонна к динамическим изменениям, причинами которых является множество факторов (от погод-

ных условий до внеплановых ремонтов или дорожных происшествий), необходимы систематические обследования режимов светофоров, оптимизация фазных диаграмм и регулярный мониторинг эффективности установленных параметров.

Для этого нужно своевременно актуализировать параметры модели [8], выполняющей расчеты динамики движения транспортных средств на перекрестках. Сложность создания и использования таких моделей в городе Магнитогорске состоит в том, что каждый из более чем 150 регулируемых перекрестков является уникальным по своей геометрии (то есть конфигурации пересечения дорог, определяющей траектории движения, радиусы поворотов и зоны видимости), в связи с чем предикция динамики движения транспортных средств также не может быть унифицирована.

Источники данных

Сбор данных для использования в математической модели прогнозирования динамики транспортной нагрузки перекрестка может вестись несколькими способами. Выбор способа во многом зависит от технической оснащенности перекрестка и целесообразности расходования имеющихся в распоряжении исследователей ресурсов (человеко-часов).

Так, при хорошей технической оснащенности перекрестка (в Магнитогорске таких уже более 30 из общего числа регулируемых) могут использоваться установленные камеры, которые позволяют отслеживать транспортную нагрузку. Такие устройства позволяют распознавать автомобильные номера, тип и марку машины, а также фиксировать пересечение стоп-линий и другие нарушения ПДД. Ещё один высокотехнологичный вариант – лазерные сканеры (LiDAR), которые применяются для создания высокоточных 3D-моделей транспортного потока, оценки габаритов транспорта и расстояний между транспортными средствами в реальном времени.

Конечно, есть более скромные технические варианты, позволяющие собрать необходимые данные для модели. Это способ регистрации потока транспортных средств вручную и анализ видеозаписей, сделанных на доступных устройствах (смартфоны, бытовые видеокамеры) с дальнейшим подсчетом и анализом транспортного потока на персональном/портативном компьютере. В настоящее время работа проводится чаще всего именно в таком режиме, который обладает как рядом достоинств, в частности экономичность, техническая независимость, так и некоторыми недостатками [9], самым существенным, из которых является невозможность вести видеосъемку так,

чтобы был виден весь перекресток. Ограниченность угла и высоты съемки приводит к появлению проблемы данных, которые ускользают от наблюдателя по разным причинам. Такие данные принято называть «тёмными» данными (англ. Dark Data, DD).

«Тёмные» данные

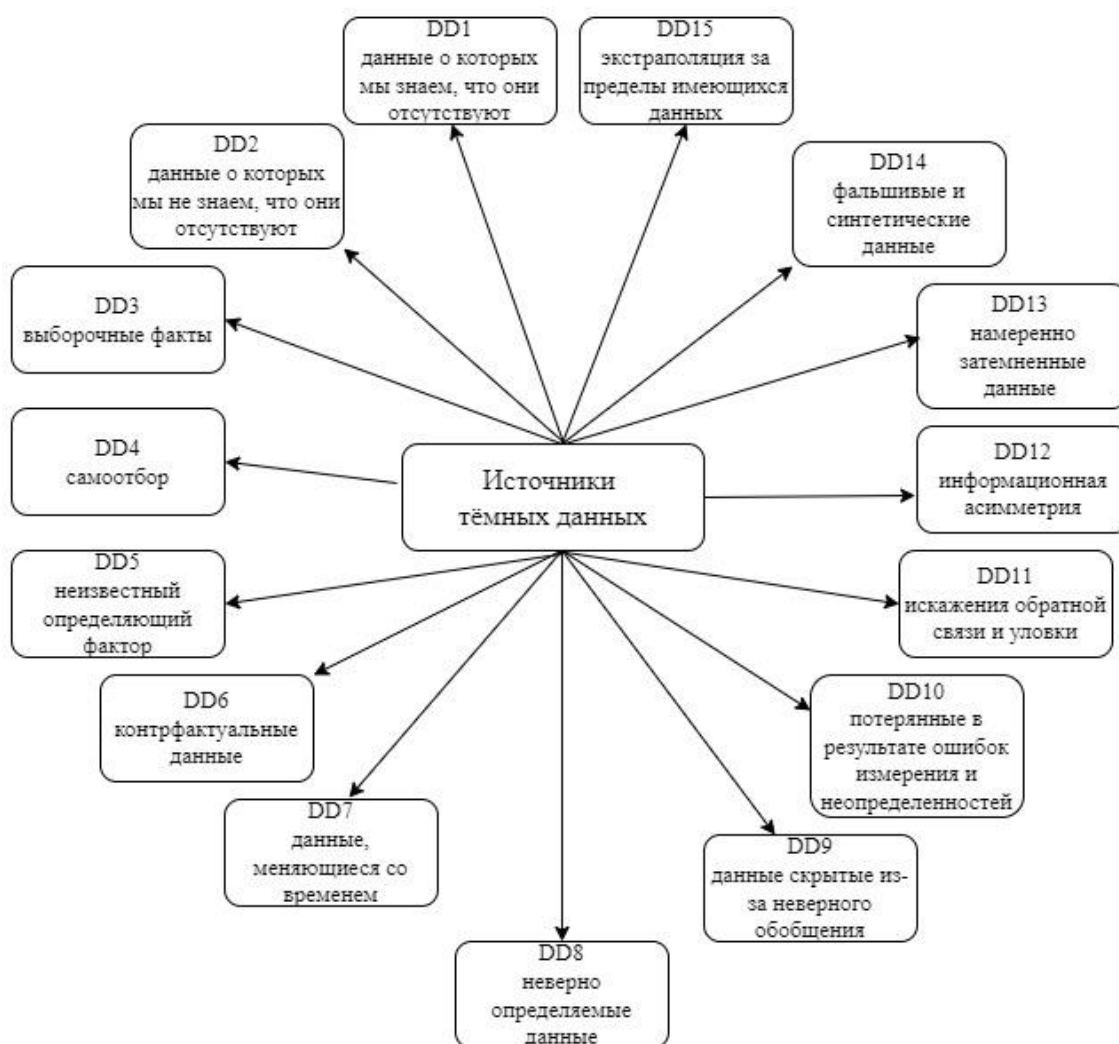
«Тёмные» данные – это понятие, которое возникло из аналогии с другим физическим термином – темной материей, составляющей около 27% Вселенной. Астрономы не видят её, но предполагают её существование из наблюдения за поведением галактик и планет. «Тёмные» данные мы также не можем обнаружить напрямую, но при определенных условиях можем утверждать, что они не просто существуют, но и оказывают существенное влияние на выводы, решения и действия [10].

Согласно исследованиям Дэвида Хэнда [10], существует как минимум 15 типов «тёмных» данных, классифицируемых по источнику их возникновения (см. рисунок).

Именно «тёмные» данные снижают качество имеющихся моделей предиктивной аналитики, делая их непригодными для точных прогнозов и выдачи полезных рекомендаций, поскольку выводы, которые формируются в этом случае не учитывают влияние «тёмных» данных и вносимых ими искажений на результат. Для выбранной сферы, а в частности, моделирования динамики транспортных потоков на регулируемых перекрестках, «тёмные» данные при анализе видеопотока могут возникать по следующим причинам:

- аппаратные и съемочные ограничения (низкая частота кадров и пропуски кадров, которые приводят к потерям кратких событий; размытие из-за движения и недостаток света; настройки автоматической экспозиции камеры смартфона белого);

- угол съёмки и окклюзия (неподходящая высота/угол съёмки и перекрытия объектов приводят к скрытию транспортных средств);



Классификация источников темных данных (DD_i) по Д. Хэнду

- потеря метаданных (неполные/неправильные таймстемпы, ориентация камеры, приводящая к пространственной путанице);
- программные и человеческие факторы (фильтрация и «улучшение» видео в смартфоне, которые изменяют исходные данные; выборочное сохранение фрагментов, удаление/игнорирование некоторых эпизодов;
- технические и организационные ограничения (ограничения хранения/передачи).

Заключение

В результате использования неполных и недоверенных данных мы получаем такие проблемы, как: систематическую недооценку интенсивности транспортного потока и пропускной способности перекрестков; расхождение ожидаемых и фактических параметров транспортных потоков во всех направлениях; смещение метрик транспортных потоков из-за неполноты выборки; ухудшение качества определения и позиционирования количественных метрик и типов транспортных средств, пересекающих перекресток; проблемы с репликацией результатов.

Нужно с сожалением признать, что как реальная транспортная система, так и её модель не обладают свойством самокоррекции в динамике, то есть ошибки и неточности, допущенные в процессе сбора и обработки данных для последующего моделирования, не нивелируются, а накапливаются, приводя к сбоям в работе системы.

Все это в совокупности приводит к тому, что принятие решения о формировании нового режима работы светофора с изменением длительности его фаз основывается на неполных данных, что, в свою очередь, приводит к слабому эффекту и недовольству автолюбителей и профессиональных водителей.

Таким образом, для обеспечения более достоверной, адекватной и актуальной модели движения транспортного потока на регулируемых перекрестках Магнитогорска, которая позволит исправить имеющиеся погрешности, необходимо использовать методы и технические средства, позволяющие более качественно собирать данные, пригодные для интеграции и использования аналитических инструментов, в том числе специализированных нейросетей, основанных на компьютерном зрении, таких как Yolo (You Only Look Once).

Список источников

1. Курганов В.М., Грязнов М.В., Дорофеев А.Н. Эволюция логистики: обзор концепций и девятиэтап-

- ная модель // Логистика. 2025. № 6(223). С. 44-51. EDN NMTHGP.
2. Гасилова О.С., Грязнов М.В. Факторы безопасности дорожного движения на регулируемых пересечениях автомобильных дорог // Транспортное дело России. 2025. № 5. С. 107-109. EDN NCREAB.
3. Думанский А. Челябинская область получит 109 млн рублей на интеллектуальные транспортные системы // Курс Дела : сетевое издание. 2025. 30 сент. URL: <https://kursdela.biz/news/2025-09-30/chelyabinskaya-oblast-poluchit-109-mln-rublej-na-intellektualnye-transportnye-sistemy-5482872> (дата обращения: 24.05.2026).
4. Транспорт в России. 2025 : статистика / Росстат. М., 2025. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 24.05.2026).
5. Полянская Л.В., Попов С.В., Сырова А.А. О системе городского транспорта в г. Магнитогорске // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2005. № 1. С. 78–81.
6. В Магнитогорске насчитали 635 км дорог. Более 20 км из них – грунтовые // Верстов.Инфо : информационное агентство. 2022. 20 июля. URL: <https://www.verstov.info/news/society/100773-v-magnitogorske-naschitali-635-km-dorog-bolee-20-km-iz-nih-gruntovye> (дата обращения: 24.05.2026).
7. В Магнитогорске пробки, как в Лос-Анджелесе // Вечерка74 : информационно-аналитическое агентство. URL: <https://vecherka74.ru/news/obsh/11711-v-magnitogorske-probki-kak-v-los-andzhelese.html> (дата обращения: 24.05.2026).
8. Логунова О.С., Бондарев И.С., Логунова Т.В. Представление динамики структуры сложной системы на основе теоретико-множественного анализа // Современные достижения университетских научных школ : сборник докладов национальной научной школы-конференции, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 25–26 ноября 2025 года. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2025. С. 27-32. EDN YANEAL.
9. Злыдарев Н.В., Логунова О.С., Тюлюмов А.Н. Интеллектуальное решение для идентификации и формирования шаблонов типизированных объектов на фотоизображениях // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве : сборник докладов XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных с международным участием, Екатеринбург, 15–16 мая 2025 года. Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2025. С. 126-130. EDN NPEQNB.
10. Хэнд Д. Темные данные. Практическое руководство по принятию правильных решений в мире недостающих данных: пер. с англ. М. : Альпина Паблишер, 2022. 366 с.

Сведения об авторах

Кочержинская Юлия Витальевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры вычислительной техники и программирования, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: y.kocherzhinskaya@mail.ru. ORCID 0000-0001-5779-2588,

Гребенев Максим Сергеевич – студент группы АВб-22-3, институт энергетики и автоматизированных систем, кафедра вычислительной техники и программирования, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

УДК 659.126

РАЗРАБОТКА ФИРМЕННОГО СТИЛЯ ДЛЯ КОТОКАФЕ

Смирнова А.В., Бирюлина В.Д.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. Целью статьи является рассмотрение особенностей разработки фирменного стиля, который формирует визуальный имидж заведения. Рассмотрена необходимость наличия фирменного стиля, изучены особенности айдентики котокафе. Проанализированы аналоги заведения и их логотипы. Представлены результаты разработки фирменного стиля котокафе, разработано название и логотип, выбрано и обосновано цветовое решение и представлено применение фирменного стиля на носителях.

Ключевые слова: фирменный стиль, котокафе, логотип, нейминг, проектирование

В современном обществе всё большую популярность получают пространства, ориентированные не только на предоставление услуг, но и на формирование эмоционально комфортной среды, способствующей развитию социальной активности, волонтерства и культуры гуманного отношения к животным. Одним из таких форматов является котокафе – особый тип заведения, в котором объединяются функции антикафе, кафе и социального проекта. Его ключевая идея заключается в том, что посетители могут общаться с кошками, проводить время в тёплой, домашней атмосфере и при этом поддерживать инициативы по устройству животных в хорошие руки.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью создания узнаваемого и гармоничного фирменного стиля, который будет сочетать эстетическую выразительность и функциональность, соответствовать концепции заведения и способствовать продвижению бренда. Разработка фирменного стиля рассматривается не только как художественно-графическая задача, но и как важный этап формирования визуального образа социально ориентированного проекта.

Целью данной проектной работы является разработка фирменного стиля для котокафе «Лапки и Латте», отражающего его идею, атмосферу и направленность. Для достижения поставленной цели в рамках работы были решены следующие задачи: изучены существующие аналоги и их логотипы, проведён анализ конкурентной среды и особенностей позиционирования, сформулированы требования к объекту проектирования, выполнены эскизные поиски и варианты композиционных решений, разработан нейминг и обоснована выбранная концепция названия, а также подобраны и проанализированы цветовые палитры.

Целевую аудиторию котокафе составляют равнодушные к животным люди, а также посетители, ищущие нестандартные форматы отдыха. Особое внимание уделяется семейным парам, в том числе с детьми, так как заведение может выполнять образовательную функцию, формируя ответственное отношение к животным.

Также значительную часть аудитории составляют девушки и молодые люди, предпочитающие уютную атмосферу, фотогеничные пространства и социально значимые проекты. Котокафе может стать популярным местом для встреч, свиданий, проведения праздников и тематических мероприятий.

Фирменный стиль — это не просто набор визуальных элементов, а целостная система, которая формирует образ бренда и делает его узнаваемым. В него входят логотип, цветовая палитра, шрифты и другие графические решения, которые вместе создают уникальный характер и передают ценности компании [1]. Именно фирменный стиль помогает выделиться среди конкурентов, установить эмоциональную связь с аудиторией и сформировать целостное восприятие бренда.

Ключевым элементом фирменного стиля является логотип. Для создания эффективного и выразительного фирменного знака необходимо учитывать уже существующий опыт в данной сфере. Поэтому следующим этапом работы стал анализ аналогов котокафе, позволяющий выявить успешные решения и типичные ошибки в визуальной айдентике подобных заведений.

Были рассмотрены логотипы следующих заведений: «Котофейня» [2], «Республика кошек» [3], «Мурчашка» [4] и «Котиссимо» [5] (рис. 1).



Рис. 1. Различные варианты логотипов котокафе:
а – «Котофейня»; б – «Республика кошек»; в – «Мурчашка»; г – «Котиссимо»

Как показал анализ, большинство подобных заведений в своих логотипах использует образ кошки и яркие оттенки, что можно расценивать как плюс фирменного стиля.

Однако к минусам логотипов можно отнести активную детализацию, затрудняющую использование на малых объектах и отсутствие четкой связи с типом кафе. Выявленные недостатки позволяют четко сформулировать требования к объекту разработки:

1. Логотип должен быть смешанным. Именно смешанный формат позволит передать идею и одновременно обеспечить его узнаваемость, а также облегчит использование на различных носителях.

2. Центральным элементом должно быть изображение кошки.

3. Логотип должен ассоциироваться с кафе, что может достигаться при помощи дополнительных графических элементов или через дизайнерское решение шрифта, цвета и композиции.

Для разработки логотипа и названия была составлена ассоциативная карта, в которой центральным словом является слово «котокафе», выбранное исходя из названия типа заведения. Таким образом, были выявлены четыре ключевых слова, отражающие суть заведения: гости, котики, кафе и кофе [6].

Сформулированные требования к логотипу позволили определить основные направления его визуального решения. Однако не менее важным элементом фирменного стиля является название, которое задаёт его смысловую основу. В связи с

этим следующим этапом работы стала разработка нейминга, отражающего концепцию и атмосферу котокафе.

Нейминг – это процесс разработки названия бренда, компании, продукта или проекта, который является важной частью айдентики и маркетинговой стратегии. Название выполняет не только идентификационную функцию, но и формирует первичное впечатление о заведении, его концепции, характере и целевой аудитории. Удачное название должно быть легко запоминаемым, благозвучным, ассоциативно связанным с деятельностью объекта и вызывать положительные эмоции. В сфере общественных заведений, в частности кафе и антикафе, нейминг играет особенно важную роль, так как конкуренция часто строится не только на качестве услуг, но и на эмоциональной привлекательности бренда [7].

На основе построенной карты ассоциаций было выбрано название «Лапки и Латте» и спроектирован логотип, который является комбинированным и включает в себя как текстовое название, так и графические элементы (рис. 2).



Рис. 2. Логотип

Силуэты кошки и чашки напрямую отражают суть заведения и усиливают ассоциацию с форматом котакафе. Графика выполнена в минималистичном стиле, без мелких деталей, что позволяет использовать логотип на различных носителях. Благодаря сочетанию текста и изображения логотип становится более выразительным, узнаваемым и интересным для потенциальных посетителей. Кроме того, необходимо учитывать влияние цвета на восприятие заведения целевой аудиторией. В связи с этим была разработана цветовая карта, преобладающими цветами которой стали кофейные, шоколадные и молочные оттенки (рис. 3).

