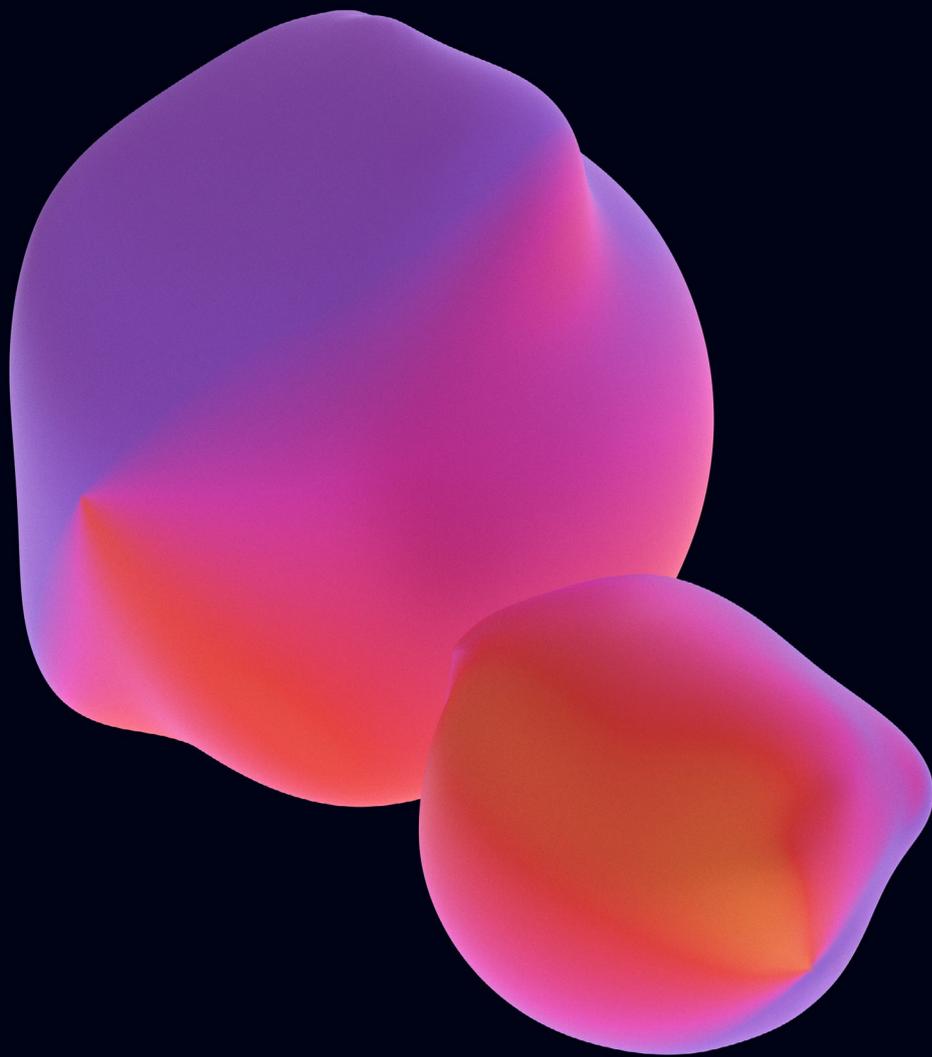


АПИИ

АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

международный научный журнал // ISSN 2713-1513 // № 6 (292), 2026 // apni.ru



часть I

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2026 • № 6 (292)

Часть I

Издается с ноября 2019 года

Выходит еженедельно

ISSN 2713-1513

Главный редактор: Ткачев Александр Анатольевич, канд. социол. наук

Ответственный редактор: Ткачева Екатерина Петровна

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Абдуллин Тимур Zufарович, кандидат технических наук (Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара)

Абидова Гулмира Шухратовна, доктор технических наук, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Альборад Ахмед Абуди Хусейн, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Аль-бутбахак Башшар Абуд Фадхиль, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Альхаким Ахмед Кадим Абдуалкарем Мухаммед, PhD, доцент, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Асаналиев Мелис Казыкеевич, доктор педагогических наук, профессор, академик МАНПО РФ (Кыргызский государственный технический университет)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, проректор по научной работе, профессор, директор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии (Дагестанский государственный педагогический университет)

Бафоев Феруз Муртазоевич, кандидат политических наук, доцент (Бухарский инженерно-технологический институт)

Гаврилин Александр Васильевич, доктор педагогических наук, профессор, Почетный работник образования (Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой)

Галузо Василий Николаевич, кандидат юридических наук, старший научный сотрудник (Научно-исследовательский институт образования и науки)

Григорьев Михаил Федосеевич, доктор сельскохозяйственных наук (Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкого)

Губайдуллина Гаян Нурахметовна, кандидат педагогических наук, доцент, член-корреспондент Международной Академии педагогического образования (Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова)

Ежкова Нина Сергеевна, доктор педагогических наук, профессор кафедры психологии и педагогики (Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого)

Жилина Наталья Юрьевна, кандидат юридических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Ильина Екатерина Александровна, кандидат архитектуры, доцент (Государственный университет по землеустройству)

Каландаров Азиз Абдурахманович, PhD по физико-математическим наукам, доцент, проректор по учебным делам (Гулистанский государственный педагогический институт)

Карпович Виктор Францевич, кандидат экономических наук, доцент (Белорусский национальный технический университет)

Кожевников Олег Альбертович, кандидат юридических наук, доцент, Почетный адвокат России (Уральский государственный юридический университет)

Колесников Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент (Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова)

Копалкина Евгения Геннадьевна, кандидат философских наук, доцент (Иркутский национальный исследовательский технический университет)

Красовский Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН и АИН (Уральский технический институт связи и информатики)

Кузнецов Игорь Анатольевич, кандидат медицинских наук, доцент, академик международной академии фундаментального образования (МАФО), доктор медицинских наук РАГПН, профессор, почетный доктор наук РАЕ, член-корр. Российской академии медико-технических наук (РАМТН) (Астраханский государственный технический университет)

Литвинова Жанна Борисовна, кандидат педагогических наук (Кубанский государственный университет)

Мамедова Наталья Александровна, кандидат экономических наук, доцент (Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова)

Мукий Юлия Викторовна, кандидат биологических наук, доцент (Санкт-Петербургская академия ветеринарной медицины)

Никова Марина Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Московский государственный областной университет (МГОУ))

Насакаева Бакыт Ермекбайкызы, кандидат экономических наук, доцент, член экспертного Совета МОН РК (Карагандинский государственный технический университет)

Олешкевич Кирилл Игоревич, кандидат педагогических наук, доцент (Московский государственный институт культуры)

Попов Дмитрий Владимирович, доктор филологических наук (DSc), доцент (Андижанский государственный институт иностранных языков)

Пятаева Ольга Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент (Российская государственная академия интеллектуальной собственности)

Редкоус Владимир Михайлович, доктор юридических наук, профессор (Институт государства и права РАН)

Самович Александр Леонидович, доктор исторических наук, доцент (ОО «Белорусское общество архивистов»)

Сидикова Тахира Далиевна, PhD, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Таджибоев Шарифджон Гайбуллоевич, кандидат филологических наук, доцент (Худжандский государственный университет им. академика Бободжона Гафурова)

Тихомирова Евгения Ивановна, доктор педагогических наук, профессор, Почётный работник ВПО РФ, академик МААН, академик РАЕ (Самарский государственный социально-педагогический университет)

Хаитова Олмахон Саидовна, кандидат исторических наук, доцент, Почетный академик Академии наук «Турон» (Навоийский государственный горный институт)

Цуриков Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент (Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС))

Чернышев Виктор Петрович, кандидат педагогических наук, профессор, Заслуженный тренер РФ (Тихоокеанский государственный университет)

Шаповал Жанна Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Шошин Сергей Владимирович, кандидат юридических наук, доцент (Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского)

Эшонкулова Нуржахон Абдужабборовна, PhD по философским наукам, доцент (Навоийский государственный горный институт)

Яхшиева Зухра Зиятовна, доктор химических наук, доцент (Джиззакский государственный педагогический институт)

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Проняев В.В.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ С ПОЗИЦИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЛУБИНЫХ ПРОБЛЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРОЗДАНИЯ.....6

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Karpukhin S.A., Yaroshevsky S.D., Kokunov G.V.

FEATURES OF USING EFFICIENT HEAT EXCHANGERS 18

Гайнулова Д.В.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ И МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СИСТЕМ 23

Дятлов В.В.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАРШРУТИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 27

Мудров А.П., Якушевский Д.В.

СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ 33

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Кязимли М.Д.г.

МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ АЛГОРИТМОВ В РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ КАК СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДНОГО СТАРТА..... 37

Матуга С.К.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ АНАЛИЗА АЭРОФОТОСНИМКОВ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ЗОН ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ 40

Михайлюк С.Д.

КРОССБРАУЗЕРНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ВИДЕОКОНТЕНТА С ПРОЗРАЧНОСТЬЮ..... 43

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

Евдакимов В.Л.

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ: ВЛИЯНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И ТОЧНОСТЬ РАБОТ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ 51

Дихтяр Р.Ю., Матузная М.А., Пушкин Д.П., Шаповалов А.А.

ВЫЯВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ БЕЛОЯРСКОГО РАЙОНА В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ 54

МЕДИЦИНА, ФАРМАЦИЯ

Востриков Т.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАМУФЛЯЖНОЙ ДЕРМОПИГМЕНТАЦИИ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ И ПОСТОЖОГОВЫХ КОЖНЫХ ДЕФЕКТОВ ЛИЦА..... 58

Мусатаева Х.Т., Мошкина Л.В., Шевердин Н.Н.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ: ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВ 64

ФИЗИКА

ПРОНЯЕВ Вадим Викторович
патентовед, ООО «Цвет», Россия, г. Воронеж

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ С ПОЗИЦИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЛУБИНЫХ ПРОБЛЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРОЗДАНИЯ

Аннотация. Целью статьи является, именно в первом приближении, в аспекте системного подхода, «зацепиться» за понимание природы нарушения симметрии физической картины мира (одной из главных проблем физики «всего»), действие её механизма, его глубины, в смысле почему нарушение симметрии делает этот мир более сложным, эволюционным. И не менее важное – могла ли быть существующая физическая картина мира иной, т. е. почему эта преобладала, понятно с сегодняшними проблемами в физике элементарных частиц, изучение нарушений симметрии на Большом Андронном Коллайдере (в дальнейшем БАК) и т. п.? Для этого «задействуются» различные области математических знаний: от сплетения (сцепления) групп из погружений в теории Галуа до КЦК (Конформной Циклической Космологии) Р. Пенроуза. В заключение делается вывод: «просачиваемость» нашей физической картины мира была предопределена, поскольку в основе этой «просачиваемости» лежит прежде всего материалистическая основа, конкуренция с принципом единства и борьбы противоположностей, с системой сдержек и противовесов (соответствие принципа максимума энтропии принципу наименьшего действия в контексте существование «хаоса» и порядка). При этом важно, что, когда система выдаёт что-то рациональное, в смысле эволюционное, элементы системы качественно изменяются, в смысле нарушение симметрии всегда «соседствует» в аспекте «резервирования» информации с симметрией, т. е. – нарушение симметрии «формируется» заранее (в «глубине» системы). «Регулятором» здесь является закон сохранения энергии и принцип соответствия максимума энтропии принципу наименьшего действия, т. е. здесь действуют все известные Положения теоретической механики. Различные области математических знаний приведённые здесь подтверждают это, при этом здесь нет никаких противоречий с известной Стандартной моделью (к которой понятно есть много вопросов и которая также должна эволюционировать с дальнейшим изучением нашего Мироздания) и известными экспериментами. Попутно, продолжается попытка «зацепиться» за понимание природы нашего сознания в контексте переноса его в искусственно созданную субстанцию, или от человека к человеку (ведь тело ничто, а сознание – всё) в аспекте известной задачи тысячелетия – гипотезы Ходжа.

Ключевые слова: сплетение, энтропия, аттрактор, энергия, модель, нарушение, симметрия, диссимметрия, «просачиваемость».

1. Введение

Вначале заметим, что для того, чтобы получить фундаментальные результаты, Приложения, в настоящее время идёт взаимопроникновение разных областей физико-математических знаний на основе сопоставления, моделирования, образного наложения тех или иных математических объектов из одной области на объекты другой области с последующим обобщением. В смысле, здесь прибегают к системному подходу. Воспользуемся данной

методикой в этой статье, касающейся, пожалуй, одной из самых главных проблем (а возможно самой главной) – проблемы глубины нарушения симметрии физической картины мира именно в аспекте поиска эффективных подходов её решения.

Напомним, что в соответствии с известной теоремой Нётер, в классической механике из однородности и изотропности пространства и однородности времени, можно получить законы сохранения импульса, момента импульса

и энергии соответственно. Симметрия лежит в основе законов сохранения. В физике рассматривают четыре известных фундаментальных взаимодействия, которые появились благодаря спонтанному нарушению симметрии в первые моменты существования Вселенной. Именно нарушение симметрии делает этот Мир сложным. Известная СРТ – теорема (отражение в плоскости, замена частиц на античастицы и обращение времени) является следствием фундаментальных положений теории поля. На БАКе, в результате проведения экспериментальных мероприятий (в рамках дисбаланса между веществом и антивеществом), было проверено нарушение CP-симметрии (проще говоря, это – некое изменение баланса между материей и антиматерией); обнаружено в распадах каонов, потом в распадах В-мезонов. Здесь, в результате эксперимента, крайне сложно задержать от распада (как-то стабилизировать) антивещество (существует какие-то доли секунды). Что важно, это то, что, мюонные пары могут родиться во многих регистрационных событиях, но весьма проблематично найти нужную регистрацию. Напомним, что Стандартная модель описывает все частицы всех взаимодействий кроме гравитационных.

Понятно, что критерий анализа, например в данной статье должно быть согласование прежде всего с экспериментальными данными и желательно с известными теориями. Здесь, чтобы более глубоко исследовать вышеуказанную проблему, понятно, что нужно прибегнуть ко многим областям физико-математических знаний: от теории сплетения (существуют термины – сцепления, пересечения, спаривания) групп до теории Большого Взрыва (в официальном изложении, ясно, что это Конформная Циклическая Космология Р. Пенроуза – в дальнейшем КЦК).

2. Представление различных областей физико-математических знаний, задействованных в данной статье (как вводящие читателя в курс дела)

Заметим, что здесь многие известные положения будут даваться в относительно кратком изложении, при этом более подробно можно ознакомиться в соответствующем списке литературы, упомянутом в конце.

2.1. Вначале, напомним некоторые известные положения из Основ Физики Эволюции (ОФЭ) [1, с. 13-240], которые понадобятся в дальнейшем анализе. Это, то, чтобы описать процессы нарушения симметрии в динамике

тел, необходимо учесть нелинейную трансформацию различных типов энергий (с возникновением новых систем, аттракторов, где имеет место спонтанное нарушение симметрии). Важно, то, что динамика тела определяется симметрией не только пространства, но и симметриями самого тела (*дуализм симметрии*). В связи с понятием симметрии возникает понятие энергии. Принцип *дуализма энергии* лежит в основе детерминистского механизма необратимости преобразования энергии движения тела в его внутреннюю энергию. Каждая МТ (материальная точка) системы участвует в 2-ух движениях: в движениях за счёт внешних сил системы сил, и движении за счёт сил между МТ. Модель тела представляет собой совокупность потенциально взаимодействующих МТ, внутренняя энергия системы связана с динамическими группами симметриями всех типов движений МТ относительно Ц.М. (центра масс). Напомним известную иерархическую «лестницу» (диаграмму): МТ → СЧ → НС → ОНДС (здесь СЧ – структурированные частицы; НС – неравновесные системы; ОНДС – открытые неравновесные динамические системы). В Природе, объекты, обладающие структурой с внутренней энергией, в результате процесса движения, их энергия трансформируется во внутреннюю энергию. Заметим, что именно, необратимость процесса определяет эволюцию материи. Необратимость процессов обусловлена нарушением симметрии (2-й закон термодинамики, необратимость времени). Один из главных принципов материальности мира – принцип единства и борьбы противоположностей. В Природе *D-энтропия* играет роль меры увеличения хаоса (переход энергии «порядка» тел в энергию «хаоса»). Нарушение *симметрии времени* связано с преобразованием энергии движения во внутреннюю энергию. Существование «хаоса» и «порядка», (в рамках принципа единства и борьбы противоположностей) и определяет процесс эволюции.

Также, следует напомнить о соответствии принципа максимума энтропии принципу наименьшего действия [2, с. 60-72], причём принцип максимума энтропии является следствием принципа наименьшего действия. В свою очередь принцип наименьшего действия для систем обусловлен свойствами её динамики, эти свойства следуют из принципа дуализма симметрии (определяются симметриями пространства и системы). Принцип наименьшего действия возникает в связи с тем,

что в каждой точке траектории, активная сила равна по величине и противоположна направлению инерциальной силе. Тогда, работа, совершаемая внешними силами по перемещению системы вдоль соответствующей траектории минимальна.

2.2. Далее, имеем бикватернионное представление атомов, в смысле построение частных монохроматических решений уравнений свободного поля электро-гравимагнитных зарядов и токов в дифференциальной алгебре бикватернионов, которые описывают элементарные частицы как стоячие электромагнитные волны [3, с. 11-24]. При этом дано бикватернионное представление атома водорода и соответствующая ему периодическая система элементов, построенная по принципу музыкального строя простой гармонической гаммы. Самое главное здесь – полного гармонического звучания в этом строе не будет и при несоразмерных частотах колебаний возникают биения. Подобные системы можно строить для спинов и асимметричных пульсаров с последующим созданием изотопов этих атомов (с добавлением к атомам с той же частотой колебаний). Заметим, что при воздействии внешних полей заряды-токи трансформируются и всё это описывается известными уравнениями Дирака. В общем имеем спектр колебаний, причём эта бикватернионная модель – детерминистская.

В статье [4, с. 91-101], с использованием дифференциальной алгебры бикватернионов построено соответствующее обобщение решений волнового (биволнового) уравнений Максвелла и Дирака.

2.3. Согласно КЦК Р. Пенроуза [5, с. 257-283], его общей схеме, «серия» Больших Взрывов при конформном перемасштабировании преобразуется в зоны с короссоверами, т. е. историями Вселенных и пересечениями (областями перехода) соответственно. Здесь, выбирают гладкий метрический тензор g^* , который должен быть совместим с конформной структурой пространства-времени. Она пропорциональна физической метрике Эйнштейна g^{**} .

Предполагается, что известные уравнения Эйнштейна остаются справедливыми при фиксированном значении космологической константы, а все гравитационные источники в более ранней области кроссовера считаются безмассовыми и для них тензор полной энергии вроде бы должен являться бесследовым и равным нулю. Но, всё-таки, Р. Пенроуз вводит не-большой след, в результате чего компоненты,

соответствующие в тензоре энергии массе покоя частиц, начинают возникать в этой области (этому даётся соответствующее объяснение). Далее, имеем понятие фантомного поля, которое позволяет переходить от текущей физической метрики к реальной, т. е. находить масштаб, переводящий метрику g^* , обратно в физическую g^{**} . Предполагается, что уравнения поля Эйнштейна определяются требованием, чтобы тензор полной энергии для физически материальных полей равнялся тензору энергии фантомного поля. Также, на определённом этапе рассмотрения теории КЦК возникают проблемы единственности продолжения и развития в области G (после кроссовера), в связи с тем, что из-за произвольности выбора конформного коэффициента в системе могут возникнуть неинформативные («ложные») степени свободы, оказывающие нежелательное действие на динамику событий. В общем существует *альтернативные возможности* для наложения на одну точку области кроссовера двух условий, требуемых для однозначного определения метрики и величины фантомного поля. В остальном – см. текст.