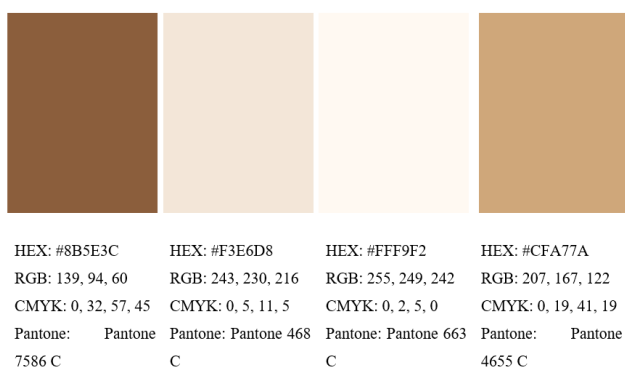


Рис. 3. Цветовое решение логотипа

С точки зрения психологии цвета бежевый и коричневый ассоциируются с теплом, стабильностью и комфортом. Коричневый напрямую связан с кофе, что усиливает ассоциацию с форматом заведения, а светлые молочные оттенки добавляют ощущение уюта и спокойствия. Помимо логотипа, данная цветовая гамма используется для носителей фирменного стиля, включая интерьер и экстерьер (рис. 4).



Рис. 4. Носители фирменного стиля

Таким образом, в ходе работы был разработан фирменный стиль для котакафе «Лапки и Латте» — с опорой на анализ концепции заведения и существующих фирменных знаков в нише.

Ключевыми критериями фирменного стиля стали: читабельность, узнаваемость, целостность композиции, гармоничное сочетание графики и текста, тематическая связь с кошками и форматом кафе, а также универсальность — возможность масштабирования и использования на разных носителях.

Итоговое графическое решение точно отражает концепцию бренда — передаёт атмосферу уюта и дружелюбия, формирует положительный эмоциональный образ заведения. Разработанный логотип готов к внедрению в систему фирменной айдентики и может послужить основой для дальнейшего развития визуальной коммуникации бренда: от навигации и интерьерных элементов до рекламных материалов котакафе.

Список литературы

1. Бодьян Л.А., Бодьян А.Н., Родимова Т.Д. Разработка фирменного стиля ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2016. Т. 1. С. 222-224. EDN WMBOYV.
2. Cat Coffee Shop: сеть котакафе в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.catcoffeeshop.ru> (дата обращения: 1.11.2025).
3. Republic of Cats: культурное пространство и котакафе [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.catsrepublic.ru/> (дата обращения: 2.11.2025).
4. Мурчашка: котакафе и пространство отдыха [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://murchashka.ru/> (дата обращения: 2.11.2025).
5. KOTO.CAFE: котакафе и пространство общения с животными [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.koto.cafe/> (дата обращения: 2.11.2025).
6. MindMup: онлайн-сервис для создания ассоциативных карт и ментальных схем [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mindmup.com> (дата обращения: 15.11.2025).
7. Пименов П.А. Нейминг: как правильно назвать товар или бизнес [Электронный ресурс] // Элитариум: центр дистанционного образования. Режим доступа: http://www.elitarium.ru/nejming_pravilno_nazvat_tovar_biznes/ (дата обращения: 20.11.2025).

Сведения об авторах

Смирнова Анастасия Владиславовна — старший преподаватель кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: a-kremneva@mail.ru. ORCID 0000-0003-3916-6051

Бирюлина Василина Даниловна — студент группы ТТПб-23-1, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

УДК 621.798.08:620.19

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Тарасюк Е.В., Пономарев А.П., Антошкин А.С., Бобенко К.Д., Сомова А.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема борьбы с атмосферной коррозией металлопродукции. Для решения данной проблемы разрабатываются новые упаковочные материалы, содержащие летучие ингибиторы коррозии (ЛИК). В работе определена смачиваемость и впитываемость антикоррозионных упаковочных материалов. Установлено, что введение в бумагу-основу ингибиторов коррозии KORING 505 производства KORCHEM (Чехия) и УНИ привело к повышению краевого угла смачивания (росту гидрофобности), а ингибитора KORING 501 уменьшило его. Увеличение гидрофобных свойств будет способствовать повышению защитной способности антикоррозионного упаковочного материала.

Ключевые слова: смачиваемость, краевой угол смачивания, гидрофобные свойства, атмосферная коррозия, антикоррозионные упаковочные материалы, ингибиторы коррозии, поверхностная впитываемость

Инновационные способы предотвращения коррозии металлических изделий с использованием многослойных комбинированных материалов основаны на сочетании различных функциональных слоёв, которые обеспечивают комплексную защиту. Преимуществом таких материалов является совмещение функций упаковочного средства и средства консервации, в результате чего отпадает необходимость в дорогостоящей и трудоёмкой консервации металлоизделий маслами и консистентными смазками [1–3].

При выборе оптимальной упаковки для защиты металлоизделий от коррозии важными характеристиками материала является впитываемость и смачиваемость.

Впитываемость и смачиваемость коррелируют между собой, поскольку оба свойства зависят от межмолекулярного взаимодействия на границе раздела фаз и поверхностной энергии материалов.

Хорошая смачиваемость поверхности является обязательным условием для высокой впитываемости жидкости материалом. Если жидкость плохо смачивает материал (высокий контактный угол), силы капиллярного давления будут выталкивать её, препятствуя впитыванию.

Смачиваемость — поверхностное явление, возникающее при контакте жидкости с твёрдым телом в присутствии третьей фазы (обычно воздуха). Количественно её характеризуют краевым углом смачивания (θ) или косинусом этого угла ($\cos \theta$) [4].

Смачивание бумаги зависит от шероховатости ее поверхности. Шероховатая бумага имеет волнистую структуру и содержит большое количество пор в виде капилляров, которые определяют растекание воды и смачивание ею бумаги. В основу классификации бумаги по ее способности смачиваться положены значения краевых углов смачивания:

$0^\circ \leq \theta \leq 15^\circ$	предельно гидрофильная
$15^\circ < \theta \leq 60^\circ$	гидрофильная
$60^\circ < \theta \leq 80^\circ$	с промежуточными свойствами
$80^\circ < \theta \leq 140^\circ$	гидрофобная
$\theta > 140^\circ$	абсолютно гидрофобная

Гидрофобные материалы (плёнки, ламинированные ткани, $\theta > 80^\circ$) подходят для защиты от атмосферной влаги. Материалы с умеренной смачиваемостью (бумага с проклейкой, $\theta \approx 65\text{--}80^\circ$) сочетают защиту и паропроницаемость. В табл. 1 приведен анализ различных упаковочных материалов.

Многие ЛИК содержат полярные группы (например, амино-, нитро- или карбоксильные группы). Их выход на поверхность материала увеличивает его смачиваемость полярными жидкостями (включая воду), что может снижать краевой угол смачивания [1, 5].

Целью работы являлось исследование смачиваемости упаковочных материалов, содержащих ЛИК.

В качестве бумаги-основы для получения антикоррозионных упаковочных материалов выбрана бумага крепированная с полиэтиленовым покрытием.

Таблица 1

Типичные значения краевого угла смачивания различных материалов

Материал	Краевой угол смачивания θ , град	Особенности
Полипропиленовая плёнка (без обработки)	85–95	Низкая смачиваемость, гидрофобность
Полиэтиленовая ингибированная плёнка	80–90	Зависит от типа и концентрации ЛИК
Антикоррозионная бумага «ПП ТехноХим»	65–80	Улучшенная смачиваемость за счёт проклейки
Бумага с полимерным покрытием «УНИ 22-80»	70–85	Промежуточная смачиваемость
Ламинированная ткань «ДЮК-Антикор»	75–90	Гидрофобный слой снижает смачивание
Плёнка CORTEC VpCI PPW-126	80–95	Высокая гидрофобность для защиты от влаги

Для придания упаковочным материалам антикоррозионных свойств использовали следующие ингибиторы коррозии:

- ЛИК KORING 501 и KORING 505 производства KORCHEM (Чехия);
- ингибитор коррозии УНИ (смесь нитрита натрия и уротропина в соотношении 1:1).

Ингибиторы коррозии KORING 501 и KORING 505 были выбраны на основе ранее проведенного исследования [1] благодаря их наилучшим защитным свойствам по сравнению с используемыми зарубежными аналогами.

Для проведения эксперимента готовили водные растворы ингибиторов коррозии KORING 501, KORING 505 и УНИ концентрацией 5–10 мас. %. Затем этими растворами пропитывали бумагу-основу.

Определение поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании проводили согласно ГОСТ 12605-97 «Бумага и картон. Метод определения поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании (метод Кобба)».

Смачиваемость упаковочных материалов определяли методом «сидячих капель». Образец исследуемого материала прикрепляли с помощью клейкой ленты к предметному столику для измерения угла смачивания. Измерения проводились при температуре 18–20°C. Шприцем наносили 3 капли дистиллированной воды на исследуемую поверхность и с помощью микроскопа «МИР-2»

измеряли параметры профиля капель: высоту сегмента круга h и длину хорды l . Краевой угол смачивания рассчитывали по формуле:

$$\theta = 2 \arctg\left(\frac{2h}{l}\right). \quad (1)$$

В табл. 2 представлены результаты определения толщины, массы образца площадью 1 м² и поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании исследуемых бумаг. Поверхностная впитываемость воды при одностороннем смачивании упаковочного материала, содержащего ингибиторы УНИ и KORING 505, уменьшилась, при этом у материала с ингибитором KORING 501 она увеличилась на 36% по сравнению с материалом без ингибитора.

Таблица 2

Физические свойства образцов

Свойства	Образцы			
	Без ингибитора	УНИ	KORING 501	KORING 505
Масса образца площадью 1 м ² , г	115,5	119,3	120,1	119,6
Толщина образца, мм	0,28	0,29	0,30	0,29
Поверхностная впитываемость воды при одностороннем смачивании Коббх, г/м ²	1,4	1,3	1,9	1,2

В табл. 3 представлены результаты определения краевого угла смачивания материалов.

Таблица 3

Краевые углы смачивания упаковочных материалов

Упаковочный материал	Остаточная масса ингибитора, г/м ²	$\theta_{ср}$, град
Без ингибитора	-	52
KORING 505 (10 мас. %)	12,6	62
KORING 505 (5 мас. %)	5,8	61
KORING 501 (5 мас. %)	6,3	31
УНИ (5 мас. %)	8,0	76

Как видно из табл. 3, введение ЛИК в бумагу-основу комбинированного материала влияет на его поверхностные свойства. Добавление ингибиторов коррозии, за исключением образца KORING 501, привело к увеличению краевого угла смачивания, а следовательно, и гидрофобных свойств бумаги-основы, переводя её из класса гидрофильных материалов в класс материалов с промежуточными свойствами. При этом повышение кон-

центрации раствора ингибитора коррозии с 5 до 10 мас. % в случае образца KORING 505 незначительно изменило смачиваемость упаковочного материала. Полученные данные согласуются с исследованиями [5].

Таким образом, в работе были определены поверхностная впитываемость воды при одностороннем смачивании и краевые углы смачивания разработанных упаковочных материалов, содержащих ЛИК. Наибольшей впитываемостью обладает упаковочный материал с ингибитором KORING 501. Наибольший угол смачивания имеют упаковочные материалы с ингибитором УНИ. Повышение гидрофобности антикоррозионного упаковочного материала будет снижать проникновение влаги и паров воды к металлу, замедляя коррозионные процессы.

Список источников

1. Коляда Л.Г., Тарасюк Е.В., Пономарев А.П. Антикоррозионные упаковочные материалы для метал-

лопродукции. Магнитогорск : Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2024. ISBN 978-5-9967-3093-3. EDN LNQAKY.

2. Розенфельд И.Л., Персианцева В.П. Ингибиторы атмосферной коррозии. М.: Наука, 1985. 278 с.
3. Исследование защитной способности инновационных систем упаковки с ингибиторами коррозии / Е. В. Тарасюк, А. П. Пономарев, Т. А. Уламасова [и др.] // Черная металлургия. Бюллетень научнотехнической и экономической информации. 2025. – Т. 81, № 6. С. 30-39. DOI 10.32339/0135-5910-2025-6-30-39. EDN HJTIRS.
4. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия : учебник для вузов. – 7-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2026. 444 с.
5. Ершова О.В., Чупрова Л.В. Определение равновесного угла смачивания ингибированных полимерных и бумажных упаковочных материалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12-4. С. 581-586. EDN XENYSR.

Сведения об авторах

Тарасюк Елена Владимировна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: gerpod@inbox.ru. ORCID 0000-0001-9296-244X

Пономарев Антон Павлович – старший преподаватель кафедры химии, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: antonpon@mail.ru. ORCID 0000-0003-3614-8405

Антошкин Антон Сергеевич – студент группы ТТПб-25, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: dog765nency@gmail.com

Бобенко Карина Дмитриевна – студент группы ИПП-23, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: k.bobenko.00@mail.ru

Сомова Арина Владимировна – студент группы пТСМб-25, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

УДК 621.798

«ЗЕЛЁНАЯ» УПАКОВКА: ТРЕНДЫ И ИННОВАЦИИ

Антошкин А.С., Фадеева А.А., Тарасюк Е.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема снижения экологической нагрузки на окружающую среду за счет трансформации упаковочных решений в ритейле и пищевой промышленности. Авторами проанализированы ключевые направления развития «зеленой» упаковки, включая применение биоразлагаемых, водорастворимых и вторично переработанных материалов. Особое внимание уделено внедрению цифровых технологий в экодизайн и оптимизации расходных материалов при производстве упаковки. «Умные» упаковочные решения помогают продлить срок годности продуктов, предоставляя точную информацию о свежести и сроках годности.

Ключевые слова: «зеленая» упаковка, окружающая среда, биоразлагаемая упаковка, биоразлагаемые полимеры, съедобная упаковка, «умная» экологичная упаковка, дизайн упаковки

«Зелёная» упаковка – это упаковочные материалы, которые минимально воздействуют на окружающую среду, легко перерабатываются или естественным путём разлагаются без вреда природе, производятся преимущественно из возобновляемых, биоразлагаемых или вторичных (переработанных) ресурсов [1, 2]. В наше время призывы к переходу на экоупаковку звучат всё громче, и крупнейшие международные производители и ритейлеры разных отраслей на разных потребительских рынках прислушиваются к ним, внедряя новые технологии. Предприятия, которые инвестируют в «зелёные» технологии здесь и сейчас, будут в топе, поскольку их продукция будет соответствовать новым стандартам.

Целью данной работы являлось систематизировать актуальные инновационные решения и определить ключевые тенденции развития индустрии безотходной «зеленой» упаковки в будущем.

К основным видам, из которых изготавливается «зелёная» упаковка, относятся следующие материалы: а) картон и бумага – легко перерабатываются, не вредят природе при утилизации; б) стекло – многоразовая тара, пригодная для повторного использования без потери качества; в) биопластик – изготавливается из возобновляемых природных ресурсов (кукуруза, сахарный тростник, целлюлоза), разлагается естественным путём; г) дерево и бамбук – натуральные, возобновляемые материалы для защиты товаров; д) переработанный пластик – произведён из вторичного сырья, снижает нагрузку на природу.

На основе анализа открытых литературных источников [1-5] были выявлены актуальные инновационные решения:

1. Биоразлагаемая упаковка изготавливается из растительного сырья: крахмала, кукурузного сахара, целлюлозы, сои, картофеля и других материалов (рис. 1). Это пакеты из полилактида (PLA), пакеты из крахмала и целлюлозы, пакеты для рассады из растительного дышащего нетканого волокна. После использования такие материалы разлагаются естественным путём и не наносят вред окружающей среде [3].



Рис. 1. Упаковка из воска «Слово Пасечника»

Необходимость данной упаковки обусловлена тем, что традиционный пластик на основе нефтепродуктов разлагается долго и распадается на опасный микропластик. Биоразлагаемые материалы призваны заменить полиэтилен в сферах с коротким жизненным циклом тары – фасовочные пакеты. К преимуществам такой упаковки относятся: быстрый распад в природной среде без токсичного остатка (от нескольких месяцев до пары

лет); использование возобновляемых ресурсов вместо истощаемых запасов нефти; меньший углеродный след при производстве по сравнению с классическими полимерами (выбросы CO₂). К недостаткам относят следующее: биопластики требуют промышленного компостирования (высокая температура, влажность, доступ кислорода), так как на обычной свалке под горой мусора они консервируются или выделяют метан, имеют более низкие барьерные свойства (хуже удерживают влагу и газы, из-за чего продукты могут храниться меньше) и конечно же высокая стоимость сырья и оборудования для обработки.

2. Съедобная упаковка – очень интересное и полезное решение, тоже сокращающее вредные отходы [4]. Для её производства используют морские водоросли, казеин и рисовый крахмал, а сама она идеально подходит для изготовления порционной упаковки, рассчитанной на одного человека (рис. 2).



Рис. 2. Съедобная тара для кофе

Данная упаковка решает проблему мелкого «мусорного шума» – порционных стиков для сахара/кофе, оберток от конфет, капсул для маркетплейсов и бытовой химии. Эти фракции слишком малы, их невозможно отсортировать и переработать механически, поэтому они массово оседают на полигонах. К преимуществам такой упаковки относятся: натуральный и безопасный состав, съедобный для человека и животных, при этом быстрое растворение в воде без образования микропластика, а также абсолютное отсутствие отходов, так как упаковка полностью исчезает при потреблении или смыве в канализацию. Из недостатков выделяют следующие: высокая чувствительность к окружающей среде, так как высокая влажность или случайная капля воды могут испортить тару до покупки, а чтобы этого не произошло, съедобную упаковку часто приходится упаковывать в еще один внешний слой (который

порой бывает обычным пластиком); специфический вкус или запах у некоторых видов сырья (например, казеина), что может исказить восприятие основного продукта.