2.4. Обратимся к области математики – алгебраическая комбинаторика [6, с. 84-351]. Там изучаются разные коммутативные схемы отношений с пересечениями, сплетения симметрических групп. Там определяются новые отношения R_k с учётом числа пересечений схем отношений: в смысле имеем новую симметричную схему отношений. Важным здесь является условия абсолютной границы и вычисления кратности m по информации о матрице пересечения B .

$$m = |X|/(u/v), \quad (1)$$

Где X – множество, u – стандартный общий левый собственный вектор матриц B , соответственно v – правый вектор. Кратко, это когда ранг матрицы A^h не превосходит $(m + h - 1; h)$, т. е. числа способов выбрать h элементов из m , при этом допуская повторения.

Имеем условия абсолютной границы для симметричной схемы отношений X .

$$|X| < (m_i + d - 1; d) + (m_i + d - 2; d - 1), \quad (2)$$

Если схема отношений несимметричная, то удаётся получить лучшую границу для множества $|X|$ в терминах произвольной фиксированной кратности m_i ($i = 1, 2, 3, \dots$).

В смысле, здесь, имеют больше «маневр» в выборе способов и повторений (см. выше).

Заметим, симметричную схему отношений X можно превратить в несимметричную, когда

для каждой пары (x, y) из орбиты L действия транзитивной группы подстановок G на некотором множестве, *нарушить* самодвойственность, т. е. $x^a = y$ и $y^a = x$, элемент, a принадлежит G .

2.5. Обратимся к тематике – твисторный анализ гармонических отображений [7, с. 60-92]. Нас будет интересовать отображения f , обладающие конечной энергией и минимизирующие функционал $E(f)$. Поэтому на f накладывают асимптотическое условие: некоторый параметр x стремится в бесконечность. Здесь, $E(f)$, называют также энергией отображения f . Имеем, $E(f) > 4\pi |\deg f|$. Здесь π – число пи, а \deg – степень. Имеем также оценочный показатель для энергий отображений, связанный с некоторым симметрическим пространством:

$$E(f^*) < E(f) - 16\pi n_G, \quad (3)$$

Здесь n_G – некоторое целое число.

Заметим, что отображения f , задаваемые голоморфными функциями (при $\deg f > 0$) и антиголоморфными (при $\deg f < 0$), реализуют минимумы функционала энергии $E(f)$.

Также, там рассматриваются твисторные расслоения внутреннего симметрического пространства. От гармонических отображений переходят к голоморфным кривым. Существуют твисторные поднятия гармонических отображений в симметрические пространства. Важно, что гармонические не + голоморфные отображения в компактные эрмитовы симметрические пространства обязательно неустойчивы и такие отображения обладают достаточно большой энергией.

$$E(f) > 4\pi/c \{|\deg f| + 2\}, \quad (3a)$$

Здесь c – есть максимум из голоморфных секционных кривизн N . Заметим, что функции энергии связаны с гамильтоновым векторным полем.

2.6. Обратимся к разделу – глобальные аттракторы в нелинейных задачах математической физики [8, с. 144-156]. При изучении динамических систем, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных, стоит проблема – это проблема о разрешимости и единственности решений рассматриваемой эволюционной задачи. Глобальный аттрактор – это ограниченное замкнутое инвариантное множество, равномерно притягивающее все траектории, начинающиеся в ограниченных подмножествах фазового пространства. Существует траектория динамической системы и инерциальны многообразия (ИМ) с учётом диссипативности, т. е. в системе

возможно регулярное разделение быстрых и медленных движений и соответствующие решения. Например – итерационный процесс, основанием которого служит некоторое утверждение с оценочной информацией, в которую входят расстояния в пространстве между множествами, некоторые операторы и параметры. Если имеем бесконечный набор многообразий также существует аналогичная оценка.

2.7. Симметризация в теории функций комплексного переменного [9, с. 4-60], область математики, где впрямую можно наблюдать оценочную информацию с участием симметрических и диссимметрических объектов. Вкратце, это выглядит следующим образом: имеем произвольную конечную фиксированную точку z_0 , фиксированные лучи, выходящие из точек z под равными углами, на плоскости вводят симметричную структуру P_K , как совокупность замкнутых углов, удовлетворяющие определённым условиям. А, вот совокупность поворотов v_K^N вида $v_K(z) = z_0 + (z - z_0) \exp(if_K)$, где $K; N = 1, 2, 3, \dots; f$ – действительное число; i – некоторый параметр с определёнными условиями, называют диссимметризацией симметричной структуры P_K . При этом вводят обозначение $\text{Dis}A$ и говорят, что произвольное множество A переходит в множество $\text{Dis}A$ при диссимметризации v_K^N .

Заметим, если E есть множество, отвечающее некоторым условиям, то существуют симметричная структура и диссимметризация, причём для любого конденсатора C (т. е. упорядоченная пара непересекающихся непустых замкнутых множеств E_0 и E_1), симметричного относительно некоторой группы Φ , справедливо неравенство:

$$\text{cap}C > \text{capDis}C, \quad (4)$$

Более того для бесконечного множества E имеем:

$$d(E) > d(\text{Dis}E), \quad (4a)$$

Здесь $\text{cap}C$ и $\text{cap} \text{Dis}C$ – соответственно ёмкости симметричного и диссимметричного конденсатора. Также, важна следующая оценка:

$$M(B, \{zk\}k, \{fkm\}) < M(\text{Dis}B, \{zk\}m, \{fk\}m), \quad (5)$$

Здесь M – есть модуль множества B ; k, m, f – некоторые положительные числа; $k = 1$; z_0, z_k – точки из множества B . Причём знак равенства достигается тогда и только тогда, когда область B и $\text{Dis}B$ совпадают с точностью до поворота вокруг точки z_0 .

2.8. В асимптотической теории обыкновенных дифференциальных уравнений существуют системы с выделенными «быстрыми» и

«медленными» компонентами [10, с. 3-16]. При этом строятся модели динамических объектов, в которых учитывается влияние неконтролируемых случайных факторов, воздействующих на материальный объект, и также присутствует фактор симметризации (некоторые корни симметричной матрицы).

Напомним, что найдётся матричный процесс A_t , такой, что, для любого t с вероятностью единица имеем:

$$|A_{et} - A_t| < v(t/e) + b(e), \quad (6)$$

Где A_t^e – есть процесс для каждого $e > 0$; $v(\cdot)$ и $b(\cdot)$ – детерминированные неотрицательные функции. Всё это относится к асимптотическим свойствам решений матричных дифференциальных уравнений.

2.9. Напомним из [11, с. 71-125], что задача погружения в теории Галуа связывается с точной последовательностью групп:

$$1 \rightarrow N \rightarrow G \rightarrow F \rightarrow 1, \quad (7)$$

Здесь, N – ядро отображения f называют ядром задачи погружения; G, F – группы Галуа.

Такую задачу погружения обозначают:

$$(K/k, G, f) \text{ или } (K/k, G, f, N), \quad (8)$$

Здесь, задано нормальное расширение K поля k (с образующей g над k).

Существует понятие сопутствующей задачи, т. е. связанной с данной задачей погружения, разрешимость которой необходима для разрешимости исходной задачи, а также прямое умножение задач погружения. Заметим, что существует сплетение, которое есть полупрямое произведение группы функций f и группы, изоморфной группе F (любое полупрямое расширение абелевой группы посредством F и есть гомоморфный образ сплетения посредством F). Существует и обобщённое сплетение (подобно тому, как прямое произведение с отождествлённой факторгруппой обобщает прямое произведение).

Рассмотрим задачу погружения для локальных полей, как аналогии (7) и (8).

$$(K/k, G, f, V), \quad (9)$$

Здесь V – конечная так называемая p -группа.

Рассмотрение этой задачи зависит от того, совпадает ли число образующих групп Галуа заданного расширения и искомого расширения. В случае совпадения – такая задача погружения разрешима тогда и только тогда, когда разрешима сопутствующая абелева задача, т. е. для такой задачи выполнено так называемое условие согласности (с определёнными требованиями). При этом задействуются некоторые

вспомогательные теоретико-групповые факты, касающиеся p -групп с соответствующими пересечениями подгрупп.

Задача (9) неразрешима тогда, когда её разрешимость эквивалентна тривиальности символа Гильберта $(h, a_1 a_2 \dots a_n)$. Вкратце, это когда по условию $h = a_1$, и поэтому $(h, a_i) = 1$ для i не равно двум, а (h, a_2) не равно единице. Поэтому задача (9) неразрешима. Здесь a_1, \dots, a_n – образующие группы. Всё потому, что символ Гильберта задаёт на пространстве невырожденную антисимметрическую билинейную форму.

2.10. Рассмотрим теорию пересечений, входящую к У. Фултону [12, с. 347-483]. Важное место здесь занимает теорема Гротендика – Римана – Роха (ГРР), утверждающая, что для собственного морфизма $f: X \rightarrow Y$ не особых многообразий имеет место равенство:

$$\text{ch}(fa) \text{td}(TY) = f(\text{ch}(a) \text{td}(TX)), \quad (10)$$

Здесь, a – элемент группы Гротендика векторных расслоений или когерентных пучков над X ; T_Y и T_X – относительно касательные расслоения; $\text{ch}(\cdot)$ и $\text{td}(\cdot)$ – известные классы Чженя и Тодда (связанные с известными числами Бернулли). В поисках инвариантов алгебраических многообразий развитие теории пересечений стимулировало известное неравенство Римана:

$$\dim H^0(X, \mathcal{O}_X(D)) > \deg(D) + 1 - g, \quad (11)$$

Для дивизора D на неособой проективной кривой рода g и интерпретации Рохом остаточного члена как размерности пространства $H^0(X, \mathcal{O}_X(K - D))$. Здесь \mathcal{O}_X – сечение пучка некоторых элементов; K – дивизор.