3. «Умная» экологичная упаковка – это та, которая объединяет экологические принципы (использование перерабатываемых/биоразлагаемых материалов) и цифровые технологии (QR-коды, дополненная реальность), создавая интерактивный канал коммуникации между брендом и потребителем (рис. 3). Она позволяет радикально сократить физические размеры упаковки. Вместо печати огромных многостраничных инструкций, составов на пяти языках и рекламных буклетов вся информация переносится в цифровое пространство.



Рис. 3. «Умная» упаковка индикаторы температуры

Преимущества «умной» упаковки: экономия бумаги, картона и полиграфических чернил за счет уменьшения площади этикетки, возможность динамически обновлять информацию (например, предупредить потребителя об изменении условий хранения или отозванной партии товара через QR-код), повышение вовлеченности покупателей через геймификацию и AR-технологии. Недостатки: зависимость от цифровой инфраструктуры, покупателю обязательно нужны смартфон, камера и стабильный интернет, что ограничивает доступность для пожилых людей; риск «цифрового разрыва», когда ссылка на QR-коде ведет на неработающий сайт, потребитель теряет критически важную информацию о товаре.

4. Минимализм в дизайне – это подход, который сочетает простоту, функциональность и экологичность. Он предполагает сокращение количества материалов, упрощение форм и отказ от избыточных декоративных элементов, что снижает экологический след и повышает устойчивость производства (рис. 4). Бренды отказываются от прозрачных пластиковых окошек, дополнительных покрытий и клея, которые очень сложно переработать, таким образом уменьшая и расходы

энергии при производстве. Какими преимуществами обладает такая упаковка: максимальное упрощение рециклинга (переход на мономатериалы, которые легко сортировать и перерабатывать); прямое снижение себестоимости упаковки за счет экономии сырья и снижения энергозатрат на производстве; облегчение веса готовой продукции, что снижает затраты на логистику и топливо при транспортировке. К ее недостаткам можно отнести лишь проигрыш в маркетинговой привлекательности на полке супермаркета (минималистичная крафтовая упаковка проигрывает в яркости кричащему глянцевому пластику) и снижение защитных функций (отказ от дополнительных слоев может сократить срок годности продуктов).



Рис. 4. Минимализм в дизайне

5. Перерабатываемая упаковка. У многих компаний вошла в норму переработка отходов других отраслей (к примеру, сельского хозяйства – рисовая и гречневая шелуха) для изготовления упаковочных материалов [1, 5]. Вместо линейной схемы «добыл — произвел — выбросил», этот подход заставляет использовать ресурсы повторно, превращая отходы смежных производств в ценное сырье. Преимущества перерабатываемой упаковки: экономия первичных природных ресурсов (меньше вырубается лесов для картона, меньше добывается углеводородов); разгрузка городских свалок и полигонов ТБО; утилизация аграрных отходов (жмых, шелуха, солома), которые иначе просто сгнили бы или были сожжены с выделением CO₂. К важным недостаткам можно отнести: жесткие санитарные ограничения, потому что вторичный пластик или картон сложнее сертифицировать для прямого контакта с пищевыми продуктами из-за риска скрытых загрязнений; качество материала падает с каждым циклом переработки (например, волокна целлюлозы укорачиваются, и бумага становится хрупкой, требуя добавления первичного сырья); сложная и дорогая логистика сбора, сортировки и очистки вторичных материалов.

6. Экологичные расходные материалы.

Речь идет о расходных материалах, применяемых при производстве упаковки: чернилах, клеях, этикетках. Основой для таких чернил служит смесь воды и сои, а сами они в разы лучше удаляются в процессе переработки. Классические флексографские и офсетные краски содержат тяжелые металлы, нефтехимические растворители и летучие органические соединения. При переработке макулатуры или пластика смыв этих красок превращается в токсичный шлам, загрязняющий сточные воды.

Выделим плюсы таких материалов: высокая экологическая безопасность, так как соевые и водные чернила не выделяют токсичных паров при печати и безопасны для упаковки продуктов питания, при этом упрощается и удешевляется процесс деинкинга (отмывки краски) на заводах по переработке. К минусам относят технологические сложности: растительные чернила сохнут значительно дольше традиционных химических аналогов, что требует модернизации печатных станков (установки дополнительных сушек) и замедляет скорость производства; меньшая стойкость к истиранию и воздействию влаги в процессе транспортировки товара; менее насыщенная и глянцевая цветовая палитра по сравнению с синтетическими красками.

Таким образом, можно заключить, что в будущем упаковка будет безотходной, перерабатываемой, экономичной в производстве, минималистичной и безопасной для человека и окружающей среды. Внедрение инновационных материалов – это не просто временный тренд, а технологическая необходимость для сохранения экосистемы.

Список источников

1. Аркауты О.А. Инновационные технологии в материаловедении: новые материалы для производства «зеленой» упаковки // От научных исследований к практикам развития : сборник материалов Владикавказского молодежного научного форума, Владикавказ, 22–23 октября 2025 года. Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова, 2025. С. 31-38. EDN QZNCJX.
2. Рециклинг упаковки и биоразлагаемые полимерные материалы: монография / М.Г. Балыхин, М.И. Губанова [и др.]. М.: РОСБИОТЕХ, 2022. 352 с.
3. Сапрыкина П.И., Муллина Д.Д., Мишурина О.А. К вопросу перспективы создания биоразлагаемых полимерных материалов // Современные проблемы и перспективы развития науки, техники и образования: материалы VI Национальной научно-практической конференции, Магнитогорск, 23 декабря 2025 года. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2026. С. 72-76.

4. Беркетова Л.В., Полковникова В.А. К вопросу об эко-, съедобной и быстрорастворяющейся упаковке в пищевой промышленности // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6, № 10. С. 234-243. DOI: 10.33619/2414-2948/59/23. EDN AVENDN.
5. Пак А.М., Нелюбина Ю.В., Новиков В.В. Природные гидроколлоиды как биосовместимые композитные материалы для пищевой промышленности // Успехи химии. 2023. Т. 92, № 11. С. RCR5102. DOI: 10.59761/RCR5102. EDN KKNBFS.

Сведения об авторах

Антошкин Антон Сергеевич – студент группы ТТПб-25, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: dog765nency@gmail.com

Фадеева Александра Андреевна – студент гр. ТТПб-25, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: faddeeva.sasna@mail.ru

Тарасюк Елена Владимировна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: gepod@inbox.ru. ORCID 0000-0001-9296-244X

УДК 004.896

ТРАНСФОРМАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ АВТОНОМНЫХ ИИ-АГЕНТОВ

Москвина Е.А., Москвин Д.А., Климова А.Е., Малова А.А., Бузуева М.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. В работе рассматривается переход предприятий от традиционных реактивных чат-ботов к автономным ИИ-агентам (Agentic AI), способным самостоятельно планировать, принимать решения и выполнять сложные бизнес-задачи. Анализируются ключевые отличия агентных систем от классических диалоговых интерфейсов, приводятся реальные кейсы внедрения (IBM, Moody's, «Сбер»), а также обсуждаются основные вызовы и барьеры на пути масштабирования технологии. Особое внимание уделяется изменению метрик оценки эффективности ИИ – переходу от «экономии часов» к «скорости принятия решений» (decision velocity). Делается вывод о том, что Agentic AI становится не просто эволюцией чат-ботов, а новой парадигмой автоматизации бизнес-процессов.

Ключевые слова: трансформация бизнес-процессов, ИИ-агенты, автономные системы, Agentic AI, мультиагентные системы

В последние годы многие компании начали использовать чат-ботов как первый шаг к автоматизации коммуникаций с клиентами и персоналом. Однако стандартные чат-боты, даже в связке с продвинутыми языковыми моделями, остаются реактивными. Они обрабатывают запросы, но не могут самостоятельно выполнять многоэтапные задачи, требующие доступа к корпоративным системам [1]. Этот пробел между «умением говорить» и «умением делать» привел к появлению нового типа технологий – автономных ИИ-агентов (Agentic AI).

Цель данного исследования – изучить, как внедрение автономных ИИ-агентов меняет бизнес-процессы компаний, и определить ключевые факторы для успешной интеграции таких систем.

Под автономным ИИ-агентом в современной литературе понимается система, способная анализировать контекст, ставить промежуточные цели, планировать и выполнять последовательность действий с помощью внешних инструментов (API, базы данных, корпоративные приложения) при минимальном участии человека [2].

Ключевые отличия от традиционных чат-ботов представлены в таблице.

Как отмечает Джесси Флорес, чат-боты лишь «говорят», а ИИ-агенты выступают в роли цифровых помощников, сразу понимающих корпоративные системы [3]. Яркий пример – IBM, внедрившая агентные системы во всех ключевых отделах, обслуживая 280 000 сотрудников. Система AskIT, использующая двух агентов, решает 82% запросов в IT-поддержку автоматически. В HR (AskHR) агент провел более 2,1 млн диалогов,

снизив затраты HR-отдела на 40% и прямые обращения сотрудников на 75% [4].

Сравнительная характеристика чат-ботов и ИИ-агентов

Характеристика	Традиционный чат-бот	ИИ-агент (Agentic AI)
Тип поведения	Реактивный (отвечает по сценарию)	Проактивный (планирует и инициирует действия)
Способность к действиям	Отсутствует (только консультация)	Присутствует (выполнение задач через системы)
Контекст	Ограничен сессией	Глубокое понимание бизнес-контекста (RAG)
Контекст	Единичный ответ	Многошаговые workflow с несколькими агентами

Финансовый сектор также активно использует Agentic AI: Moody's автоматизирует подготовку кредитных меморандумов, а Oracle Financial Services предлагает десятки специализированных агентов для корпоративного банкинга. Российский рынок также демонстрирует активное движение в сторону Agentic AI [5]: 59% компаний, по данным ВШЭ, рассматривают внедрение ИИ-агентов. «Сбер» уже использует мультиагентную систему для оценки персонала, а платформа EmplDocs внедрила ИИ-агента по отпускам, полностью автоматизирующего весь процесс – от заявки до подписания приказа [6].

Аргумент об «экономии нескольких часов в неделю» уступает место прямому финансовому эффекту. По данным The Futurum Group (опрос 830 IT-директоров), продуктивность как основная метрика ROI ИИ снизилась с 23,8 до 18,0%, в то

время как прямой финансовый эффект (рост доходов и прибыльность) вырос почти вдвое – до 21,7%. Кит Киркпатрик из The Futurum Group подчеркивает: победителями станут те, кто продемонстрирует измеримый ROI, привязанный к P&L, и предоставит автономных агентов, достигающих этих результатов [7].

Альтернативной метрикой становится «decision velocity» – скорость принятия решений. ИИ-агенты сокращают этот цикл за счет автономного выявления сигналов и многошагового выполнения задач. Например, некоторое финансовое учреждение сократило время восстановления после инцидентов с 4 часов до менее чем 90 минут.

Однако внедрение Agentic AI сталкивается с барьерами. Основной из них – доверие к надежности и предсказуемости систем. Второй – управленческий, связанный с риском «AI-расползания» из-за множества неконтролируемых пилотов [5]. Третий – человеческий, требующий смены мышления с «ИИ заменит меня» на «ИИ расширит мои возможности».

Проведенный нами анализ позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Автономные ИИ-агенты представляют собой качественно новый этап автоматизации бизнес-процессов: преодоление фундаментального ограничения чат-ботов, заключающегося в неспособности к самостоятельным действиям.

2. Реальные кейсы внедрения (IBM, Moody's, Oracle, «Сбер») показывают измеримый экономический эффект: сокращение операционных затрат на 40-75%, снижение времени восстановления после инцидентов в 2-3 раза, автоматизацию до 82% рутинных запросов.

3. Оценка эффективности Agentic AI требует перехода от метрик продуктивности к метрикам скорости принятия решений (decision velocity): смена подхода к обоснованию инвестиций в ИИ.

4. Успешное внедрение автономных агентов возможно только при условии решения трех групп задач: технологических (единая платформа, идентичность, аудит), управленческих (контроль AI-

расползания) и человеческих (культурная трансформация, обучение).

Таким образом, Agentic AI становится не просто одним из этапов эволюции чат-ботов, а новой технологией, которая фундаментально меняет подходы к организации и управлению бизнес-процессами на предприятии.

Список источников

1. Насонов Д. Разработка мультиагентной системы ProAGI для автоматизации полного цикла создания промышленного ПО // IT-World.ru. 2026. 11 марта. URL: <https://www.it-world.ru/view/news-company/233396.html> (дата обращения: 10.04.2026).
2. Рожков Р.Р. Отечественная action-модель для управления роботами и оптимизации промышленных процессов // Союз робототехники. 2025. URL: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/538988-v-rossii-razrabotali-universal-nogo-ii-agenta-dla-robotov-i-industrial-nyh-processov> (дата обращения: 10.04.2026).
3. Flores J. From Chatbots to Colleagues: How Agentic AI Is Redefining Enterprise Automation // Computerworld. 2025. 15 October.
4. IBM Newsroom. Elsewedy Electric and IBM Advance Enterprise-Scale Agentic AI Adoption. 2026. 12 January. URL: <https://newsroom.ibm.com> (дата обращения: 10.04.2026).
5. Махмутов Р.Р., Белоусова И.Д. Стратегия повышения эффективности обеспечения ИТ-услуг российской производственно-инжиниринговой компании // Новые информационные технологии в образовании и науке: материалы X междунар. науч.-практич. конф. Екатеринбург: РГППУ, 2017. С. 512-516. EDN YQFJEV.
6. Использование цифровых двойников на производстве: преимущества, проблемы и перспективы / Е.А. Москвина, И.Д. Белоусова, Д. А. Москвин, М.В. Бузуева // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2025. Т. 16, № 1. С. 57-59. EDN DMYWKV.
7. The Futurum Group. Enterprise AI ROI Shifts as Agentic Priorities Surge // Futurum Intelligence Brief. 2026. Vol. 12, No. 2. P. 4–11.

Сведения об авторах

Москвина Елена Алексеевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: e.moskvina-magtu@mail.ru. ORCID 0000-0002-0373-112X

Москвин Дмитрий Алексеевич – магистрант группы ТПМм-24-1, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: dmitriy@miskvns.ru

Климова Анна Евгеньевна – студент группы АПИб-24-1, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: anna_klimova_06@mail.ru

Малова Аглая Алексеевна – студент группы АПИб-24-1, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: aglaykas2806@gmail.com

Бузуева Мария Викторовна – магистрант группы ТПМм-24, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: mari.buzueva@mail.ru

УДК 620.179.118

ОСОБЕННОСТИ НОВОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ХОЛОДНОКАТАНОГО ЛИСТА

Белов В.К., Губарев Е.В., Кривко О.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. Проведенный анализ эволюции стандартов показывает, что вопрос адекватной идентификации шаговых параметров остается открытым. Переход от фиксированных уровней, заданных для определения пиков профиля шероховатости (согласно EN 10049), к вариативным уровням на базе экстремальных ординат R_p и R_v в ISO 21920, вносит в расчеты существенную статистическую нестабильность. Выявленные теоретические противоречия – риск необоснованного увеличения шага неровностей и избыточная чувствительность к высокочастотным составляющим профиля – подтверждаются результатами проведенных экспериментальных исследований. Данная проблема относится именно к методике геометрического распознавания пика, а не к параметрам предварительной фильтрации профиля. В статье представлены экспериментальные данные, иллюстрирующие влияние выбора уровней c_1 и c_2 на достоверность оценки шаговых параметров.

Ключевые слова: шероховатость поверхности, холоднокатаный автолист, стандарты параметров шероховатости, шаговые и частотные параметры шероховатости

Эволюция определения шаговых параметров профиля шероховатости

При производстве холоднокатаного листа, используемого для изготовления кузовных элементов автомобилей, предъявляются повышенные требования к качеству поверхности [1-8]. Одним из показателей качества листовой продукции является шероховатость поверхности. Для регламентации шероховатости поверхности автомобильного листа используются как точечные, так и функциональные оценки микротопографии поверхности [9-14]. Для выпуска листа с регламентированной микротопографией поверхности были разработаны отраслевые стандарты, такие как: VDA 2006, VDA 2007, EN 10049 и др. В них в основном регламентировались амплитудные параметры R_a и R_q и частные пара-

метры RP_c , а также шаговые параметры RSm . В новых стандартах осуществлялась корректировка определений амплитудных параметров R_a и R_q , но это были косметические поправки, которые не изменяли значения измеряемых параметров. Корректировка определения частотных параметров всегда приводила к существенному числовому различию параметров в старой и в новой трактовках [16-20]. Критический анализ трактовки параметра RP_c в этих стандартах будет осуществлён в данной статье и он будет подтверждён измерениями этих параметров на разнообразных реальных образцах автолиста.

Если использовать старое определение параметра Sm (по стандарту ГОСТ 2789-73. Параметры и характеристики шероховатости поверхности), то параметр RP_c на нулевом уровне $c=0$ (рис. 1) можно определить, как

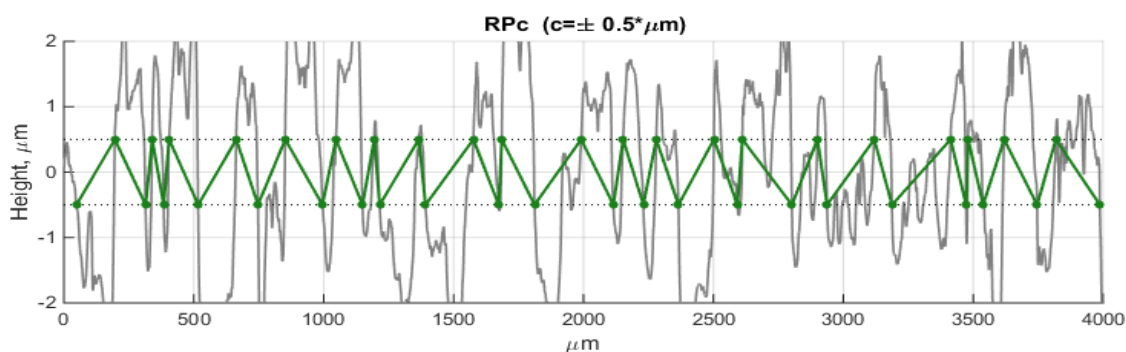


Рис. 1. К определению параметра шероховатости RP_c поверхности автолиста по методике EN 10049 ($R_a=1,18$ мкм)

$$R_{Pc}(c=0) = \frac{L}{Sm}, \quad (1)$$

где L – длина оценки, рекомендованное по стандарту значение составляет 10 мм.