2.11. В работе [13, с. 288-293] изучается поведение при большом времени решений нелинейных эволюционных задач с описанием области притяжения стационарного решения (описать границу области притяжения – достаточно важная и сложная задача). Показано, что существуют неустойчивые стационарные решения, также существуют строго монотонные решения, соединяющие устойчивые и неустойчивые стационарные решения параболических систем (с наличием диссипативности). Показано, что если нелинейные слагаемые параболической системы аналитически зависят от функций и их производных, то для задачи может реализоваться только одна из некоторых сформулированных альтернатив.

2.12. Из [14, с. 380-387] пространство гармонических форм степени k на компактном

римановом многообразии каноническим образом изоморфно пространству k -мерных вещественнозначных когомологий этого многообразия. В тех случаях, когда редуцированные когомологии не совпадают с нередуцированными, применение аддиционных методов для вычисления редуцированных когомологий встречает трудности, вызванные тем обстоятельством, что когомологические последовательности редуцированных когомологий, вообще говоря, не точны. Существует некоторый способ преодолеть эти трудности. Он основан на изучении соотношений между мерами неточности различных когомологических последовательностей, связанных с римановыми многообразиями с анализом как многообразий, именно квазиизометричных вне некоторого компакта искривлённому цилиндру (вкратце, это когда многообразие как гладкое совпадает с цилиндром, а риманова метрика задаётся некоторой формулой, есть гладкая строго положительная функция).

3. Анализ с предварительными выводами

3.1. Вначале, прежде чем приступить непосредственно к анализу в рамках вышесказанного в п. 1 и в п. 2, сформулируем и докажем некоторые теоремы необходимые, скажем так, для усиления позиций по поиску эффективных подходов решения заявленной ранее проблемы.

Обратимся к ОФЭ из п. 2.1. по части упомянутых там «эффектов» *дуализации*. Дадим подтверждающий анализ именно с использованием чисто математического «инструментария», уходящего достаточно глубоко в события, предшествующие Большому Взрыву, в контексте почему она появилась с возможностью нарушения симметрии.

Начнём с так называемого потенциала «готовности». Это, есть потенциал «наполнения дуализацией» или «2-ух канальности», который согласуется с 2-ух фазовыми подпространствами в рамках ОФЭ, – в [15, с. 45-55] их объединение называют дуальным SD – пространством в контексте нелинейности и принципа дуализма симметрии. Обратимся к факту – знаменитому (можно сказать легендарному) парадоксальному астрономическому «эффекту» профессора Н. А. Козырева? Как, довольно известно, результаты подобные козыревским были получены группой учёных под

руководством академика М. М. Лаврентьева из СО РАН [16, с. 325-355] и киевскими учёными [17]. А общее, это очевидно – «генетически резервированная» информация, которая следует из диаграммы S , рассмотренной ниже («сигнал» не надо ждать – он уже «рядом», в смысле «здесь») с позиции большое и малое в нашем Мироздании повторяют друг друга. Короче из рассмотренных ниже теорем имеем всеобъемлющую как бы физико-математическую аналогию по части дуализма в контексте дуального SD – пространства.

Здесь напомним, что вышеупомянутыми учёными, физически были зарегистрированы в экспериментах в 3 состояниях наблюдения (в момент наблюдения, в прошлом и в будущем) за звездой. Эти три состояния, как известно связаны со следующим условием V (состоящих из 3 случаев), а именно:

1. $dt = 0$; 2. $V = c$; 3. $V = -c$. – (условие V).

Где t – время, V – скорость равная скорости света c . Это условие V выполняется, когда $ds = 0$ (s – перемещение или расстояние). Сразу оговоримся, что здесь нет, скажем так, попытки подвергнуть известную причинную механику профессора Н. А. Козырева ревизии, сомнению и т. п. Наоборот, здесь приводится некий «параллельный» анализ, который призывает научное сообщество обеспечить его корреляцию с трудами Н. А. Козырева и самое главное – поставить новые вопросы (для поиска истины, поскольку к трудам Н. А. Козырева официальная наука относится весьма сдержанно). Ведь работы полемика характера журналы не печатают. Всё это, в контексте того, что учёные получали «зарезервированную информацию».

Допустим, если информация о состоянии звезды (объекта) приходит по каналу 3, а воздействие на объект идёт по каналу 1, то это будет означать действительное воздействие на будущее. Но это ведь приведёт к особому (скажем так) типу нарушения классического детерминизма. В следующей теоремах докажем, что подобного нарушения никогда не будет, более того дуализм и нарушение симметрии заложено в субстанции до Большого Взрыва.

Теорема А: Дуализм и нарушение симметрии в рамках ОФЭ, заложено в субстанции до Большого Взрыва, с резервированием информации, при этом нарушение классического детерминизма, в аспекте именно возможности воздействия на будущее – никогда не будет

наблюдаться, т. е. это в принципе невозможно.

Доказательство

Здесь снова воспользуемся приёмами подобия (кстати которым пользовался, например А. Н. Колмогоров при описании свойства развитой турбулентности). Из [18, с. 119-155] имеем, при рассмотрении частного случая спектров для К-теории, в части исследования некоторого индуцированного отображения этих спектров: $K^*(K(2n, \dots)) \rightarrow K^*(K)$, следующую коммутативную диаграмму при $m < n$ ($n = 1, 2, 3, \dots$):

$$K^*(K(2m+2, \dots)) \rightarrow K^*(K(2m, \dots)) \rightarrow K^*(EM(Z, 2m))$$

$$|| (1a)$$

$$V \setminus V (2a) (S).$$

$$K^*(K) \rightarrow K^*(EM(Q, 2m)) \leftrightarrow p^*(K) \wedge Q - C$$

Здесь, входящие в эту диаграмму компоненты – разновидности спектров, в т. ч. спектры Эйленберга-Маклейна (там, где есть EM), \wedge – знак умножения, Z и Q – соответственно целые и вещественные числа. Важно отметить, что в этом анализе присутствует некоторый элемент x , образ которого в $K^*(K)$ не равен нулю, при этом другой элемент l в $K^*(K)$ равен нулю – $l = 0$ (более подробно – см. [18, с. 119-155]). А вот при отображении в спектр C (это – $p^*(K) \wedge Q$) элемент x переходит в ноль. Из этой диаграммы S видно, что её нижняя часть несёт в себе больше информативности чем верхняя, в смысле нижняя часть диаграммы S более «скоростная».

Заметим, что спектр C с взаимно однозначным соответствием с самым информативным спектром нижней части диаграммы S говорит о том, что в нашем контексте, это есть сформированная зарезервированная информация будущего (или ЗИ). В общем, эта нижняя строка и есть прообраз аттрактора будущего. Эту диаграмму возможно сопоставить с состоянием кроссовера, т. е. с субстанцией перед Большим Взрывом (см. далее Теорему Б).

Далее, сравним вышеупомянутое условие V с диаграммой S на предмет воздействия на будущее. Канал 3 условия V, очевидно можно сопоставить с каналом (2a) – см. диаграмму S.

При этом воздействие на объект идёт по каналу 1 (см. выше), которое можно сопоставить с каналом (1a) – см. диаграмму S. В общем получается со одной стороны такая возможность есть – воздействие на будущее. Но это в принципе невозможно. Продолжим сопоставления:

$l = 0$ (диаграмма S) сопоставимо с $dt = 0$ условия V. А вот при сопоставлении элемента x диаграммы S с $ds = 0$ условия V, обнаруживается, что в этом условии все его пункты (1, 2 и 3) требуют выполнение $ds = 0$. Но в диаграмме S имеем, что элемент x переходит в ноль только в спектре C. В остальных спектрах элемент x не равен нулю, т. е. имеем конкретное *противоречие* (которое ещё более усилится в следующей теореме). Это говорит однозначно в пользу *диссимметризации*, т. е. потенциально в будущем – наличия «эффекта» нарушения симметрии. Стоит заметить, что эти спектры диаграммы S сопоставимы с некоторыми структурами диаграммы ОНДС. В итоге имеем, что нарушение классического детерминизма невозможно. Также, здесь очевидно – в диаграмме S, верхняя и нижняя строка и определяет этот всеобъемлющий дуализм. Что и требовалось доказать.

Вопрос: зададимся следующим вопросом – почему передача сигналов во Вселенной происходит именно таким образом (как в вышеупомянутых экспериментах), а никак не другим и почему в этой теореме прослеживается вышеуказанное противоречие?

Постараемся ответить на этот вопрос задействуя КЦК Р. Пенроуза [5, с. 257-283].

Теорема Б: переход элемента x в ноль только в спектре C (см. Теорему А) – «заложен» в области кроссовера согласно КЦК Р. Пенроуза.

Доказательство

Вначале ещё раз напомним из [5, с. 257-283], что кроссовер, это область перехода между зонами, т. е. истории очередной Вселенной, полученными при конформном перемасштабировании от Больших Взрывов.

При рассмотрении в КЦК уравнения для области кроссовера X, с позиции исключения неинформативных степеней свободы (проще говоря в системе могут возникнуть «ложные», т. е. неинформативные степени свободы, оказывающие нежелательное воздействие на неконформно инвариантную гравитационную динамику развития в области) требуется наложения двух условий на каждую точку пространства, или кроссовера X.

В конечном итоге имеем 1-е условие (с нулём): $NaNb\Phi ab = 0(w)$.

Здесь Na, Nb – векторы к поверхности в X, Φab – спинорная величина (восходящая к уравнению Эйнштейна), w – параметр связанный с величиной Π – фантомным полем. Напомним,

что роль этого поля состоит в отслеживании, позволяющем переходить от текущей физической метрики к реальной, в смысле находить масштаб, переводящий гладко изменяющуюся метрику gab обратно в физическую.