Здесь пик трактуется как одна неровность в виде одного периода гармонической функции. Недостатком такого определения R_{Pc} является методическая погрешность параметра Sm , как среднего от шага неровностей S_i . Часто эти шаги неровностей S_i были равны шагу дискретизации профиля d или составляли несколько значений d . Эта некоректность определения шаговых параметров профиля можно назвать проблемой высокочастотной составляющей профиля на уровне $c=0$.

Для устранения данного недостатка автоблестроители ввели стандарт EN 10049, где дали уточнённое определение пика профиля шероховатости R_p . Для поверхности автолиста были определены два стандартных уровня поверхности $c_1 = 0,5$ мкм и $c_2 = -0,5$ мкм. Теперь пик определялся как элемент профиля шероховатости, последовательно пересекающий уровни c_1 и c_2 . Таким образом, в какой-то степени решалась проблема высокочастотной составляющей. Этот параметр был стандартизован в автомобильной промышленности, так как он эффективно коррелирует с эксплуатационными характеристиками автолиста: штампуемость (особенно при мокрой дрессировке), равномерностью покраски (отсутствием муарового эффекта), адгезионными свойствами покрытий.

Столь успешное использование данного параметра привело к созданию стандарта ISO 4287, где оговаривались уровни c_1 и c_2 , но предполагалось, что конкретные величины c_1 и c_2 будет определять заказчик продукции с регламентированной шероховатостью поверхности. Однако примеры успешной реализации этого стандарта в отраслевых нормах и методиках отсутствуют, за исключением автоблестроителей, для которых требования EN 10049 и ISO 4287 тождественны.

В 2021 году был введён стандарт ISO 21920, где даётся уточнённое определение пика профиля шероховатости. В рамках предыдущего стандарта ISO 4287 при идентификации пиков могли возникать «мёртвые зоны» (неучтённые области), которые в ISO 21920 теперь относятся к предыдущему пику. Как показала практика, это уточнение не вносит существенных изменений в значение параметра R_{Pc} , поскольку результирующая разница оказывается значительно меньше систематической ошибки измерения профиля шероховатости.

Серьёзную дискуссию вызывает заложенный в этом стандарте принцип определения уровней c_1 и c_2 , как

$$c_1 = 0,1 \cdot R_p \text{ и } c_2 = 0,1 \cdot R_v, \quad (2)$$

где R_p – наибольшая ордината профиля шероховатости; R_v – наименьшая ордината профиля шероховатости.

Оговорим это обстоятельство.

1) Дисперсия величин R_p и R_v огромна и значения подобных уровней не могут служить опорными линиями для определения неровностей (пика) поверхности.

2) Проблема устранения высокочастотной составляющей, о которой говорилось выше, здесь не улучшается, а ухудшается за счёт радикального (и необоснованного) увеличения шага неровностей (см. рис. 1).

3) Идея единообразного определения уровней c_1 и c_2 для всех производств с регламентированной шероховатостью поверхности выглядит не оправдано смелой.

Экспериментальные исследования

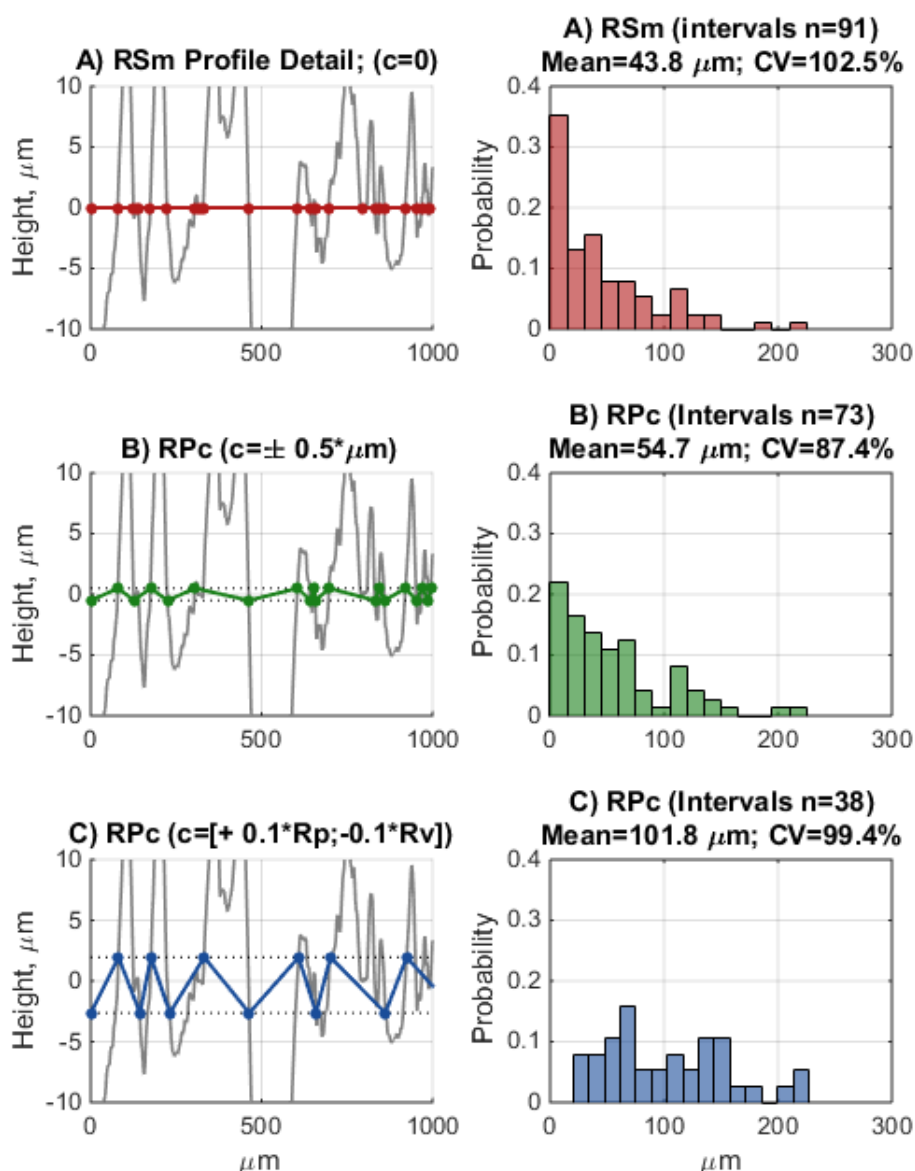
На рис. 2 приведена графическая иллюстрация определения параметров R_{Sm} , R_{Pc} (по EN 10049), R_{Pc} (по ISO 21920) для профиля шероховатости автолиста с амплитудным параметром $Ra=1,19$ мкм.

Наибольшей вариацией $CV=102,5\%$ обладает параметр R_{Sm} по причине наличия высокочастотной составляющей профиля на уровне $c=0$.

Достаточно высокой $CV=99,4\%$ обладает параметр R_{Pc} , определяемый по стандарту ISO 21920, по причине увеличения измеряемого шага пиков поверхности. Причём следует заметить, что высокочастотная составляющая профиля полностью устранена (см. гистограмму распределения интервалов), но этот положительный эффект полностью подавляется эффектом увеличения шага неровностей.

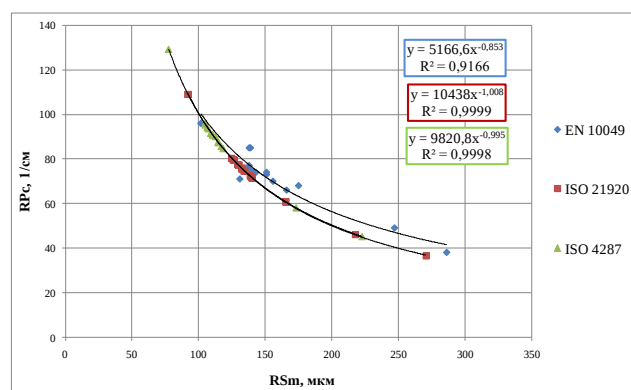
Минимальной вариацией $CV=87,4\%$ параметр R_{Pc} , определяемый по стандарту EN 10049, по видимому, обладает наименьшей суммарной погрешностью.

Следует заметить, что гистограммы (см. рис. 2) построены для интервалов между особыми точками профиля шероховатости, поэтому при определении данных параметров следует учесть это обстоятельство соответствующим умножением или делением на два.


 Рис. 2. К определению параметров RSm , RPc (EN 10049), RPc (ISO 21920)

Исследование изменения параметров шероховатости осуществлялось в НИЦ «Микротопография» МГТУ на образцах холоднокатаного листа различных производителей. Для каждого образца производилось не менее 8-ми измерений. Длина одной трассы составила 17,5 мм. После удаления формы LSP2, применялись стандартные виды фильтрации S-фильтром ($\lambda_s=8\text{мкм}$), L-фильтром (λ_c) Гаусса 2,5 мм. Длина оценки составляла шесть λ_c , то есть 15 мм. Измерения проводились стилусным профилометром MarSurf XR 20 (Mahr, Германия). Программное обеспечение данного профилометра использует методику EN 10049 для определения параметра шероховатости RPc . Полученные профили поверхности были сохранены и обработаны программой MountainsLab 11 (DigitalSurf, Франция) по стандартам ISO 4287 и ISO 21920.

Частотные RPc - и шаговые RSm -параметры профилей шероховатости, измеренные по стандартам ISO 4287 и ISO 21920, имеют одинаковые корреляционные связи по соотношению (1) (рис. 3).


 Рис. 3. Зависимость параметра RPc от RSm

Однако абсолютные значения параметров RP_c по стандарту ISO 21920 уменьшились вследствие увеличения ширины пиков неровностей относительно новых уровней c_1 и c_2 (см. рис. 2). Это также хорошо видно и при сравнении измеренных параметров RP_c по стандартам ISO 4287 и ISO 21920 по методике EN 10049 (рис. 4).

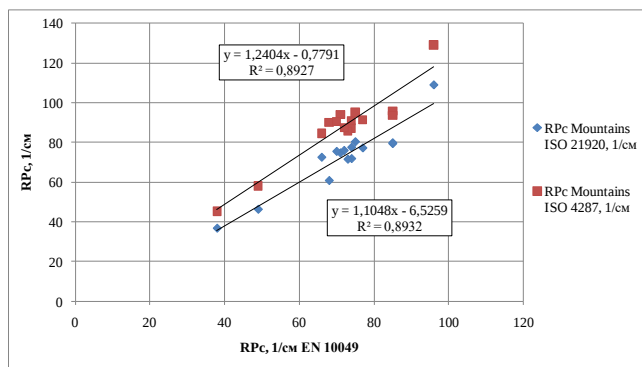


Рис. 4. Сравнение параметра шероховатости RP_c определенного по методикам стандартов ISO 4287 и ISO 21920 с методикой EN 10049

В конце необходимо сделать важное организационное замечание при переходе регламентации параметра RP_c по новым стандартам. Например, приборы MarSurf PS1 (Mahr, Германия), Sutronic 25 (Taylor Hobson, Великобритания) и другие, произведенные до 2009 года, работают по методике EN 10049. Большинство приборов, выпущенных после 2009 года, используют методику ISO 4287, например Hommel Etamic W5 (Jenoptik, Германия). Различие показаний приборов может привести к конфликтным ситуациям между заказчиком и потребителем холоднокатаного листа при приемке продукции. В будущем широкое внедрение методики стандарта ISO 21920 принесёт ещё больше сумятицы при измерениях шероховатости. Эти обстоятельства необходимо учитывать при регламентировании шероховатости поверхности.

Современные стандарты (ISO 4287 и ISO 21920) предоставляют потребителю автолиста право самостоятельно определять значения уровней c_1 и c_2 при определении параметра RP_c . Тем не менее результаты исследования подтверждают, что произвольное назначение c_1 и c_2 без учета топологии профиля ведет к системным противоречиям и некорректной интерпретации частотных параметров профиля шероховатости.

Список источников

1. Особенности технологии производства листовой продукции для автомобильной промышленности с регламентированной микротопографией поверхности / Белов В.К., Горбунов А.В., Яшин В.В., Антонов А.В., Жарков Е.В. // Бюллетень научно-

технической и экономической информации «Черная металлургия». 2012. №4. С. 89-93.

2. Особенности производства листовой продукции с регламентированной микротопографией поверхности / В.К. Белов, Д.О. Беглецов, М.В. Дьякова, А.В. Горбунов // Сталь. 2014. № 4. С. 53-60. EDN UAEJOR.
3. Получение автомобильного листа с микротопографией поверхности в соответствии с требованиями отечественных и зарубежных потребителей / Белов В.К., Горбунов А.В., Беглецов Д.О., Губарев Е.В., Жарков Е.В. // Совершенствование технологии в ОАО «ММК»: сб. науч. тр. Вып. 16. Магнитогорск: 2011. С. 290-299.
4. Белов В.К. Требования к микротопографии поверхности листовой продукции и возможности металлургической промышленности – прошлое, настоящее, будущее. Ч. 1. Требования заказчика и возможности технологии в настоящее время. 2D-параметры микротопографии // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2015. № 7(1387). С. 73-82. EDN UADHQD.
5. Особенности использования 3D-топографических характеристик поверхности в инженерном деле / Белов В.К., Беглецов Д.О., Губарев Е.В., Денисов С.В., Дьякова М.В., Смирнов К.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова 2014. №1 (45) С. 73-80.
6. Белов В.К., Дьякова М.В. Новый подход к регламентации микротопографии поверхности холоднокатаного листа с использованием современных 3D-параметров // Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». 2012. №5. С.46-55.
7. Belov V.K., Artsybashev S.V. On the possibility of determining the microtopographic characteristics of the auto sheet surface in technological production lines // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry. 2025. Vol. 25, No. 3. P. 60-73. DOI: 10.14529/engin250306. EDN TN1YQU.
8. Feature-based characterization of surface topography and its application / Jiang X. et al. // Cirp Annals. 2021. Т. 70. №. 2. С. 681-702.
9. Уайтхауз Д. Метрология поверхностей. Принципы, промышленные методы и приборы. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2009. 472 с.
10. Thomas T.R. Rough Surfaces. 2nd ed. Imperial College Press, 1999. 278 p.
11. Табенкин А.Н., Тарасов С.Б., Степанов С.Н. Текстура поверхности и ее измерение / под ред. Н. А. Табачниковой. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. 265 с.
12. Белов В. К. Профили поверхности. 3-е изд. Магнитогорск: ГОУ ВПО МГТУ, 2010. 260 с.
13. Порошин В.В. Основы комплексного контроля топографии поверхности деталей: монография. М.: Машиностроение-1, 2007. 196 с.
14. Белов В.К., Губарев Е.В. Обновление стандартов, регламентирующих шероховатость поверхности за рубежом // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 82-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 22-26 апреля 2024 года. Маг-

- нитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2024. С. 459. EDN QFHVHO.
15. SEP 1940, Messung des arithmetischen Mit-tenrauhwerte Ra und der Spitzenzahl Pc an kaltgewal-zen Flacherzeugnissen aus Stahl. Stahl Eisen Priefblatt 1940, Verein Deut-scher Eisenhtittenleute, jan. 1992.
16. EN 10049-2013. Measurement of roughness average Ra and peak count R_{Pc} on metallic flat products.
17. ISO 4287:1997/Amd.1:2009. Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters.
18. ISO 21920-2:2021. Geometrical Product Specifica-tions (GPS) – Surface texture: Profile Part2 – Terms, definitions and surface texture parameters.
19. Белов В.К., Губарев Е.В. Физика поверхности. Определение 2D-параметров микротопографии по-верхности: практикум. Магнитогорск, 2016. 47 с.
20. Seewig J. et al. Crossing-the-line segmentation as a basis for Rsm and Rc evaluation // Surface Topogra-phy: Metrology and Properties. 2020. Т. 8. №. 2. С. 024010.

Сведения об авторах

Белов Валерий Константинович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физи-ки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Маг-нитогорск. E-mail: belovalkon@mail.ru. ORCID 0000-0003-2550-3387

Губарев Евгений Владимирович – старший преподаватель кафедры физики, ФГБОУ ВО «Магни-тогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: john_g@mail.ru. ORCID 0000-0001-6101-8114

Кривко Оксана Викторовна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры физи-ки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Маг-нитогорск. E-mail: ov_krivko@mail.ru. ORCID. 0009-0003-5984-0397

УДК 004.94:005.95

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В СФЕРЕ ЭКОЛОГИИ И ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Москвина Е.А., Белоусова И.Д., Москвин Д.А., Валеева К.Д.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. В статье рассматривается переход от традиционных систем экологического мониторинга к технологии цифровых двойников (Digital Twins), позволяющих объединять разнородные данные, моделировать распространение загрязнителей и прогнозировать их влияние на здоровье населения в реальном времени. Авторами выявляются ключевые отличия цифровых двойников от традиционных систем экологического мониторинга, раскрываются преимущества и ограничения применения цифровых двойников в экологических и медико-социальных исследованиях. Делается вывод о том, что цифровой двойник представляет собой не только эволюционный шаг на пути интеграции экологии и медицины, но и становится новой парадигмой в управлении качеством окружающей среды и здоровьем населения.

Ключевые слова: информационные технологии, цифровой двойник, экологическое состояние окружающей среды, здоровье населения, экологический мониторинг, мониторинг здоровья, прогнозирование

С ростом антропогенной нагрузки на окружающую среду увеличивается число заболеваний, вызванных неблагоприятными экологическими факторами. В связи с этим особую актуальность приобретают задачи анализа влияния экологических факторов на показатели здоровья населения и прогнозирования возможных негативных последствий. Использование современных цифровых технологий значительно упрощает решение данных задач, позволяя проводить исследования на более высоком уровне точности, наглядности и оперативности.

Одной из технологий, используемых для выявления зависимости между экологическим состоянием окружающей среды и здоровьем населения, является технология цифровых двойников.