В реалиях требуют, чтобы левая половина этого условия стремилась к нулю на X по второму порядку малости, т. е. имеем 2-е условие: $NaNb\Phi ab = O(w^2)$.

Вот это 2-е условие представляет собой более удобный вариант в контексте введения 2-ух условий на каждой точке X , обеспечивающих определение фиксированного Π и, следовательно, нужной метрики (более подробно в [5, с. 257-283]). Рассмотрение стремление к нулю по 3-ему порядку малости здесь опустим (это не столь важно). Из *теоремы А* (где тоже рассматриваются условия) имеем, что элемент x переходит в ноль *только* в спектре C , здесь же тоже имеем аналогичное стремление к нулю (для обоих условий), т. е. механизм мгновенной передачи сигнала (наблюдаемый в экспериментах) заложен именно в кроссовере, поверхность которого может продолжена как в прошлое, так и в будущее эонов. Что и требовалось доказать.

В итоге имеем, что решение многих актуальных проблем современности по части физических процессов, происходящих в нашем Мироздании, лежит в «плоскости» именно теорий ОФЭ (ОНДС). Заметим, что во Введении (п. 1) упоминалась информация о том, что, мюонные пары могут родиться во многих регистрационных событиях (на БАКе), но весьма проблематично найти нужную регистрацию. Этому может быть только одно объяснение: наличие вышеупомянутой ЗИ («зарезервированной информации»), причём аналогичными эксперименты профессора Н. А. Козырева и его последователей - «звенья одной цепи». Гравитация является «носителем» «зарезервированной» информации (см. далее в Приложении). Здесь стоит сформулировать следующий:

Вывод (предварительный) № 1

«Резервирование информации» происходит параллельно настоящему в аспекте «живо» формирующемуся аттрактору будущего, который впоследствии и разрушает более «слабый» аттрактор настоящего. Причём всё это «заложено» необходимой дуализацией (прообразы её – см. в ОФЭ) в субстанции (кроссовере), предшествующей Большому Взрыву, при этом

нарушения классического детерминизма в принципе невозможно. Всё это находится в корректной позиции по отношению к вышеуказанным экспериментам профессора Н. А. Козырева и его последователей.

3.2. Разберёмся с самим механизмом нарушения симметрии, в смысле как он действует и что этому способствует? Вначале найдём нечто общее среди приведённых здесь областей математических знаний. Обратимся к п. 2.2. – бикватернионному представлению атомов. Имеем так называемы биения и в то же время имеем детерминистскую модель с известными уравнениями: проще говоря имеем некий прообраз «хаоса» и «порядка», т. е. всё это в рамках единства и борьбы противоположностей. Заметим, что в п. 2.4., при рассмотрении объектов из алгебраической комбинаторики имеем *аналогичный «эффект»*, в смысле оценочные условия абсолютной границы (2), а также уравнения – (1) и для R_k соответственно. Что, касается твисторного анализа гармонических отображений, имеем энергетические оценки, это (3) и (3а), а также голоморфные кривые и твисторные поднятия, т. е. «хаос» и «порядок» соответственно. *Сразу оговоримся, что подобных сопоставлений во всех областях математических знаний, упомянутых здесь, можно найти достаточно много.* Продолжим сопоставления. В п. 2.6., касающихся глобальных аттракторов в нелинейных задачах математической физики, имеем соответственно оценочную информацию и траекторию динамической системы. В п. 2.7. по части симметризации / диссимметризации в теории функции комплексного переменного, также имеем оценочные характеристики (4), (4а), (5) и условия, при котором достигается равенство в оценке (5) соответственно. По п. 2.8. асимптотической теории дифференциальных уравнений, имеем оценочную характеристику (6) и сами модели с дифференциальными уравнениями. По п. 2.10., касающегося теории пересечений, имеем соответственно оценку (11) и уравнение (10) соответственно. В принципе п. 2.12. тоже подходит под эту схему. Очевидно, что вышеуказанные сопоставления отвечают соответствию принципа максимума энтропии принципу наименьшего действия, или $P_A \sim P_E$. Кстати, аналогичные оценочные суждения можно найти в университетском курсе теоретической механики [19, с. 225-228]. Напомним вкратце, это, известный принцип Гаусса –

принцип наименьшего принуждения с двумя фундаментальными неравенствами, при этом из этого принципа выводятся уравнения Аппеля.

3.3. Далее, из п. 2.4. имеем нарушение самодвойственности на множестве из алгебраической комбинаторике, при этом если сопоставить это с симметризацией функций комплексного переменного (п. 2.7.), в смысле «подключить» (или «наделить» свойствами) назовём их проэнергетические составляющие (ёмкости конденсатора) к этому нарушению, то можно получить ответ, что касается механизма действия нарушения. Ведь, в оценках (4), (4а) (5) присутствует одновременно в системе, т. е. на постоянной основе как симметрия, так и диссимметрия. Более того, эта самодвойственность, так и совокупность поворотов v_K^N из п. 2.7. тоже существует на постоянной основе в системе. При этом, из п. 2.9. (погружение в теории Галуа) имеем символ Гильберта с невырожденной антисимметрической билинейной формой. А, что же здесь является «регулятором», в смысле, что «выдаёт» система в контексте эволюционирования и почему она это «выдаёт»? Оценка (5) отвечает на этот вопрос. Это – проэнергетические составляющие с их прообразом из ОФЭ, т. е. преобразованием энергии в динамическом аспекте с наличием градиента внешних сил (согласно ОФЭ). В результате равенства правой и левой части оценки (5) и «формируется» рациональное, эволюционное, т. е. траектория, кривая, дифференциальное уравнение (см. п. 3.2.). Система, как бы ищет выход, в рамках $P_A \sim P_E$ и соблюдения закона сохранения энергии. При этом, потом система качественно меняется в адаптационном контексте на бесконечность – см. оценку (4а), в смысле постоянно выдавать эволюционное, т. е. при «подключении» погружений в теории Галуа с условиями согласности (см. п. 2.9.). Заметим, эти оценки («проэнергетического толка»): (4), (4а), (5), как и другие, совместно с наличием постоянно симметрии и диссимметрии, показывают, что существует известный дисбаланс между веществом и антивеществом, а также наличие источников будущих Больших Взрывов, т. е. «чёрных дыр». Заметим, что в теории пересечений из п. 2.10. с выражением (10) теоремы ГРР видно, что при сопоставлении в рамках $P_A \sim P_E$ именно «просачивание» (термин Я. Б. Зельдовича) эволюционного процесса (с диссимметризацией) идёт далеко не

просто. См. также п. 2.11. В п. 2.3., что касается КЦК Р. Пенроуза процесс в кроссовере перед «просачиванием» очередного Большого Взрыва подтверждает это, в смысле там накладывается много условий, чтобы обеспечить какую-то динамику. Также, существует способ преодоления трудностей при сопоставлении с редуцированными / нередуцированными когомологиями из п. 2.12., с которыми прослеживается некая аналогия с бикватернионными представлениями из п. 2.2., в смысле «биениями», но всё равно в обоих случаях имеем рациональное, т. е. этот способ преодоления трудностей и уравнения Максвелла, Дирака соответственно. Короче имеем езде
 $P_A \sim P_E$ (баланс в контексте сдержек и противовесов). Стоит заметить, что в вышеуказанном анализе нет никаких противоречий с известной Стандартной моделью.

Вывод (предварительный) № 2 Симметрия и диссимметрия постоянно присутствуют в физической картине мира, причём в качестве «регулятора» выступает $P_A \sim P_E$ с законом сохранения энергии в рамках принципа единства и борьбы противоположностей и перехода количества в качества с формированием эволюционного «трека» в аспекте «просачиваемости» (т. е. с трудностями) на бесконечность. Зарождение этой симметрии/диссимметрии было предопределено ещё в субстанции (в кроссовере) до Большого Взрыва именно в оценочном аспекте «проэнергетического толка» (с последующем наличием градиента внешних сил согласно ОФЭ), что и послужило наличия дисбаланса между веществом и антивеществом и существование «чёрных дыр».

Приложение

В продолжение статьи [20, с. 206-213], касающейся природы нашего сознания во взаимосвязи с теориями Гамильтона и Ходжа, стоит отметить, что, энергетические критерии играют важную роль в процессе многих исследований. В аспекте «резервирования информации» астрономический «эффekt» Н. А. Козырева, очевидно «вписывается» в довольно известную теорию АДД – гравитация возможно не слабее других взаимодействий, просто она «утекает» в другие измерения и является скажем так «держателем» этой «зарезервированной информации». Здесь, стоит отметить, что квантовые флуктуации, конечно, в этом контексте, связаны с колебаниями пространства времени (с дополнительными измерениями) –

10/11 (то 10, то 11 измерений из М-теории). Теория струн как известно связана с гравитацией. Важно отметить, что при этих колебаниях ведь необходимо перенести пространство – время – гравитацию из одного состояния в другое, потом снова и т. д. Конечно, здесь будем иметь явления «инерции» – проще говоря что-то не будет успевать. Тогда очевидно, что теория струн с её фундаментальными строительными блоками – предвестниками материи, которые есть одномерные нити, образовались в результате этих «инерционных» процессов в физической картине нашего Мироздания. Также, в продолжение статьи [20, с. 206-213], наш мозг (мыслительный процесс) есть «продукт» этого Мироздания, тонко улавливающий все эти колебания (на квантовой основе). Имеем абстрактную квантовую проекцию – мыслительный процесс. Если имеем «сбой» на «внутреннем треке» (в мозге, центральной нервной системе, которые всё контролируют в нашем организме) от «внешнего трека» (пространства/времени/гравитации), то в организме и запускается онкологический процесс. Необходимо поддержать те исследования из [20, с. 206-213] по переносу нашего сознания в искусственно созданную субстанцию, или от человека к человеку (ведь тело – ничто, сознание – всё).