Цель данного исследования – изучить возможности применения цифровых двойников для анализа взаимосвязи экологии и здоровья, а также сформировать выводы о перспективах использования данной технологии.

Под цифровым двойником понимается виртуальная динамическая модель, представляющая собой точную цифровую копию реального объекта, процесса или системы, которая непрерывно обновляется на основе поступающих данных и используется для анализа, прогнозирования и оптимизации поведения своего физического прототипа [1].

Концепция цифровых двойников берет свое начало в конце XX века, и первоначально цифровые двойники применялись преимущественно в высокотехнологичных отраслях, таких как

авиастроение и машиностроение. В XXI веке цифровые двойники стали внедряться не только в промышленности, но и в городском управлении, логистике, строительстве, энергетике, медицине и экологическом мониторинге. В последние годы технология цифровых двойников активно внедряется в сферу экологии и здравоохранения по всему миру.

Применение цифровых двойников в экологических и медико-социальных исследованиях позволяет выявлять причинно-следственные связи между состоянием окружающей среды и показателями здоровья населения, а также прогнозировать возможные негативные последствия [2–4].

Традиционная система экологического мониторинга в России представляет собой разветвленную, но фрагментированную структуру с многолетней историей и значительным объемом накопленных данных. Ее основу составляет Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ) с сетью стационарных постов Росгидромета, охватывающих атмосферу, воду, почвы и радиационную обстановку.

Переход от традиционных систем экологического мониторинга к технологии цифровых двойников знаменует смену парадигмы в управлении качеством окружающей среды: от пассивного наблюдения и постфактумного анализа к активному прогнозированию и превентивному управлению. Для обоснования целесообразности разработки и внедрения цифрового двойника в рамках нашего исследования считаем необходимым провести системное сравнение двух подходов по ряду ключевых критериев, отражающих их архитек-

турные, функциональные и эксплуатационные особенности.

В таблице представлена сводная сравнительная характеристика традиционных систем государ-

ственного экологического мониторинга (ЕГСЭМ, Росгидромет, Роспотребнадзор) и разрабатываемого нами прототипа цифрового двойника.

Сравнительная характеристика традиционных систем мониторинга и цифрового двойника

Критерий сравнения	Традиционная система мониторинга	Цифровой двойник
Целевая функция	Фиксация и документирование фактических уровней загрязнения для составления отчетности	Оперативный мониторинг, прогнозирование и поддержка принятия управленческих решений
Архитектура	Распределенная ведомственная структура с разрозненными базами данных (Росгидромет, Роспотребнадзор, Росприроднадзор)	Единая интегрированная платформа, объединяющая сбор, хранение, моделирование и визуализацию
Источники данных	Преимущественно стационарные посты с ручным отбором проб, эпизодические мобильные лаборатории, спутниковые снимки (с задержкой)	Стационарные посты, автоматические станции, спутниковые данные (CAMS, Copernicus), открытые API, гражданские датчики, данные о трафике и выбросах
Частота измерений	3-4 раза в сутки (для большинства постов); автоматические станции – ежедневно, но их доля мала	Непрерывно (в реальном времени) с дискретностью 1 час и менее
Временной охват	Ретроспективный анализ за прошедшие периоды (недели – месяцы)	Текущее состояние и прогноз на 24-72 часа
Пространственное разрешение	Точечные измерения в местах расположения постов (низкая плотность – до 37,5% от норматива)	Непрерывное поле концентраций, восстановленное с помощью моделей распространения и интерполяции (сетка 1×1 км и мельче)
Прогнозирование	Отсутствует или ограничивается краткосрочными предупреждениями о НМУ на основе метеопрогнозов (без учета заболеваемости)	Многокомпонентный прогноз: концентраций загрязнителей, индекса качества воздуха, ожидаемой заболеваемости и смертности
Моделирование распространения	Не используется в оперативном режиме (лишь в специальных исследованиях)	Интегрировано: гауссова модель (AERMOD/CALPUFF) с коррекцией по данным наблюдений и ML-апдейтом
Интеграция с медициной	Отсутствует: данные о здоровье и экологии – в разных ведомствах	Присутствует: прогноз заболеваемости на основе функций «концентрация–ответ» и временных рядов
Обратная связь	Нет автоматической обратной связи; решения принимаются в ручном режиме после длительного анализа	Двусторонняя связь: система автоматически генерирует предупреждения, рекомендации и сценарии «что, если?»
Пользовательский интерфейс	Бумажные отчеты, таблицы Excel, статические карты в ежегодниках, закрытые ведомственные системы	Интерактивный веб-дашборд с картами, графиками, фильтрами, системой оповещений (доступен для органов власти и населения)
Доступность данных	Ограниченная, с задержкой, фрагментированная; открытые данные – только агрегированные годовые отчеты	Открытые API и визуализация для всех заинтересованных сторон (в соответствии с политикой открытости)
Сценарное моделирование	Практически отсутствует	Поддерживается: оценка эффекта от снижения выбросов, изменения трафика, введения ограничений
Экономическая эффективность	Высокие эксплуатационные затраты (ручной труд, проверка, ремонт) при низкой отдаче для управления	Высокие начальные инвестиции, но значительная экономия за счет предотвращения заболеваемости и оптимизации мер
Время реакции на изменения	Часы – дни (из-за задержки получения и обработки проб)	Минуты – часы (автоматизированная обработка и уведомления)
Учет неопределенностей	Отсутствует (данные подаются как абсолютные)	Предусмотрены доверительные интервалы прогнозов, вероятностные сценарии
Масштабируемость	Низкая (привязка к физической инфраструктуре постов)	Высокая (переносится на другие города сменной конфигурации и источников данных)

Проведенное сравнение показывает, что традиционные системы экологического мониторинга, при всем их значении для государственной статистики и контроля, не отвечают современным вызовам, связанным с необходимостью оперативного реагирования и прогнозирования. К их существенным недостаткам относятся:

- низкая плотность наблюдений и частота измерений;
- значительные временные задержки;
- недостаточная автоматизация;
- разобщенность данных;
- отсутствие прогностической функции;
- слабая интеграция с медицинскими и социальными данными.

Эти ограничения делают традиционную систему малоприспособленной для оперативного прогнозирования и принятия управленческих решений. Тем самым обосновывают необходимость перехода к цифровым двойникам – интегрированным платформам, способным объединять разнородные данные, моделировать распространение загрязнителей и прогнозировать их влияние на здоровье населения в реальном времени.

Цифровой двойник представляет собой закономерный и необходимый эволюционный шаг, который позволяет:

- повысить пространственно-временное разрешение за счет гибридного моделирования;
- реализовать краткосрочный прогноз концентраций и рисков для здоровья;
- объединить разрозненные источники в единой экосистеме;
- обеспечить интерактивное взаимодействие с лицами, принимающими решения, и населением;
- оценивать эффективность природоохранных мероприятий до их реализации.

На основании вышесказанного можно заключить, что разработка и внедрение цифрового двойника экологического состояния являются не просто технологическим усовершенствованием, а стратегическим переходом к проактивному управлению качеством окружающей среды и здоровьем населения, что полностью соответствует цели нашего исследования. Представленный выше сравнительный анализ обосновывает выбор подхода и определяет вектор дальнейшей нашей работы по созданию и применению цифрового двойника для мониторинга экологического состояния окружающей среды и прогнозирования ее влияния на здоровье населения.

Основными компонентами цифрового двойника являются: физический объект или процесс; цифровая модель; каналы сбора и передачи данных; аналитические и прогнозные алгоритмы. На основе математических моделей и статистических

данных, а также данных из различных источников, поступающих в режиме реального времени, воссоздается виртуальная копия реального объекта, системы или процесса. Цифровой двойник отражает его текущее состояние, а также динамику изменений при взаимодействии с внешней средой.

Цифровой двойник экологической системы формируется на основе совокупности показателей, характеризующих состояние окружающей среды. К основным экологическим показателям относятся: уровень загрязнения водных ресурсов и атмосферного воздуха, степень деградации почв, уровень шума и радиационного фона, а также состояние биосферы в целом. Для этого используются данные экологического мониторинга, спутниковых наблюдений, а также лабораторных исследований и статистических отчетов. На основе полученных данных с помощью аналитических и прогнозных алгоритмов строятся модели, позволяющие выявлять закономерности пространственно-временных изменений состояния окружающей среды.

Не менее важной характеристикой для прогнозирования изменений состояния здоровья населения в зависимости от экологических факторов в цифровых двойниках является здоровье населения. Для его оценки используются такие показатели, как уровень заболеваемости, смертность, распространенность хронических заболеваний, показатели детского и профессионального здоровья, а также средняя продолжительность жизни. Данные показатели формируются на основе медицинской статистики, данных учреждений здравоохранения и демографических исследований.

Применение технологии цифровых двойников для выявления зависимости между экологическими факторами и здоровьем населения позволяет интегрировать экологические и медицинские данные в единую аналитическую систему. Это дает следующие возможности:

- выявлять корреляционные и причинно-следственные связи между неблагоприятными экологическими факторами и уровнем заболеваемости;
- моделировать влияние отдельных экологических факторов на здоровье различных групп населения;
- прогнозировать развитие неблагоприятных медико-экологических ситуаций;
- разрабатывать меры по снижению медицинских и экологических рисков.

Среди преимуществ применения технологии цифровых двойников в медико-экологических исследованиях выделяют:

- комплексный анализ разнородных данных;

- высокая наглядность результатов моделирования;
- возможность прогнозирования и сценарного анализа;
- повышение эффективности медицинского и экологического мониторинга.

В то же время существуют некоторые ограничения применения данной технологии. К ним относятся:

- зависимость качества модели от достоверности и объема исходных данных;
- сложность построения корректных математических моделей;
- необходимость междисциплинарного подхода;
- значительные затраты на разработку и внедрение.

Несмотря на это, цифровые двойники являются эффективным инструментом для выявления и прогнозирования негативных экологических воздействий на здоровье человека, обеспечивая тем самым интеграцию экологии и здравоохранения [5].

Использование технологии цифровых двойников способствует повышению качества экологического мониторинга, улучшению системы здравоохранения и принятию органами государственной власти научно обоснованных решений в области охраны окружающей среды и здоровья населения. Продолжение исследований в данной области и разработка прикладных решений для оптимизации природоохранных мероприятий на основе цифровых двойников позволит сни-

зить уровень негативного экологического воздействия на население.

Список источников

1. Использование цифровых двойников на производстве: преимущества, проблемы и перспективы / Е.А. Москвина, И.Д. Белоусова, Д. А. Москвин, М.В. Бузуева // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2025. Т. 16, № 1. С. 57-59. EDN DMYWKV.
2. Коновалова В.С., Орысюк Д.А. Цифровые двойники окружающей среды // Экологические аспекты современных городов: сборник материалов IX межрегионального семинара, Иваново, 23 декабря 2022 года. Иваново: Ивановский государственный политехнический университет, 2023. С. 28-30. EDN NSCOAX.
3. Применение цифровых двойников в здравоохранении / Н. Д. Прохорова, Г. С. Лебедев, М. С. Прасолов, А. А. Казакова // Менеджер здравоохранения. 2024. № 11. С. 88-96. EDN RDULYR.
4. Создание «цифровых двойников» в рамках цифровой трансформации экологического мониторинга / В. С. Валиев, Д. В. Иванов, Д. Е. Шамаев, Р. Р. Хасанов // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 3(31). С. 29-33. EDN XTLYUW.
5. Москвина Е.А., Москвин Д.А., Валеева К.Д. Применение цифровых двойников в экологических и медико-социальных исследованиях // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 84-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 13–17 апреля 2026 года. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2026. С. 315. EDN BHUZFA.

Сведения об авторах

Москвина Елена Алексеевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: e.moskvina-magtu@mail.ru. ORCID 0000-0002-0373-112X,

Белоусова Ирина Дмитриевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры бизнес-информатики и информационных технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: bid711@mail.ru

Москвин Дмитрий Алексеевич – магистрант группы ТПМм-24-1, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: dmitriy@mskvns.ru

Валеева Карина Дамировна – студент группы ТПМб-25-1, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: karina.valeeva.1992@list.ru

УДК 745/749:671.739 (075)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМИКИ В ЮВЕЛИРНЫХ УКРАШЕНИЯХ

Абдуллина А.Д., Вандышева О.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. В статье рассматриваются особенности применения керамики в современном ювелирном искусстве. Проанализированы исторические этапы развития керамических украшений, свойства и технологические особенности ювелирной керамики, а также актуальные направления её использования в авторских и дизайнерских изделиях. Особое внимание уделено преимуществам керамики как декоративного и конструкционного материала, современным технологиям обработки и способам сочетания керамических элементов с металлами и драгоценными камнями. Приводятся примеры работ зарубежных и российских ювелирных брендов, а также результаты авторской практической разработки ювелирного комплекта с керамическими вставками.

Ключевые слова: керамика, ювелирное искусство, ювелирная керамика, керамические украшения, декоративно-прикладное искусство, современные технологии, дизайн украшений

С древнейших времен, начиная с эпохи мезолита, керамика прочно вошла в жизнь человека как один из самых востребованных материалов для изготовления предметов домашнего обихода. Сегодня эта традиция продолжает жить и развиваться. Именно благодаря относительной простоте технологического процесса изготовления керамических изделий человечество получило возможность окружать себя не только практичными, но и эстетически привлекательными вещами.

Согласно толковому словарю С. И. Ожегова, украшение определяется как предмет, служащий для декоративного оформления человека или предметной среды. Керамические украшения представляют собой одно из направлений декоративно-прикладного искусства, в котором керамические материалы используются в качестве основы для создания декоративных изделий и аксессуаров. В процессе создания изделий мастера используют также такие материалы, как плавни, глазури, красители.

Само слово «керамика» происходит от древнегреческого «keramos», что переводится как «гончарная глина». В древности украшения из керамики были широко распространены наряду с керамической посудой и выполняли не только декоративную, но и символическую функцию. Они являлись неотъемлемой частью разных народов. Однако со временем это искусство практически исчезло из обихода, сохранив свое значение лишь в национальных традициях некоторых народов, например индейцев.

Актуальность применения керамики в ювелирном деле продиктована динамичными требованиями современной индустрии, которая находится в постоянном поиске свежих решений и стремится регулярно обновлять ассортимент продукции. В условиях высокой конкуренции и быстро меняющихся потребительских предпочтений ключевым фактором успеха становится способность создавать эксклюзивные, неповторимые украшения, выделяющиеся на фоне традиционных изделий.

При анализе основных элементов исследования были использованы общенаучные методы: теоретический и сравнительный анализ информационных источников на тему использования керамики в ювелирных украшениях, терминологический анализ, обобщение результатов исследования.

Керамика использовалась для изготовления ювелирных украшений в древности в разных культурах. Одной из самых распространенных находок при археологических раскопках древних кладов, курганов, могильников являются бусы. Их размеры, конфигурации, окраска, материалы и способы изготовления самые разнообразные. В древности бусы выполняли не только декоративную функцию, но также служили оберегами и указывали на социальный статус владельца.

Керамика также использовалась в Древнем Египте при изготовлении украшений, в частности бус и амулетов. Для этого применялся фаянс – керамическое изделие, покрытое глазурью, которое создается путем спекания глины и её смесей с минеральными добавками и прочими неорганиче-

скими соединениями. Первые образцы египетского фаянса на стеатитовой основе (стеатитовую керамику получают на основе плотной разновидности талька) обнаружены в захоронениях бадарийской культуры, возраст которых приблизительно шесть тысяч лет [3].

С течением времени данное искусство почти исчезло из повседневного обихода, оставшись значимым лишь в этнических обычаях отдельных народностей. В 1760-е английская фирма «Веджвуд» создала фарфор, близкий по качеству к знаменитому китайскому, что вызвало интерес к керамическим изделиям. После коронации Наполеона Бонапарта в начале XIX века в европейской моде получили распространение медальоны и броши в виде камней.

С середины 1980-х из космической и медицинской области высокотехнологичный материал пришел в часовое и ювелирное дело. Тогда в ювелирной индустрии появилась концепция использования керамики вместо драгоценных металлов в украшениях. Речь прежде всего о циркониевой керамике (на основе оксида циркония) и металлокерамике, в которой керамические частицы усилены металлическими, получаемых путем спекания. Подобная керамика отличается высокой прочностью и устойчивостью к механическим повреждениям. Ее можно считать образцом химической стойкости: она не будет разрушаться от неблагоприятных факторов окружающей среды, но и сама не подействует на кожу, вызвав аллергическую реакцию. Керамика характеризуется сравнительно малым весом и высокими эргономическими свойствами. Кроме того, цветная керамика устойчива к воздействию ультрафиолетового излучения и длительное время сохраняет первоначальные декоративные качества [1].

Преимущества готового керамического композита уравниваются сложностями его обработки, полировки и окрашивания. Последний процесс наиболее технологически труден, поскольку при 1500°C (а примерно при такой температуре происходит спекание) многие пигменты разрушаются или вступают в химическую реакцию с другими компонентами керамики. Именно поэтому многие ювелиры работают преимущественно с черной или белой керамикой, как, например, Chanel, Tiffany и Bulgari. Черные и белые керамические блоки использует в своих квадратных кольцах китайский ювелир из Гонконга Диксон Юн. Внутри кольца ажурная решетка из полированного золота, а сверху изящный бриллиантовый гибискус или пион (рис. 1, 2).



Рис. 1. Кольцо Literati, белое золото, керамика, бриллианты, DicksonYewn (EurusGallery)



Рис. 2. Браслет Literati, белое золото, керамика, бриллианты, DicksonYewn (EurusGallery)

Большинство дизайнеров предпочитают керамику полихромную, всех мыслимых и немыслимых оттенков. Много яркой керамики и в украшениях российского ювелира Алексея Зубова. Зубов работает с готовыми блоками полихромной керамики, которым с помощью лазера придает нужную форму или наносит керамический состав на золотую оправу как специальное покрытие. Второй способ помогает создавать оригинальные коктейльные кольца, сочетая аквамарины, танзаниты, гранаты и другие цветные камни с шинкой, отделанной яркой керамикой (рис. 3, 4).



Рис. 3. Botanica, белое золото, керамика, медовый цитрин. Алексей Зубов



Рис. 4. Кольцо, белое золото, керамика, аквамарин. Алексей Зубов

Процесс изготовления украшений из нанокерамики состоит из следующих этапов:

– керамику, состоящую из неорганических неметаллических материалов, стирают в порошок;

– далее этот порошок делают твёрдым с помощью высокого давления, благодаря чему аксессуар обретает нужную форму;

– после этого заготовку обжигают при температуре 1600°C. Данный шаг необходим для того, чтобы материал окислился. Это позволяет создать блестящую оболочку, которая будет защищать изделие от сколов, трещин и царапин;

– затем заготовку шлифуют, полируют, чтобы она была крепкой и гладкой. Благодаря тщательной обработке и свойствам ювелирной керамики, итоговый продукт получается прочным и долговечным [4, 5].

Преобладающую часть ассортимента составляют изделия, полностью выполненные из керамики, с лаконичными золотыми деталями – особенно это характерно для продукции дизайнерских брендов. Также керамика может выступать в роли вставки: она эффектно контрастирует с металлом, подчеркивая блеск камней.

Семейная мастерская «Antiq» из Калининграда, где создают украшения с вставками из кёнигсбергской керамики, найденной на городских свалках. Основатели бренда Анна и Максим Стрильчук откапывают прусскую посуду XIX–XX веков и превращают её в кольца, подвески и серьжки. Тарелки и чашки того времени находят на городских свалках: весь мусор, который жители Кёнигсберга не могли сжечь в печи, выбрасывали прямо в овраг за домом.

Например, в кусочке старинной вазы увидели жука-скарабея и поместили его в серебряную оправу кольца, а фрагменты в паутинке трещин-кракле превратили в аккуратные серьги (рис. 5) [4].



Рис. 5. Украшения бренда Antiq

Так же завод «Феникс» (АО «Кисловодский фарфор-Феникс») выпускал декоративный фарфор

ручной работы, который мог использоваться в качестве вставок и декоративных элементов (рис. 6).



Рис. 6. Кисловодский фарфоровый завод. Серьги и кулон

При использовании керамики в качестве вставок в изделиях важно учесть особенности крепления. Обычно керамику закрепляют в оправе с помощью специального ювелирного клея или механических креплений, аналогичных тем, что используют для камней-кабошонов. Недорогие украшения нередко имеют простые пайки и металлические ободки, а в дорогих серьгах и кольцах элементы могут располагаться на подложке с несколькими «лапками».

В настоящее время интерес к ювелирной керамике обусловлен не только её декоративными качествами, но и рядом практических преимуществ. Керамические материалы отличаются сравнительно малым весом, высокой прочностью, устойчивостью к механическим повреждениям и воздействию внешней среды. Существенным преимуществом является и гипоаллергенность материала, что особенно важно при изготовлении украшений, предназначенных для длительного ношения. Современные технологии обработки позволяют получать широкий спектр цветовых и фактурных решений — от матовых поверхностей до зеркального блеска. Благодаря этому ювелирная керамика органично сочетается как с драгоценными металлами, так и с различными вставками из природных и синтетических камней. Кроме того, растущий интерес потребителей к авторским и дизайнерским изделиям способствует расширению применения керамики в современном ювелирном искусстве.

В ходе исследования был разработан и выполнен в материале женский ювелирный комплект с использованием керамических вставок, основанный на современных тенденциях ювелирного дизайна и традиционных технологиях обработки материалов. Основной задачей разработки являлось изучение возможностей сочетания керамических и металлических элементов, а также отработка технологий крепления вставок в металлической оправе (рис. 7).



Рис. 7. Комплект украшений
«Блики солнечного дня», 2025

Практическая реализация подтвердила возможность эффективного применения керамических материалов в современном ювелирном искусстве, сочетая эстетическую выразительность и эксплуатационную надёжность изделий.

В эпоху, когда покупатели всё чаще ищут не просто украшения, а уникальные предметы с выраженной индивидуальностью, керамические элементы помогают создавать поистине авторские работы. Они органично вписываются как в минималистичные современные стили, так и в более сложные, эклектичные композиции. Таким образом, внедрение керамики в ювелирное производство не только отвечает актуальным запросам

рынка, но и способствует развитию новых эстетических направлений в этой сфере.

Современные технологии обработки керамики открывают широкие возможности для ювелирного искусства. Мастера могут создавать украшения с различными типами поверхности – от бархатисто-матовой до зеркально-глянцевой. Технологические инновации позволяют достигать впечатляющего разнообразия цветовых решений и текстурных эффектов, что делает керамические украшения особенно привлекательными для современных ценителей ювелирного искусства.

Таким образом, применение керамики в ювелирном искусстве представляет собой перспективное направление, сочетающее высокие декоративные качества, технологическую вариативность и эксплуатационную надёжность. Использование современных методов обработки позволяет расширять художественные возможности проектирования украшений и формировать новые тенденции в области ювелирного дизайна.

Список источников

1. Вандышева О.В., Макаренко А.А. Особенности использования керамики в ювелирных украшениях // Технология. Дизайн. Образование: сборник материалов Всероссийской очно-заочной научно-практической конференции, Магнитогорск, 28–29 марта 2024 года. Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2024. С. 49–55. EDN PWRTJTV.
2. Как ювелирные бренды работают с керамикой [Электронный ресурс]. URL: Коммерсантъ (дата обращения: 08.10.2026).
3. Муртазина С.А. Технология развития керамических изделий и материалов // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18, № 16. С. 169–172. EDN UNGTMJ.
4. Преимущества украшений из ювелирной керамики [Электронный ресурс]. URL: Wildberries Guru (дата обращения: 08.05.2026)
5. Omran R. Islamic geometric decorations as a source of modern ceramic jewelry design // Journal of Architecture, Art & Humanistic Science. 2020. Vol. 5, no. 23. P. 630–642.

Сведения об авторах

Абдуллина Айсулпан Димовна – студент бакалавриата кафедры художественной обработки материалов, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: aysulpan.dimovna@mail.ru

Вандышева Ольга Викторовна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры художественной обработки материалов, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: olavand@mail.ru. ORCID 0009-0005-2813-1736

УДК 747.012

ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАДАННОГО ПРОСТРАНСТВА

Белова Е.Л.

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный институт искусств имени П.И. Чайковского», Челябинск

Аннотация. В статье рассматриваются принципы создания пространственно-глубинной композиции у студентов направления подготовки «Дизайн». Проводится анализ навыков и умений обучающихся, а также оценка объема информации, необходимой для формирования концепции художественного пространства и выявления главного. Особое внимание уделяется концепции выстраиваемого пространства. Анализируются программные средства, в которых студент ведет построение, выполняет работу и достигает желаемого результата.

Ключевые слова: концепция, дизайн интерьера, колорит, свет, доминанта, пространство

Введение

Целью исследования является анализ того, каким образом системно выстроенная работа, знание стилей, законов колористики, умение определять роль пространства и работать в программах позволяют студенту грамотно организовать и выявить гармоничное пространство, комфортное для проживания.

Постановка задач:

1. Разобрать алгоритм работы по созданию художественной организации пространства.
2. Проанализировать средства и приемы выявления главного и соподчинения второстепенного в заданном пространстве.
3. Рассмотреть возможности цифровых инструментов и программ при проектировании художественного пространства.

Основная часть

Приступая к работе над пространством, важно оценивать свои умения и знания, понимать роль дизайнера интерьера. Студентов необходимо познакомить с понятиями СНиП и ГОСТ для планомерного ведения работы. Их соблюдение гарантирует безопасность, функциональность и законность перепланировки, если это необходимо для художественной организации пространства. Требуется также иметь навыки в колористике, понимать стили и направления, знать законы композиции, уметь работать как на плоскости, так и в объеме.

Предварительно студент прописывает технического задание на проектирование пространства от предполагаемого (теоретического) заказчика. В

таблице заполняются графы от количества человек, проживающих в данном пространстве, до стилевых предпочтений и цветовых решений дома или квартиры: учитываются индивидуальные пожелания. По окончании сбора предварительной информации и анализа студент выстраивает будущий объект в форме набросков, а затем в программе ArchiCAD, учитывая расположение дома относительно сторон света и местности. Изучая предпочтения заказчиков, студент соотносит и анализирует постройки и интерьеры, созданные ранее известными архитекторами и дизайнерами [1]. Это позволяет изучать работу архитекторов и дизайнеров, инженерные и художественные решения.

Рассмотрим для наглядности работу студентки 3 курса по программе специальности «Дизайн» (в сфере культуры и искусства) Вахитовой Камиллы «Интерьер индивидуального дома Шале». Актуальность темы обусловлена возрастанием популярности стиля шале как воплощения уюта и экологичности в жилой архитектуре. В ходе выполнения работы применялись методы сравнительного анализа, методы графического анализа, методы преобразований, после чего была выполнена практическая часть. Изначально был произведен анализ дома Э. Геллера. Дом «Reese House» — легкий, доступный, скульптурный и радикально современный. Он визуально напоминает архетипичную хижину или палатку, подчеркнута простая и выразительно геометрическую форму [2]. Основная философия, воплощенная в Reese House, — это «радикальная простота». Геометрия, композиция и свет в этом доме подчинены не утилитарной скупости, а поиску пластической выразительности и эмоционального отклика (рис. 1).



Рис. 1. Пример объекта. Дом «Reese House»

Данная концепция отвечала эстетическим взглядам и интересам теоретического заказчика. Студенту необходимо создать образ, исходя из концепции и формообразования будущего пространства. Студентам предлагается выполнить поисковые эскизы как в графике, так и в программе ArchiCAD или 3Ds Max. В ходе работы требуется проанализировать техническое задание и выявить художественное стилевое направление, которое гармонично раскроет объем помещения и будет отвечать запросам заказчика. Работа ведется в нескольких программах: ArchiCAD, 3Ds Max и Twinmotion. Макет формируют в программе Illustrator (рис. 2).

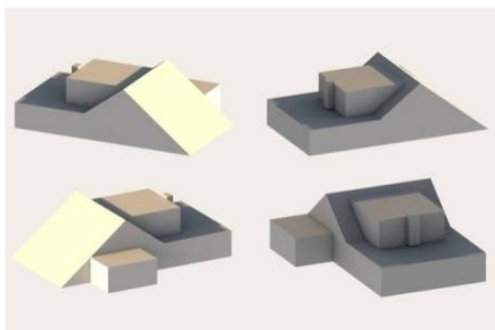


Рис. 2. Этапы формообразования пространства

Следующим шагом студенту предлагается сделать три возможных варианта планировки с учетом сценария жизни заказчика [3].

Необходимо проанализировать расположение входной двери и окон. Перевести все чертежи в «белый материал» в программе ArchiCAD для просмотра композиции в целом (рис. 3).

В данном формате студент изучает взаимодействие объемов помещений, формирование вертикальных и горизонтальных связей, масштаб и размер комнат. Определяется, на пересечении каких основных осей размещается главный объект (доминанта), как работает геометрия пространства (рис. 4). Анализируется, в каком из вариантов можно наиболее просто разместить доминанту и транзит-

ные зоны [5]. Интерьер на этом этапе не перегружен цветом и деталями, что позволяет проследить, как свет работает в пространстве. Для этого в программе ArchiCAD необходимо разместить «солнце», проанализировать падающие тени относительно объема. Далее студент подбирает дизайн-сет для коллажа или превью: ткани, фрагменты обоев, краски, образцы дерева (рис. 5).

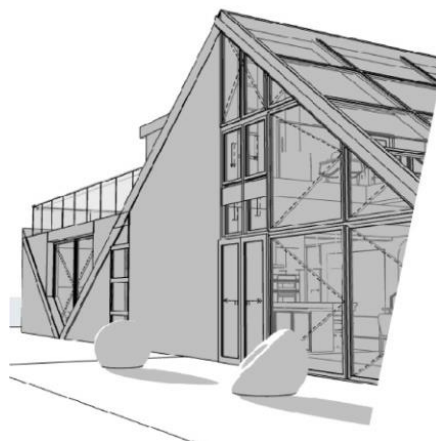


Рис. 3. Внешний вид модели в белом материале



Рис. 4. План 1 этажа дома

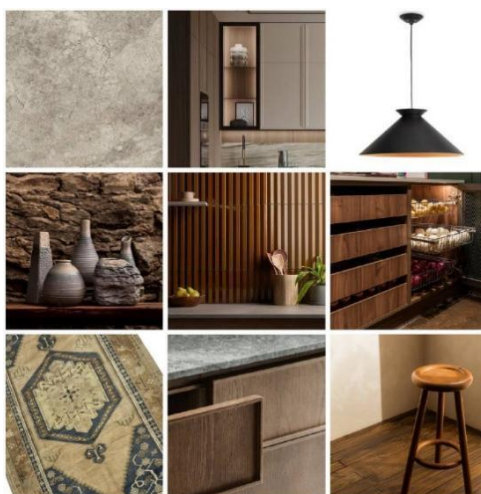


Рис. 5. Превью зоны кухни

На этом этапе студенты знакомятся с материалами, текстурами и фактурами, изучают, как в интерьере работают цвета и паттерны в зависимости от сторон света: учитывают дневные, вечерние и сценарные режимы освещения. Важно знать стили, цвета, характерные для данного стиля, и уметь интерпретировать пространство, опираясь на свои знания и навыки [4]. Студенту предлагается проработать «режиссуру» пространства, исходя из задач теоретического заказчика (рис. 6).

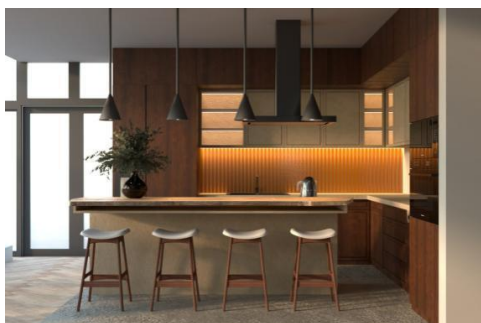


Рис. 6. Интерьер кухни

Выстраивая и моделируя, студент выполняет упражнения на выявление символики форм, образно-ассоциативных простых линий и фигур. Благодаря таким упражнениям можно проследить, как свет (естественный или искусственный) и положение его источника эмоционально воздействуют на пространство и человека. Важная часть создания художественной организации - цвет и колорит, необходимо вести колористическую работу, выявляя материал, степень отражения, умея стилизовать и выявлять масштабы (рис. 7). Моделируя объем помещений и расставляя мебель, следует планомерно фиксировать в рабочем альбоме чертежи. Развертки помещений, привязка сантехнического оборудования в той же степени влияют на грамотное художественное решение пространства.



Рис. 7. Фрагмент столовой зоны

Развертки позволяют создавать цельное, гармоничное, грамотно организованное пространство (рис. 8).

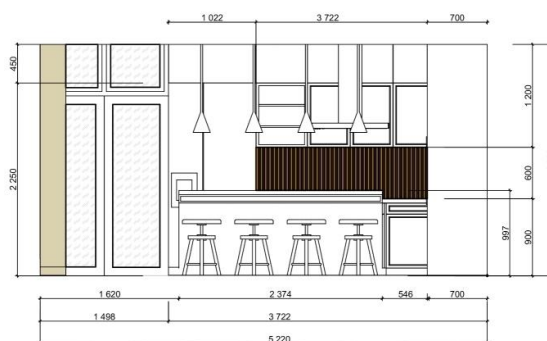


Рис. 8. Развертка кухни

Материалы, как и мебель, необходимо внести в программу по визуализации. Мебель подбирается в проект исходя из пожеланий заказчика и ценообразования производителей. Заключительным этапом выполняется макет для защиты проекта в программе Illustrator (рис. 9).



Рис. 9. Заключительный макет для защиты проекта

Заключение

В данной статье рассмотрены принципы создания пространственно-глубинной композиции у студентов направления «Дизайн». Проанализировано, каким образом системно выстроенная работа позволяет решать многие задачи, грамотно организовать и выявлять гармоничное пространство, комфортное для проживания.

Список источников

1. Боярский А.Ю. Архитектурные стили. От античности до современности. М. : АСТ, 2019. 320 с.

2. Гордон А. Пляжные дома: Эндрю Геллер = Beach Houses: Andrew Geller. Нью-Йорк : Princeton Architectural Press, 2003. С. 42.
3. Кринский В.Ф., Ламцов И.В., Туркус М.А. Элементы архитектурно-пространственной композиции: учебное пособие для вузов. М.: Стройиздат, 1968. 168 с.
4. Рябинова С.В., Деменёв Д.Н. Архитектурно-художественное пространство. Основы цветовой организации: учебное пособие для вузов. М.: Юрайт, 2024. 161 с.
5. Чинь Ф.Д.К. Архитектура: форма, пространство, композиция / пер. с англ. Е. А. Ахмедовой. М.: АСТ : Астрель, 2005. 399 с.

Сведения об авторах

Белова Елена Львовна – преподаватель, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный институт искусств имени П.И. Чайковского», г. Челябинск. E-mail: e.belovadesign@mail.ru. AuthorID: 1340486

УДК 711.4.01

ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ НА ЭМОЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СОЦИУМА. ЗВУК

Суровцов М.М., Копытова А.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. В статье рассматривается эволюция понятия «саундскейп» от экологической концепции Р.М. Шейфера до инструмента урбанистического дизайна. Анализируются природные и социальные звуки города, проблема техногенного шума и способы его снижения. Описываются новые практики звукового картографирования, использование аудиоформатов для навигации и инклюзивной среды. Представлен проект адаптивной системы формирования психоэмоционального благополучия горожан («Акустический каркас здоровья») с функциями звуковой маскировки и ритм-менеджмента. Обосновывается роль аудиальной среды как самостоятельного канала коммуникации и брендинга территорий.