Что касается гипотезы Ходжа (задачи тысячелетия), как довольно известно есть случаи построения положительного её решения (т. е. в контексте действия «регулятора»). Среди множества классов когомологий важно отметить гармонические функции, имеющие к ним отношение для исследования форм поверхности (практический аспект, понятно, что с использованием рациональных коэффициентов). В смысле топологические инварианты с уравнениями Лапласа здесь будут играть важную роль. Ведь любое решение уравнения Лапласа есть гармоническая функция. Гравитационный потенциал удовлетворяет уравнению Лапласа. В вакууме среднее значение потенциала по очень маленькой сфере равно его значению в центре сферы. В общем здесь имеем некоторое «соглашение». Перенесём всё это на твисторные пространства с гармоническими отображениями, где при рассмотрении гармонических отображений и пространства петель имеем аналогичную функцию энергии H [7, с. 60-92]. При этом имеем известную оценку из

теоремы Удагавы $E(f) > 4\pi / c \{|\deg f| + 2\}$. Здесь $E(f)$ – энергия отображения, π – число пи, c – есть максимум из голоморфных секционных кривизн N . Данная оценка является точной, если $\deg f = 0$ и N не совпадает с CP^n (римановой сферой), в смысле *при этих условиях* это и есть положительное решение гипотезы Ходжа, т. е. когомологическое «наполнение» «эквивалентно» алгебраическому циклу («потенциалу»). В остальных случаях (не с рациональными коэффициентами) имеем отрицательное решение гипотезы Ходжа. В «свете» энергетических критериев надо искать решение этой гипотезы. Очевидно, что из-за *этих условий* исследование поверхности в аспекте положительного решения гипотезы Ходжа будет приближительным, т. е. эту самую поверхность будем «подгонять» под них. Здесь не последнюю роль играет и вышеупомянутое «соглашение».

Заключение

Конечно, *выводы № 1 и № 2* (см. выше) и Приложение – являются далеко не полными и здесь делается всего лишь попытка в поисках эффективных подходов проблемы глубины природы нарушения симметрии. А ведь в физической картине мира есть и другие не менее важные проблемы, например ожидания от очередных испытаний на БАКе каких-то обнадёживающих результатов, касающихся проблемы гравитации (открытие бозона Хиггса поставило ряд других проблем). Но, очевидно, что наше Мироздание имеет материалистическую основу, т. е. только она могла «просочиться» (альтернатива этому может быть только идеалистическая). Понятно, что материя первична, сознание вторично. Наше сознание выступает в качестве высочайшего эволюционного «трека» («живая ОНДС» – от нарушения симметрии) физической картины мира и призванного именно осознать и понять её, т. е. мы имеем некую обратную связь с Мирозданием. Что касается гравитации, то здесь дальнейшие исследования (после открытия бозона Хиггса и гравитационных волн) стоит производить именно в «плоскости» $P_A \sim P_E$, с «наложением» на это известной теории канонических возмущений с диффузией Арнольда, где резонансы рассматриваются ни как «препятствие», а как «подспорье» и всё это во взаимосвязи с топологией (тема для другой статьи).

Литература

1. Сомсиков В.М. Основы Физики Эволюции, Монография, Алматы, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, 2021, С. 13-240.
2. Сомсиков В.М. Принцип максимума энтропии и принцип наименьшего действия // Проблемы эволюции открытых систем, 2019. Т. 1 (янв.-июн.), С. 60-72.
3. Алексеева Л.А. Бикватернионное представление атомов. Простая гамма. // Математический журнал (Казахстан). 2018. Т. 18, № 1, С. 11-24.
4. Алексеева Л.А. Бикватернионные обобщения уравнений Максвелла и Дирака и свойства их решений. // Проблемы эволюции открытых систем, 2022, Т. 3-4, С. 91-101.
5. Пенроуз Р. Циклы времени. Новый взгляд на эволюцию Вселенной, перев. с англ. к. ф.м. н. А.В. Хачояна, М., БИНОМ, 2014, С. 257-283.
6. Банаи Э., Ито Т. Алгебраическая комбинаторика. Схема отношений. Перев. с англ. А.А. Иванова и И.А. Фараджева, М., Мир., 1987, С. 84-351.
7. Давидов Й., Сергеев А.Г. Твисторные пространства и гармонические отображения // Успехи математических наук, 1993, Т. 48, вып. 3 (291), С. 60-92.
8. Чуешов И.Д. Глобальные аттракторы в нелинейных задачах // Успехи математических наук, 1993, Т. 48, вып. 3(291), С. 144-156.
9. Дубинин В.Н. Симметризация в теории функций комплексного переменного // Успехи математических наук, 1994, Т. 49, вып. 1(295), С. 4-60.
10. Пергаменщиков С.М. Модель с выделенными переменными // Успехи математических наук, 1994, Т. 49, вып. 4(298), С. 3-16.
11. Ишханов В.В., Лурье Б.Б., Фаддеев Д.К. Задача погружения в теории Галуа, М., Наука, 1990, С. 71-125.
12. Фултон У. Теория пересечений, 1989, М. Мир, перев.с англ. В.И. Данилова, С. 347-483.
13. Вишневский М.П. О монотонности решений смешанных задач для слабо связанных кооперативных параболических систем // Сибирский математический журнал, 1994, Т. 35, № 2 (204), С. 288-293.
14. Кузьминов В.И., Шведов И.А. Аддиционные формулы для редуцированных когомологий // Сибирский математический журнал, 1994, Т. 35, № 2 (204), С. 380-387.
15. Сомсиков В.М. Детерминированная необратимость в природе хаоса и порядка // Проблемы эволюции открытых систем, 2019, вып. 25, Т. 1 (янв.-июн.), С. 45-55.
16. Лаврентьев М.М. и др. О дистанционном воздействии звёзд на резистор, // ДАН РАН СССР, 1990, Т. 334, № 2, С. 325-355.
17. Акимов А.В. и др. Предварительные результаты астрономических наблюдений неба по методике Н.А. Козырева // АН Украины, Главная астрономическая обсерватория, Препринт, ГАО – 92-5р., 1992, 16 с.
18. Адамс Дж. Бесконечнократные пространства петель, Перевод с англ. под ред. Д.Б. Фукса, М., Мир, 1982, С. 119-155.
19. Четаев Н.Г. Теоретическая механика, М., Наука, 1987, С. 225-228.
20. Проняев В.В. Математические модели природы нашего сознания во взаимосвязи с теориями Гамильтона и Ходжа // Вестник БГПУ им. М. Акмуллы, № 3(64), 2022, С. 206-213.

PRONYAEV Vadim Viktorovich
Patent Specialist, Tsvet LLC, Voronezh, Russia

MATHEMATICAL MODELS FROM THE PERSPECTIVE OF SYSTEM ANALYSIS FOR SOLVING DEEP PROBLEMS OF THE PHYSICAL PICTURE OF THE UNIVERSE

Abstract. *The purpose of the article is, precisely in the first approximation, in the aspect of a systemic approach, to "cling" to an understanding of the nature of symmetry breaking of the physical picture of the world (one of the main problems of physics of "everything"), the effect of its mechanism, its depth, in the sense of why symmetry breaking makes this world more complex and evolutionary. And no less important, could there have been a different physical picture of the world, i.e. why this one prevailed, is understandable with today's problems in particle physics, the study of symmetry violations on the Large Andron Collider (later the LHC), etc.? For this purpose, various fields of mathematical knowledge are "involved": from the interweaving (coupling) of groups from immersions in Galois theory to the CCC (Conformal Cyclic Cosmology) by R. Penrose. In conclusion, the conclusions are drawn: the "infiltration" of our physical picture of the world was predetermined, since this "infiltration" is based primarily on a materialistic basis, competition with the principle of unity and struggle of opposites, with a system of checks and balances (the correspondence of the principle of maximum entropy to the principle of least action in the context of the existence of "chaos" and order). At the same time, it is important that when the system produces something rational, in the sense of evolutionary, the elements of the system change qualitatively, in the sense that symmetry breaking is always "adjacent" to symmetry in the aspect of "reserving" information, i.e., the symmetry breaking is "formed" in advance (in the "depth" of the system). The "regulator" here is the law of conservation of energy and the principle of correspondence of maximum entropy to the principle of least action, i.e. all known Provisions of theoretical mechanics apply here. The various areas of mathematical knowledge presented here confirm this, while there are no contradictions with the well-known Standard Model (which clearly has many questions and which should also evolve with further study of our Universe) and well-known experiments. Along the way, an attempt continues to "cling" to an understanding of the nature of our consciousness in the context of transferring it to an artificially created substance, or from person to person (after all, the body is nothing, and consciousness is everything) in the aspect of the well-known task of the millennium – the Hodge hypothesis.*

Keywords: *entanglement, entropy, attractor, energy, model, violation, symmetry, "infiltration".*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

KARPUKHIN Sergey Alexandrovich

Master's Student, Tambov State Technical University, Russia, Tambov

YAROSHEVSKY Stanislav Dmitrievich

Master's Student, Tambov State Technical University, Russia, Tambov

KOKUNOV Gleb Viktorovich

Master's Student, Tambov State Technical University, Russia, Tambov

FEATURES OF USING EFFICIENT HEAT EXCHANGERS

Abstract. *The article discusses the features of creating and using efficient heat exchange devices. It presents the design of pipes with a developed heat exchange surface. The article provides an algorithm for determining the degree of development of the heat exchanger surface, the heat transfer coefficient, and the calculation of the heat transfer equation. The creation of efficient heat exchangers involves three main parameters: the outer diameter of the pipes, the calculated flow rate, and the Prandtl number.*

Keywords: *heat exchanger, heat transfer coefficient, Nusselt criterion.*

Introduction

A heat exchanger will be easier to transfer heat if the heat transfer fluid with higher temperature and pressure values is directed inside the tubes. In the first case, this allows for the use of high-purity, high-alloy steels only for the tube grid, while the casing can be made from simpler materials. In the second case, it facilitates the cleaning of the tubes during the operation of the heat exchangers. Typically, the media that are subject to pressure loss limitations (which are usually gaseous media with lower pressures) are more conveniently placed outside the tubes. By adjusting the spacing of the tubes in the bundle and the number of passes in the intertube space, it is possible to maintain the desired pressure loss.