Ключевые слова: звук, звуковой ландшафт, саундскейп, эмоциональное состояние человека, адаптивная звуковая среда

Введение

Звуковая среда города традиционно рассматривалась как негативный фактор — источник шума и стресса. Однако в последние десятилетия подходы изменились: звук стал изучаться как важный элемент идентичности территории, инструмент навигации и способ улучшения психологического комфорта. В работе рассматривается, как через управление саундскейпом можно влиять на эмоциональное состояние социума, снижать уровень тревожности и повышать качество городской жизни.

Влияние звука в городе на восприятие человеком

Понятие «саундскейп» (от англ. *soundscape* — звуковой ландшафт или звуковая среда) впервые предложил в 1969 году ученый-эколог Р.М. Шейфер [1]. По его мнению, наиболее полное раскрытие данного термина возможно при междисциплинарном подходе, объединяющем специалистов в области городской экологии, градостроительного проектирования, психоакустики и коммуникативистики [2]. В социологических исследованиях звуковой ландшафт изучается преимущественно через картографирование: звуки, зафиксированные на разных участках городской территории, позволяют в дальнейшем определить уровень акустической нагрузки в каждой локации. При этом саундскейп обычно понимается как регулярно воспроизводимая в определенной физической

среде звуковая панорама, включающая в том числе, и музыкальные фрагменты.

Городская звуковая среда отличается большим разнообразием, поэтому в научной литературе принято различать шум и сигнал [3]. Последний представляет собой разновидность шума, но несет в себе полезную для жителей смысловую нагрузку. При умении отличать шум от сигнала индивид становится способным либо получать информацию, либо упускать ее из виду. Ключевая задача исследователя в данном случае — это анализ фоновых звуков и оценка их воздействия на людей.

Звуковой ландшафт включает как природные, так и социальные звуки. К первым относят звучания неживой природы, голоса птиц, крики животных. В контексте города внимание ученых заостряется на увеличивающемся объеме естественных звуков природы в связи с повышенной заинтересованностью городских властей к расширению «зеленых» территорий внутри города — парков, скверов, аллей вдоль проезжих частей. Наряду с этим социальные звуки представляют собой звуки, подразделяющиеся на голоса, шумы, музыку и т.д. Это всё, что порождается речевой и деятельностью людей, включая их взаимодействие друг с другом и с окружающей средой.

Современные города порождают противоречие: урбанистическое развитие требует наращивания транспортной инфраструктуры, однако совокупный техногенный шум становится фактором риска для здоровья населения. В ответ на это активно внедряются технологии снижения шумового воздействия — шумопоглощающие дорожные покрытия, акустическая разметка, защитные экраны, вибросирены и др.

Изучение звукового ландшафта стимулировало появление шумовых карт (создаваемых онлайн для оценки акустического комфорта улиц, торговых центров, офисов), а также аудиальных карт и звуковых дневников. Примером служит проект Soundcities — виртуальная карта звуков мегаполисов, позволяющая совершать аудиопутешествия по городам мира, от голосов португальских торговцев до записей студентов из Екатеринбурга.

Звук как элемент городской среды

Аудиосреда постепенно берет на себя навигационную функцию в городе. Звуковые оповещения, сигналы светофоров, голосовые подсказки и акустические маркеры зон делают городское пространство более комфортным для людей с предпочтительным слуховым каналом восприятия, а также для тех, кто испытывает трудности с визуальной ориентацией. Активное развитие инклюзивной среды лишь усиливает данную тенденцию: аудиоформаты становятся ключевым звеном в обеспечении доступности городской инфраструктуры [4].

Параллельно с этим звуковой ландшафт начинает формировать эмоциональный облик города. Местная музыка, характерные шумы, узнаваемые джинглы превращаются в своего рода сенсорный код, который жители и гости города начинают неосознанно связывать с конкретной территорией. По аналогии с аудиологотипами коммерческих брендов, у городов постепенно складывается собственная «звуковая подпись». Отдельные муниципалитеты уже внедряют экспериментальные практики: создание уникальных мелодий для городских мероприятий, аудиогидов, музыкальных туристических маршрутов, звуковых инсталляций и интерактивных площадок с аудиосопровождением.

Концепция адаптивной системы формирования психоэмоционального благополучия городских жителей

В проекте предлагается использовать существующую и расширенную сети городских громкоговорителей для создания «умного» фонового саундскейпа [5].

Система перестает простаивать, параллельно тестируется для поддержания рабочего состояния и становится инструментом акустического дизайна, который подстраивается под ритм города, время суток и даже текущие погодные условия.

Варианты автоматизации:

1. Датчики шумового загрязнения. В систему интегрированы микрофоны-анализаторы. Если уровень шума от транспорта превышает норму, система автоматически увеличивает громкость

маскирующего природного звука, выравнявая баланс.

2. Направленные динамики. Использование технологий направленного звука, чтобы трансляция была слышна только в пешеходных зонах и не мешала жителям верхних этажей жилых домов.

3. Интерактивные зоны. Кнопки или QR-коды на малых архитектурных формах (скамейках, остановках), позволяющих прохожим на 5 минут «заказать» определенный звуковой фон (например, «звук леса» для медитации).

Ожидаемые результаты

В настоящее время жители городов сталкиваются со следующими негативными звуковыми факторами:

– шумовое загрязнение: города перенасыщены хаотичным, агрессивным и стрессогенным шумом (транспорт, строительство, техника), что негативно влияет на психическое и физическое здоровье горожан;

– звуковая бедность публичных пространств: в центре внимания урбанистов — визуальный облик, тогда как звуковая среда (саундскейп) часто пускается на самотек. Мы «ослепляем» города, но не «оглушаем» их целенаправленно;

– устаревшая функция инфраструктуры: система городских громкоговорителей (СГГ) — наследие советской эпохи — используется эпизодически (экстренные оповещения, праздничные трансляции) и часто воспринимается как акустический мусор или инструмент давления. Её потенциал не раскрыт.

Реализация проекта позволяет достигать следующих результатов:

1. Повышение субъективного ощущения комфорта и безопасности в городе. Появление нового культурного пласта — «звуковой идентичности».

2. Снижение уровня шумового стресса (возможны замеры кортизола в пилотных зонах). Увеличение времени пребывания людей в оборудованных общественных пространствах, повышение инвестиционной привлекательности общественных территорий. [6].

3. Создание методологии проектирования адаптивного городского саундскейпа.

4. План поэтапной модернизации СГГ и пилотный проект для одного городского района.

Заключение

Звуковая среда является неотъемлемой частью архитектурного пространства города и оказывает значимое влияние на эмоциональное состояние социума. Современные технологии и междисциплинарный подход позволяют трансформировать саундскейп из источника дискомфорта

форта в инструмент улучшения качества жизни. Разработка и внедрение адаптивных акустических систем, способных гибко реагировать на изменения городской среды и потребности жителей, является перспективным направлением научных исследований и прикладных разработок.

Список источников

1. Schafer R.M. The soundscape: Our sonic environment and the tuning of the world. Rochester: Destiny Books, 1993. 320 p.
2. Гимранова Г.А. Саундскейп как инструмент исследования городского пространства // Социальные и гуманитарные науки: теория и практика. 2018. № 1(2). С. 490-496. EDN YROUYH.
3. Васильева Д.А., Лермонтов Д.А. Между звуком и шумом: особенности формирования городских саундскейпов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Социология. 2022. Т. 15, № 3. С. 270-284. DOI 10.21638/spbu12.2022.306. EDN KFEKSA.
4. Суровцов М.М. Что такое урбанистика и нужна ли она Магнитогорску? // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы 80-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 18–22 апреля 2022 года. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2022. Т. 1. С. 490. EDN TTKIXB.
5. Суровцов М.М., Копытова А.В. Влияние архитектурной среды на эмоциональное состояние социума // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 83-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 21–25 апреля 2025 года. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2025. Т. 1. С. 281. EDN JSXKQG.
6. Суровцов М.М., Милешина А.Н. Инвестиционная привлекательность развития территории Экологического парка в г. Магнитогорске // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2016. Т. 2. С. 74-78. EDN WNCKGB.

Сведения об авторе

Суровцов Максим Михайлович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой урбанистики и инженерных систем, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: surovtsov.maxim@magtu.ru. ORCID 0000-0003-3871-7755

Копытова Анастасия Валерьевна – магистрант гр. ССм-24-5, кафедры урбанистики и инженерных систем, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

УДК 697.3

ВЛИЯНИЕ МИКРОКЛИМАТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Старкова Л.Г., Тургумбаев Н.К., Рыбалко Е.Р.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. Микроклимат животноводческих помещений – ключевой фактор продуктивности и здоровья крупного рогатого скота. Отклонения температуры, влажности и газового состава от норм ведут к снижению надоев, росту заболеваемости и перерасходу кормов, что критично в регионах с холодным периодом [5]. Цель работы – анализ систем отопления, вентиляции и регулирования влажности для повышения их энергоэффективности при сохранении комфорта животных. Рассмотрены факторы формирования микроклимата, типы систем и возможности автоматизации. Установлено, что рациональный выбор и настройка систем с учётом биологических особенностей скота повышают продуктивность и снижают энергозатраты, обеспечивая экономическую эффективность предприятий [6].

Ключевые слова: микроклимат, крупный рогатый скот, животноводческие помещения, продуктивность, энергоэффективность, вентиляция, отопление, влажность, зоогигиенические нормативы

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что животноводство является одной из важнейших отраслей сельского хозяйства, обеспечивающей продуктами питания людей. В последние годы в России наблюдается снижение поголовья коров, вместе с этим продолжается рост производства молокоёмких категорий продукции и потребление этих категорий.

В свою очередь, микроклимат животноводческих помещений оказывает значительное влияние на здоровье и продуктивность животных, а значит поддержание оптимальных параметров микроклимата в этих помещениях позволяет вести хозяйственную деятельность с большей эффективностью.

В то же время животноводство является одной из наиболее энергоёмких отраслей сельского хозяйства, следовательно, при проектировании инженерных систем в животноводческих зданиях также важно оптимально использовать энергетические ресурсы.

Целью работы является анализ возможных вариантов применения энергосберегающих и энергоэффективных решений при проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования в коровниках.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

- Анализ влияния микроклимата на молочную продуктивность коров.
- Рассмотрение вариантов повышения продуктивности коров и вариантов снижения потребления энергии.
- Оценка целесообразности применения предложенных мероприятий.

Объектом исследования является здание коровника на молочной ферме в Аргаяшском районе Челябинской области. По функциональному назначению коровник представляет собой сельскохозяйственное здание, оборудованное для беспривязного содержания крупного рогатого скота, которое является основным элементом в составе молочной фермы.

В процессе анализа статей [1-4] было определено, что микроклимат в помещениях содержания скота влияет на молочную продуктивность животных следующим образом.

При температуре ниже комфортного диапазона (5-15°C) наблюдается снижение удоя. Это связано с тем, что коровы тратят больше энергии на поддержание тепла, что уменьшает количество энергии, доступной для производства молока. Исследования показывают, что при температуре ниже 5°C удой может снижаться на 5-15% по сравнению с нормальными условиями.

Высокие температуры также оказывают значительное влияние на молочную продуктивность коров, что может проявляться в различных аспектах их физиологии и здоровья. В условиях жары коровы могут испытывать термический стресс, который негативно сказывается на их продуктивности, снижая как количество, так и качество молока. Согласно исследованиям [1-4], при температуре выше 25°C падение удоев может составить от 5 до 25%, по сравнению с комфортными условиями.

Таким образом, в работе разрабатываются мероприятия по увеличению комфортности параметров микроклимата, положительное влияние которых повысит молочную продуктивность.

В результате расчёта было определено, что в зимний период в помещении коровника теплопо-

тери больше теплопритоков от животных (потери тепла составляют порядка 440 кВт, поступления теплоты – около 280 кВт), при оптимальной температуре воздуха для коров плюс 5°C. Фактическая температура в коровнике при расчётной температуре наружного воздуха минус 32°C будет составлять около минус 6,0°C.

Согласно исследованиям, при данной разнице между оптимальной температурой для животных и фактической температурой внутри помещения падение удоев составит примерно 5%.

Одним из возможных вариантов повышения продуктивности является устройство системы воздушного отопления [7].

В летний период в помещении коровника наблюдаются большие теплопритоки от животных. Одним из вариантов создания оптимальной температуры внутреннего воздуха в летний период является использование осевых вентиляторов с функцией туманообразования. Форсунки на данных вентиляторах, распыляя воду, превращают её в мелкодисперсный туман, который при испарении поглощает теплоту воздуха, тем самым снижая температуру внутри коровника. Однако, данное предложение требует проведения точных расчетов современными методами математического моделирования [8].

Также были рассмотрены варианты снижения энергопотребления хозяйством. На ферме существует система охлаждения молока, в ней молоко сначала мгновенно охлаждается ледяной водой с 36 до 4°C. Затем температура молока поддерживается на уровне 4°C ледяной водой в холодильном танке. Мгновенное охлаждение молока позволяет получать молоко только высокого качества.

В процессе охлаждения молока от него забирается большое количество теплоты. При установке дополнительных теплообменников возможно эффективно использовать тепловую энергию в технологических нуждах предприятия, например для подогрева воды на поение коров, на хозяйственно-питьевые нужды, воды на тёплый пол.

Таким образом, при устройстве дополнительных теплообменников уменьшаются затраты на электроэнергию для работы чиллера, поскольку часть теплоты с молока снимается холодной водой. Также уменьшаются затраты на покупку топлива, на котором работает котельная, подогревающая воду для поения коров и горячего водоснабжения.

Для оценки эффективности устройства системы отопления, вентиляции и утилизации теплоты был проведён экономический расчёт.

Для устройства системы отопления капитальные затраты составили 800 тыс. руб.

В результате расчёта было определено, что продолжительность работы систем отопления равняется 55 суткам (рис. 1). Исходя из этого бы-

ли рассчитаны эксплуатационные затраты, которые составили 200 тыс. руб.

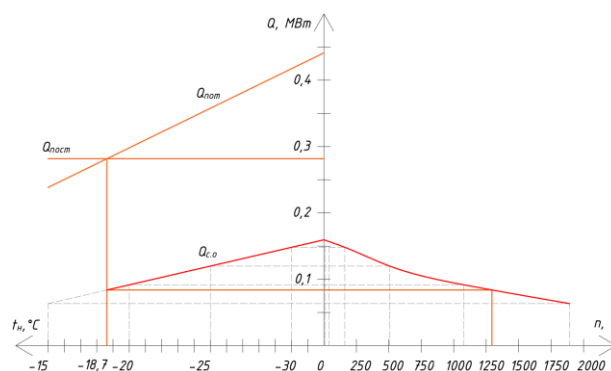


Рис. 1. Определение продолжительности работы системы отопления

Дополнительная выручка за этот же период времени составит почти 700 тыс. руб. При сроке эксплуатации оборудования системы воздушного отопления в 10 лет данный проект окупится на 4-й год эксплуатации (рис. 2).

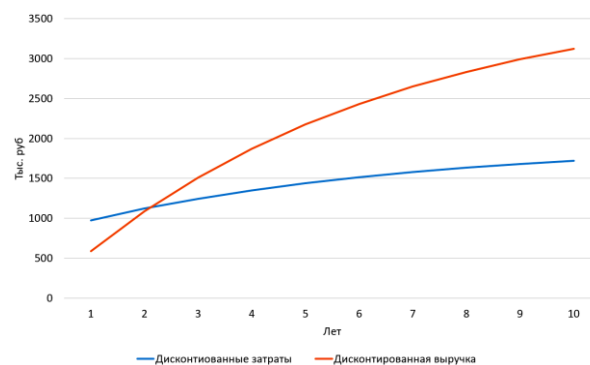


Рис. 2. Оценка эффективности отопления коровника в холодный период года

Капитальные затраты на устройство системы вентиляции с адиабатическим охлаждением воздуха в летний период составили порядка 900 тыс. руб.

В процессе расчёта определено, что продолжительность работы системы равняется 92 суткам. Эксплуатационные затраты за этот период составят около 190 тыс. руб.

Также был рассчитан вариант поддержания оптимальной температуры без адиабатического охлаждения воздуха. В данном случае температура поддерживается большим воздухообменом. Капитальные затраты на устройство этой системы составили порядка 1 млн руб.

Эксплуатационные затраты за период работы системы составят около 170 тыс. руб.

Дополнительная выручка, получаемая за счёт повышения удоев, за период работы системы составит 930 тыс. руб. При сроке эксплуатации оборудования системы вентиляции в 10 лет первый вариант проекта окупится на 3-й год эксплуатации, второй – на 4-й год (рис. 3).

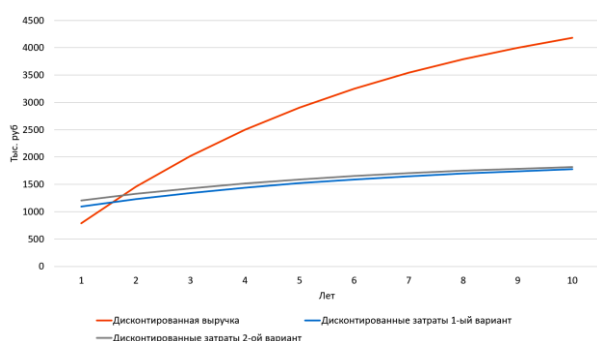


Рис. 3. Оценка эффективности охлаждения коровника в тёплый период года

Полные капитальные вложения, вызванные устройством системы утилизации теплоты составили 290 тыс. руб.

Поскольку доение коров происходит ежедневно, то и система утилизации теплоты будет работать весь год. Исходя из этого, эксплуатационные затраты на работу составят около 30 тыс. руб.

Экономия на топливе и электроэнергии за счёт устройства системы за год составит 330 тыс. руб. При сроке эксплуатации системы утилизации в 10 лет данный проект окупится на 3-й год эксплуатации (рис. 4).