If one of the heat carriers evaporates or condenses, it is more convenient to direct it into the intertubular space, otherwise there is usually an uneven distribution of the heat carrier flow through the pipes and a decrease in the efficiency of the apparatus.

Despite the variety of heat exchangers used, it is possible to briefly formulate the main requirements for them in terms of thermal, hydrodynamic, structural, operational, and technological characteristics: maximum compactness, i.e., the

device has a low weight and dimensions for a given value of thermal capacity and capacity for pumping heat carriers.

The decision on which heat carrier should be sent inside the pipes and which outside depends on the pressure and temperature of the media, the convenience of the apparatus layout in the technological scheme in which it operates, the aggressiveness of the heat carrier and the heat exchange surface that it contaminates, and the allowable pressure loss in the heat carrier. Of all the existing types of recuperative apparatuses, the plate-and-fin apparatuses are the most compact, allowing up to 1,500 m² of heat exchange surface to be accommodated in 1 m³ of apparatus volume. The housings of such devices are usually rectangular, which prevents their use at high temperatures and pressures of heat carriers.

One of the types of tubular apparatuses are tubular-ribbed. They are used in cases where the heat transfer coefficient outside the pipes is many times less than the heat transfer coefficient inside the pipes. Increasing the heat exchange surface outside the pipes and additional flow turbulence by the ribs allow to significantly increase the heat removal from the surface of the heat exchange pipes.

There are several ways to improve the thermal and hydrodynamic characteristics of heating surfaces, one of which is to develop the inner and

outer surfaces of the pipes by radially indenting sections of the pipe wall to create depressions and protrusions of various profiles (fig. 1)

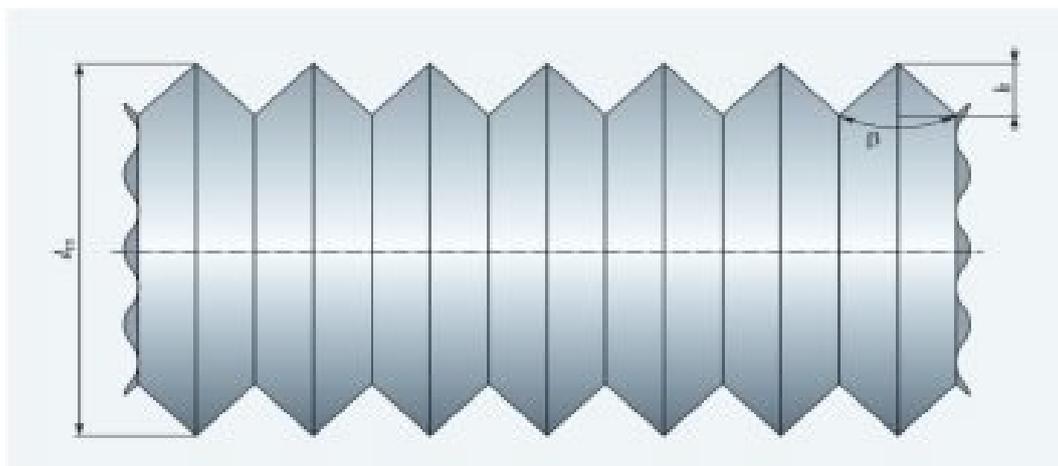


Fig. 1. Surface diagram of a heat exchanger with triangular annular depressions and protrusions [1, p. 47-52]

Increasing the surface area of the heat exchange apparatus allows for significant development of the surfaces that are exposed to heat carriers inside and outside, as well as for intensifying heat exchange by turbulizing the flows in the recesses and depressions.

If we approximate the surface profile as a sequence of triangular protrusions and depressions and neglect the thickness of the shell, a simple geometric analysis shows that the degree of development of the channel surface $\psi = F_{tr}/F_{gl}$ depends on the angle at the apex of the triangular protrusion β ($0 < \beta < \pi$) and its height h :

$$\psi = \frac{F_{треур}}{F_{гл}} = \frac{1}{\sin(\frac{\beta}{2})} \left(1 - \frac{h}{d_{вн}}\right), \quad (1)$$

where F_{tr} is the surface area of a pipe with triangular protrusions and depressions; F_{gl} is the surface area of a smooth pipe. The function $y = 1/\sin(\beta/2)$ is minimal (equal to 1) at $\beta = \pi$ and tends to infinity at $\beta \rightarrow 0$. By reducing the angle β , a significant increase in the heat exchange surface can be obtained. So, if we take the profile of the protrusion in the form of an isosceles triangle with a right angle at the vertex $\beta = \pi/2$, then the degree of surface development will be:

$$\psi = \sqrt{2} \left(1 - \frac{h}{d_{вн}}\right), \quad (2)$$

It follows that the maximum (ultimate) degree of surface development, equal to $\psi_{пред} = \sqrt{2}$, is achieved when $h \rightarrow 0$, when the number of

protrusions per unit length of the pipe tends to infinity. If an equilateral triangle ($\beta = \pi/3$) is taken as the basis, then formula (1) becomes:

$$\psi = 2 \left(1 - \frac{h}{d_{вн}}\right) \text{ и } \psi_{пред}, \quad (3)$$

It is possible to obtain a surface development degree of $\psi > 2$ by further reducing the angle β . In this case, the profile of the outer and inner surfaces corresponds to the profile of a cross-finned pipe, where the heat exchange conditions on the inner and outer surfaces are significantly deteriorated, indicating that it is not advisable to reduce the angle β indefinitely.

If we represent the surface profile as a sequence of semicircular protrusions and depressions (fig. 2) and neglect the thickness of the shell, we can show that the degree of surface development of the channel, ψ , depends only on the diameter of the semicircular protrusion:

$$\psi = \frac{F_{кр}}{F_{гл}} = \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{d}{d_{вн}}\right), \quad (4)$$

In case (4), the maximum degree of surface development, equal to $\psi_{пред} = \pi/2$, is achieved when $d \rightarrow 0$, when the number of protrusions per unit length of the pipe tends to infinity. Any significant ($\psi > 1.15$) two-sided surface development is advantageous, as it directly affects the increase in the transferred heat flux and ensures a corresponding reduction in the metal consumption of the heat exchanger.

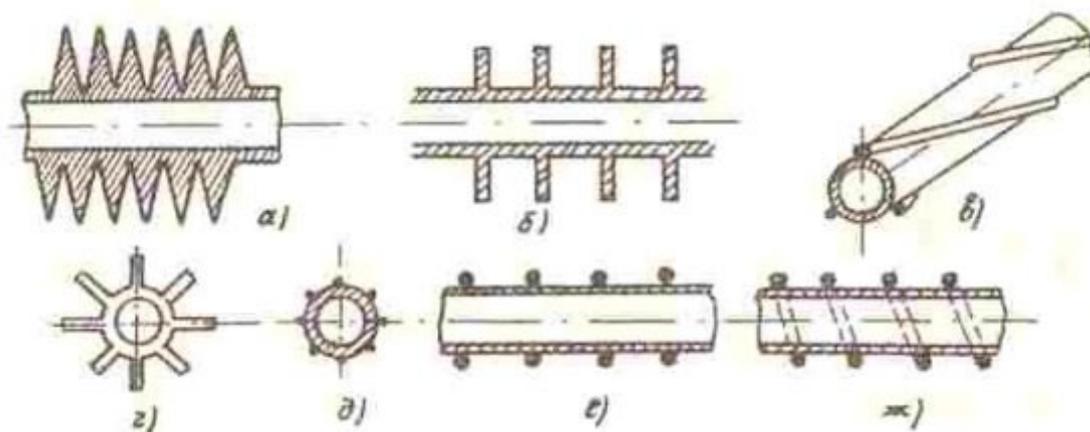


Fig. 2. Design of heat exchange tubes with a developed heat exchange surface [1, p. 47-52]:
 a – transverse helical fins; b – transverse annular fins; c – spiral fins; d – longitudinal fins;
 e – fins made of longitudinally welded wires; f, g – wire fins: annular or spiral

The presence of fins on the outer surface of the pipes increases the spacing of the pipes in the bundle and changes the assembly technology of tubular apparatuses.

The presence of finning on the outer surface of tubes requires increasing the tube spacing in the bundle and changes the assembly technology of tubular apparatuses.

Intensification of heat exchange in tubes allows reducing mineral deposits on the inner surface by approximately five times compared to smooth round tubes. In this regard, the class of spring-wound channels proposed by scientists is of practical interest, the coils of which are made of wire of various cross-sections and rigidly fastened by laser welding. Figure 3 shows a spring-wound channel made of round cross-section wire.