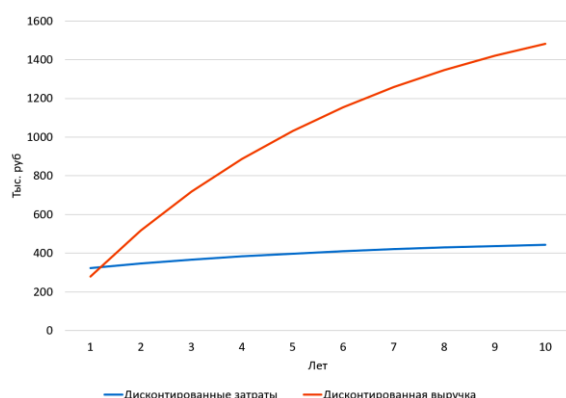


Рис. 4. Оценка эффективности утилизации теплоты молока

В результате проведённого анализа можно сделать вывод, что поддержание оптимальных параметров микроклимата в здании коровника является экономически выгодным.

Внедрение предложенных решений позволит сельскохозяйственным предприятиям повысить рентабельность производства и обеспечить комфортные условия содержания животных.

Список источников

1. Вторый В.Ф., Вторый С.В. Информационная модель влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 69–72
2. Смоленцев С.Ю., Суфьянова Л.М. // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы. 2022.
3. Муханина Е.Н., Шакиров Ш.К., Сафина Н.Ю., Гайнутдинова Э.Р. // Международный вестник ветеринарии. 2024;(4):509-517.
4. Иль Д.Е., Заболотных М.В., Иль Е.Н // Вестник КрасГАУ. 2024. № 11. С. 113–120. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-113-120.
5. Проектирование систем микроклимата в животноводческих помещениях в современных условиях / А. Ю. Филоненко, Д. В. Харченко, П. С. Тарасенко, У. К. Сабиев // Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития : Материалы V Международной научно-практической конференции, Омск, 29 апреля 2021 года. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2021. С. 149-157. EDN ZECRVC.
6. Коняева О.Н., Коняев Н.В. К микроклимату животноводческих помещений // Проблемы развития современного общества: Сборник научных статей 8-й Всероссийской национальной научно-практической конференции. В 4-х т., Курск, 19–20 января 2023 года / под ред. В.М. Кузьминой. Т. 4. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2023. С. 393-397. EDN RJNXTJ.
7. Старкова Л.Г., Лутфуллина К.Р. Оценка эффективности прерывистого отопления офисного здания //Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 83-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск, 2025. С. 264.
8. Васина Ю.А., Ларин А.А., Кулпеппер П.Д. Сравнительный анализ отечественного и зарубежного программного обеспечения для строительной сферы // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2023. Т. 14. № 2-. С. 3-6.

Сведения об авторах

Старкова Лариса Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры урбанистики и инженерных систем Института строительства, архитектуры и искусства, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: starkova-lg@mail.ru. ORCID 0009-0009-0218-5612. AuthorID: 660291

Тургумбаев Нурсултан Каирбекович – магистрант гр. ССм-25-6, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

Рыбалко Егор Русланович – аспирант гр. Ста-25-2, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: egorrybalko@mail.ru

УДК 69.07

ПРОЦЕССНАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОГО НАПОЛНЕНИЯ ТИМ-МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Чернышева А.С., Наркевич М.Ю.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

Аннотация. Информационное обеспечение цифровой модели объекта капитального строительства представляет собой комплекс процессов и технических решений, обеспечивающих формирование, хранение, обмен, актуализацию и использование данных на всех этапах жизненного цикла объекта – от предпроектной подготовки до ликвидации [1]. Предложена процессная модель информационного наполнения ТИМ-модели промышленного здания на стадии эксплуатации, где представлены два направления эксплуатации здания – технологическая и техническая. В части технологической эксплуатации приводится набор мероприятий, направленных на поддержание параметров внутренней среды и режимов работы инженерных систем. Техническая эксплуатация описывает работу по поддержанию конструкций и инженерных систем в проектном или допустимом эксплуатационном состоянии на протяжении срока службы. Предложенная информационная модель будет иметь интегрированную структуру, включая блоки энергетической, экологической, пожарной, промышленной, санитарно-гигиенической безопасности и безопасности труда. В результате принимаются решения о проведении мероприятий на опасных производственных объектах (ОПО) [2, 3]: при необходимости могут проводиться мероприятия по дальнейшей эксплуатации, реконструкции, по капитальному ремонту или по ликвидации (сносу) объекта.

Ключевые слова: процессная модель, информация, информационное наполнение, процессная модель, ТИМ-модель, этапы, жизненный цикл, эксплуатация

Современные требования к сокращению сроков проектирования и строительства, к снижению затрат на жизненный цикл объектов, к обеспечению безопасной эксплуатации зданий и сооружений, а также к прозрачности инвестиций и ответственности участников проекта делают необходимым переход от разрозненных чертежей и бумажных актов к унифицированной, структурированной и доступной в реальном времени информационной базе.

В условиях ускоренной цифровизации экономики и внедрения международных стандартов (таких как ISO 19650 [4]) формирование четких правил информационного обеспечения является не просто технической задачей, а предметом нормативного и управленческого приоритета для заказчиков, подрядчиков и органов власти.

Информационное обеспечение цифровой модели объекта капитального строительства представляет собой комплекс процессов и технических решений, обеспечивающих формирование, хранение, обмен, актуализацию и использование данных на всех этапах жизненного цикла объекта – от предпроектной подготовки до ликвидации. Цель информационного обеспечения состоит в создании единого источника информации, который со-

держит структурированные и верифицированные данные, доступные уполномоченным участникам и пригодные для принятия управленческих, инженерных и эксплуатационных решений.

На рис. 1 представлен сопоставительный анализ этапов жизненного цикла промышленного здания и того, какие данные являются исходными на каждой стадии, какие результаты формируются и какое информационное наполнение получает цифровая модель на соответствующем этапе.

Схематично представлено, каким набором документов и данных цифровая модель наполняется на каждом этапе жизненного цикла здания. Таким образом, на этапе предпроектной подготовки в качестве исходного материала выступает техническое задание на проектирование. Результатом становится сама концепция строительного объекта – общая идея, функциональное назначение, основные параметры и экономические предпосылки.

Этап инженерных изысканий уже дополняет концепцию результатами полевых и лабораторных работ – геодезией, геологией, гидрологией. В результате формируется технический отчет по инженерным изысканиям, а цифровая модель получает визуальное представление параметров изысканий: рельеф, зоны подтапливаемости, слой грунта, подземные коммуникации и т.д.

ИНФОРМАЦИОННОЕ НАПОЛНЕНИЕ
ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ

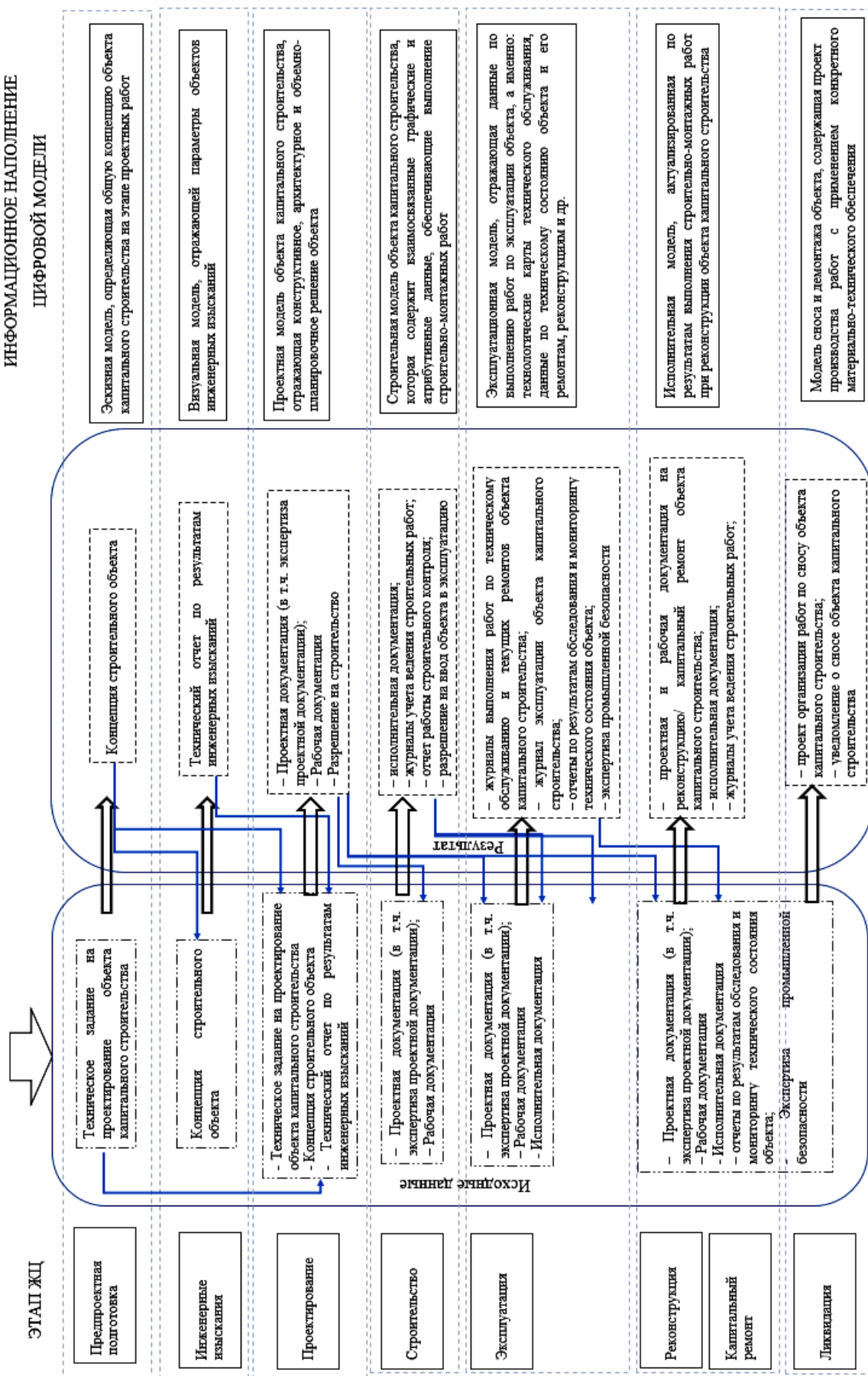


Рис. 1. Сопоставительный анализ этапов жизненного цикла и информационного наполнения цифровой модели объекта капитального строительства

На стадии проектирования, где исходными данными являются техническое задание, концепция и отчёты изысканий, появляется проектная и рабочая документация и разрешение на строительство. Информационное наполнение цифровой модели на этом этапе становится более основательным: формируется проектная модель объекта капитального строительства, отражающая конструктивное, архитектурное и объемно-планировочное решения.

На этапе строительства возникает строительная модель объекта капитального строительства, которая содержит взаимосвязанные графические данные, обеспечивающие выполнение строительных-монтажных работ.

В процессе эксплуатации появляются журналы технического обслуживания, акты ремонтов, отчёты мониторинга технического состояния и экспертизы промышленной безопасности. Информационная модель здесь отражает данные по выполнению работ по эксплуатации объекта, а именно: технологические карты технического обслуживания, данные по техническому состоянию объекта и его ремонтам, реконструкциям и др.

При реконструкции исходной информацией являются уже разработанная документация, а также данные обследований и экспертиз. Появляется исполнительная модель, актуализированная по результатам выполнения строительно-монтажных работ при реконструкции объекта капитального строительства. Этап капитального ремонта аналогично реконструкции дополняет исполнительную модель, актуализированную по итогам ремонтных работ.

Информационное наполнение на этапе ликвидации объекта капитального строительства представлено в виде модели сноса и демонтажа объекта и содержит проект производства работ с применением конкретного материально-технического обеспечения.

На рис. 2 отражена процессная модель информационного наполнения ТИМ-модели промышленного здания на стадии эксплуатации. Представлены два направления эксплуатации здания – технологическая и техническая. В части технологической эксплуатации приводится набор мероприятий, направленных на поддержание параметров внутренней среды и режимов работы инженерных систем. Техническая эксплуатация описывает работу по поддержанию конструкций и инженерных систем в проектном или допустимом эксплуатационном состоянии на протяжении срока службы.

Предложенная информационная модель будет иметь интегрированную структуру, включая блоки энергетической, экологической, пожарной, про-

мышленной, санитарно-гигиенической безопасности и безопасности труда. Представлена увязка процессов, обеспечивающих все виды безопасности, представленных на слайде на этапе эксплуатации.

В результате принимаются решения о проведении мероприятий на ОПО: при необходимости могут проводиться мероприятия по дальнейшей эксплуатации, реконструкции, по капитальному ремонту или по ликвидации (сносу) объекта.

Таким образом, определена цель информационного обеспечения цифровой модели объектов капитального строительства на этапах жизненного цикла – создание единого источника информации. Представлен сопоставительный анализ этапов жизненного цикла промышленного здания и того, какие данные являются исходными на каждой стадии, какие результаты формируются и какое информационное наполнение получает цифровая модель на соответствующем этапе. Разработана процессная модель информационного наполнения ТИМ-модели промышленного здания на стадии эксплуатации.

Список источников

1. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла : приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. № 928/пр и введен в действие с 1 июля 2021 г. Текст: электронный. URL: https://expert.tmbreg.ru/files/Gosudarstvenn/sp_333.pdf (дата обращения: 07.02.2026).
2. Наркевич М.Ю. Развитие методологии создания системы менеджмента качества металлургического предприятия, эксплуатирующего опасные производственные объекты, на основе прикладной цифровой платформы: дис. ... д-ра техн. наук / Наркевич Михаил Юрьевич. Магнитогорск, 2023. 332 с.
3. Методика сбора и обработки информации для контроля состояния территории, зданий и сооружений на опасных производственных объектах металлургического предприятия / В.Д. Корниенко, М.Ю. Наркевич, О. С. Логунова [и др.] // Электротехнические системы и комплексы. 2022. № 4(57). С. 76-87. DOI: 10.18503/2311-8318-2022-4(57)-76-87. EDN MLSKSS.
4. ISO 19650-1 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Concepts and principles // 2018. Текст : электронный // URL: <https://www.iso.org/standard/68078.html> (дата обращения: 09.02.2026).

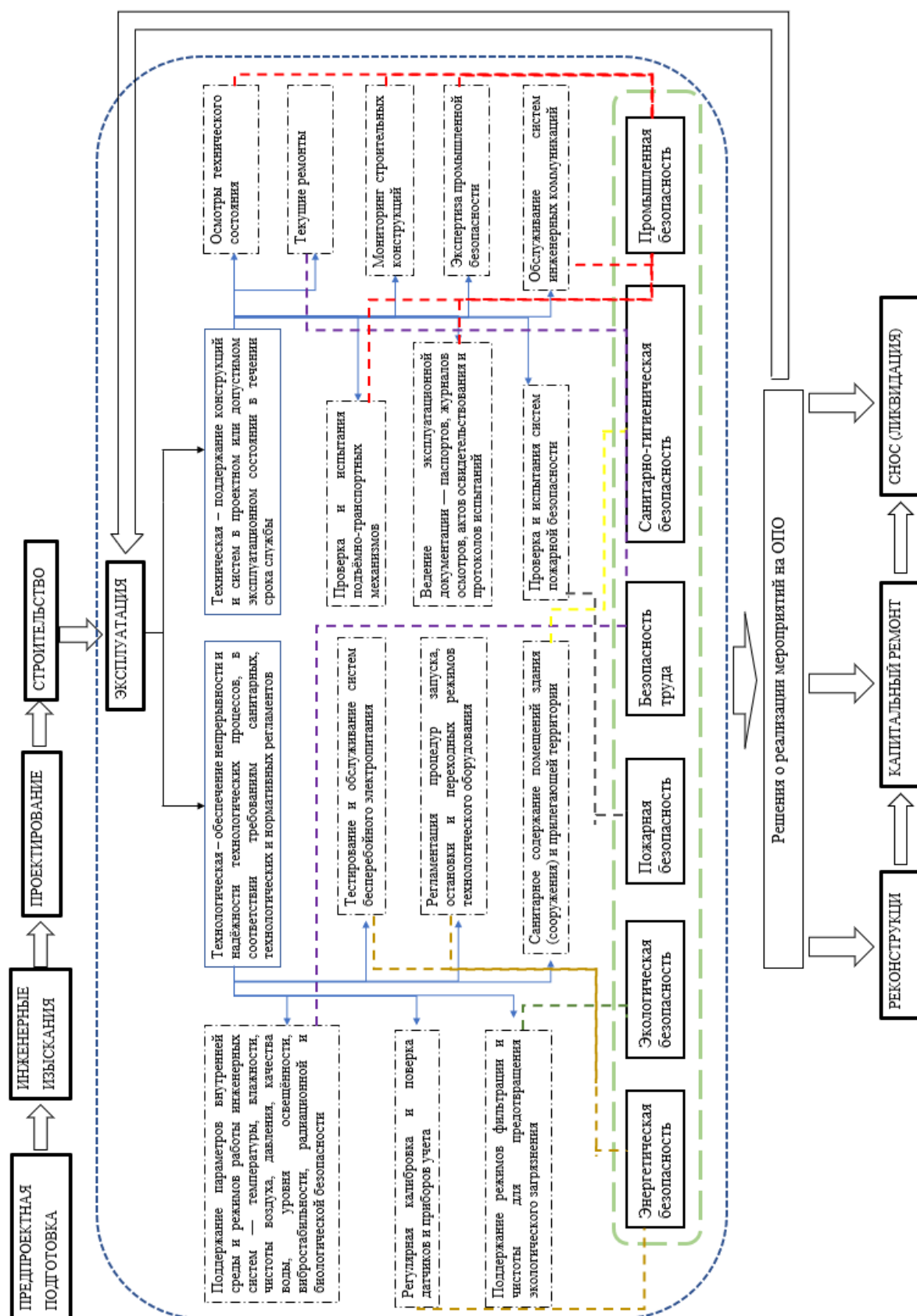


Рис. 2. Процессная модель информационного наполнения ТИМ-модели промышленного здания на стадии эксплуатации

Сведения об авторе

Чернышева Александра Сергеевна – аспирант кафедры ПГС, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: Ehridas@mail.ru. AuthorID: 1132120

Наркевич Михаил Юрьевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой ПГС, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: Narkevich_mu@mail.ru. AuthorID: 684555