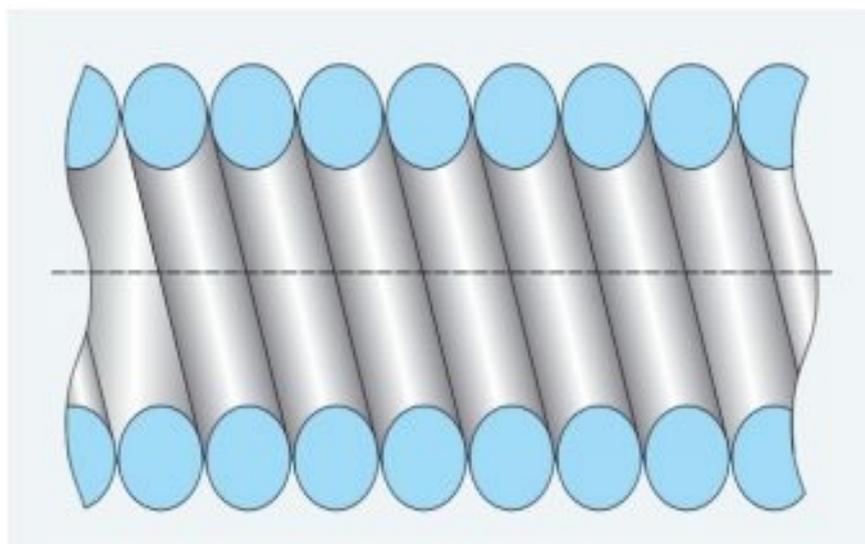


Fig. 3. Diagram of spring-wound channel [1, p. 47-52]

The degree of surface development ψ of spring-wound channels is determined by expressions (1) and (2). Unlike cylindrical channels, the configuration of spring-wound tubes ensures a reduction in metal consumption compared to a smooth channel by an average of 27%.

Indeed, the ratio of the mass of material required for manufacturing tubes of equal length equals the ratio of cross-sectional areas of these channels [1, p. 47-52].

Thus, for example, for a spring-wound channel made of round cross-section wire, the ratio is:

$$M_{gl}/M_{kr} = S_{gl}/S_{kr}, \quad (5)$$

Where M_{gl} is the mass of a smooth tube; M_{kr} is the mass of a spring-wound channel made of round cross-section; S is the cross-sectional area of the wall of a smooth tube S_{gl} and spring-wound channel S_{kr} , respectively. To intensify heat exchange through flow turbulization, it is proposed to install intensifiers 2 in the flow part of heat exchange

element 1, made in the form of spiral spring-wound elements rigidly fixed between the coils of a tight spring (fig. 3).

In connection with the development and use of nanotechnologies in the production process, there is a possibility of manufacturing such tubes from non-ferrous metals (aluminum, brass, copper).

For a heat exchange surface element dF , the heat transfer equation in differential form is written as:

$$dQ = K\Delta T dF, W, \quad (6)$$

Where K is the heat transfer coefficient, $W/(m^2 \cdot K)$; $\Delta T = T_H - T_C$ is the current temperature difference. The total heat flux through the heat exchange surface:

$$Q = \int K\Delta T dF, W, \quad (7)$$

To determine Q , it is necessary to know the distribution of K and ΔT over the heat exchange surface. For single-phase heat carriers, the heat transfer coefficient usually changes insignificantly and therefore is taken as constant over the entire heat exchange surface. Then:

$$Q = Kf \Delta T dF, W, \quad (8)$$

Where the average temperature difference over the heat exchange surface:

$$\Delta T_m = (1/F) \int \Delta T dF, \quad (9)$$

Equation (8) is the heat transfer equation. It allows determining the heat exchange surface F in design calculations.

If in a heat exchanger the heat transfer coefficient changes significantly in certain sections of the heat exchange surface (as, for example, in apparatuses with boiling or condensation of heat carrier on part of the surface), an average coefficient K over the surface is introduced [3].

For a flat wall, the heat transfer coefficient:

$$K = 1/(1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2), \quad (10)$$

Where α_1, α_2 are heat transfer coefficients, $W/(m^2 \cdot K)$; δ is wall thickness; λ is thermal conductivity coefficient of wall material, $W/(m \cdot K)$.

For a cylindrical wall, when relating heat flux to internal and external surfaces respectively:

$$K_1 = 1/(1/\alpha_1 + (d_1/2\lambda)\ln(d_2/d_1) + d_1/(\alpha_2 d_2)), \quad (11)$$

$$K_2 = 1/(d_2/(\alpha_1 d_1) + (d_2/2\lambda)\ln(d_2/d_1) + 1/\alpha_2), \quad (12)$$

Where α_1, α_2 are heat transfer coefficients inside and outside the tube, $W/(m^2 \cdot K)$; d_1 and d_2 are internal and external diameters.

If $d_2/d_1 \leq 1.8$, then the use of determination of K by the formula for a flat wall (10) is quite acceptable, i.e.:

$$Q = K \cdot \pi d_0 L \cdot \Delta T_m, W, \quad (13)$$

Where $d_0 = d_1$ when $\alpha_1 \gg \alpha_2$; $d_0 = d_2$ when $\alpha_2 \gg \alpha_1$; $d_0 = 0.5(d_1 + d_2)$ when $\alpha_1 \approx \alpha_2$; here L is tube length.

If we introduce a linear heat transfer coefficient for a cylindrical wall:

$$kL = 1/(1/(\pi d_1 \alpha_1) + \ln(d_2/d_1)/(2\pi\lambda) + 1/(\pi d_2 \alpha_2)), \quad (14)$$

Then:

$$Q = kL \cdot L \cdot \Delta T_m, W, \quad (15)$$

The calculated dependencies necessary for determining heat transfer coefficients are given in textbooks, monographs, and reference books, for example in [4].

Reference [4] provides recommendations for calculating heat transfer in tubes, annular and flat channels, and longitudinally washed tube bundles.

Heat exchangers also use cross-flow bundles of smooth tubes with staggered and in-line arrangements. Average heat transfer for multi-row bundles of smooth tubes ($Z > 10$) is determined by the formula [4]:

$$Nu = C \cdot Re^n \cdot (Pr_f/Pr_w)^{0.25}, \quad (16)$$

Where for in-line bundles at $Re = 10^3 \dots 2 \times 10^5$, the coefficients are $C = 0.56$ and $n = 0.5$; at $Re = 2 \times 10^5 \dots 2 \times 10^6$, $C = 0.2$ and $n = 0.65$ for $S_2/d \geq 2$, and $C = 0.2(S_2/d)^{0.2}$, $n = 0.65$ for $S_2/d < 2$; for $S_2/d \leq 1.5$, $C = 0.2$ is taken; for $S_2/d > 3$, $S_2/d = 3$ is taken. At $Re > 2 \times 10^6$, coefficients are $C = 0.02$, $n = 0.84$. For staggered bundles at $Re = 10^3 \dots 10^5$, $C = 0.64$, $n = 0.5$; at $Re = 10^5 \dots 2 \times 10^6$, coefficients are $C = 0.23 + 0.06/(S_1/d - 1)$, $n = 0.6$; at $Re > 2 \times 10^5$, coefficients are $C = 0.023$, $n = 0.84$.

Thus, the outer tube diameter DH is taken as the defining dimension, the average velocity in the narrow cross-section of the bundle as the design flow velocity, the average flow temperature as the defining temperature, and the Prandtl number Pr_w is determined by the average wall temperature. For gases, $Pr_f/Pr_w = 1$.

References

1. Khalismatov I.Kh., Agzamov Sh.K., Naubeev T.Kh., Sapashov I.Ya., Abdikamalov D.Kh. Efficiency of air cooling use // International Scientific and Practical Conference "WORLD SCIENCE". No. 3(7). Vol 1, March 2016. P. 47-52.
2. Pismenny E.N., Baranyuk M.M., Voznyuk M.M. Equally developed heat exchange surfaces and methodology for numerical calculation of their thermal-hydraulic characteristics // Industrial Heat Engineering, 2012. No. 1. P. 13-18.
3. Dzyubenko B.V. Effect of flow swirl on heat and mass transfer under conditions of salt deposits in twisted tubes // Proceedings of the IV Russian National Conference on Heat Transfer: Vol. 6. Dispersed flows and porous media. Heat

transfer intensification. – М.: MEI Publishing, 2006. – 312 p.

4. Kalinin E.K., Dreitser G.A., Yarkho S.A. Heat transfer intensification in channels. – М.: Mashinostroenie, 1981. – 205 p.

5. Advances in Heat Transfer. Vol. 2 Heat Transfer Intensification / ed. by E.K. Kalinin // Vilnius, "Mokslas", 1988. – 187 p.

КАРПУХИН Сергей Александрович

магистрант, Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

ЯРОШЕВСКИЙ Станислав Дмитриевич

магистрант, Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

КОКУНОВ Глеб Викторович

магистрант, Тамбовский государственный технический университет, Россия, г. Тамбов

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ**

***Аннотация.** В статье рассматриваются особенности создания и использования эффективных теплообменных устройств. Представлена конструкция труб с развитой поверхностью теплообмена. В статье приводится алгоритм определения степени развития поверхности теплообменника, коэффициента теплопередачи и расчета уравнения теплопередачи. Для создания эффективных теплообменников необходимы три основных параметра: внешний диаметр труб, расчетный расход и число Прандтля.*

***Ключевые слова:** теплообменник, коэффициент теплопередачи, критерий Нуссельта.*

ГАЙНУЛОВА Джамиля Владимировна

независимый исследователь,

Россия, г. Самара

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ И МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье рассмотрено влияние выбора конструкционных и мембранных материалов на энергоэффективность локальных очистных систем сточных вод. Проанализированы особенности применения традиционных и современных материалов в корпусах сооружений, мембранных модулях и вспомогательном оборудовании. Показано, что использование полимерных и композитных материалов позволяет снизить удельные энергозатраты, повысить устойчивость технологических процессов и увеличить срок безремонтной эксплуатации очистных систем. Результаты исследования могут быть использованы при проектировании и модернизации локальных очистных сооружений в условиях плотной застройки.

Ключевые слова: локальные очистные системы, энергоэффективность, конструкционные материалы, мембранные материалы, очистка сточных вод.

Современное развитие систем водоотведения характеризуется устойчивым ростом требований к энергоэффективности, экологической безопасности и компактности очистных сооружений. В условиях плотной городской застройки и ограниченного территориального ресурса локальные очистные системы приобретают всё большее значение, поскольку позволяют перераспределять нагрузку на централизованные сети и обеспечивать очистку сточных вод непосредственно в местах их образования. При этом энергопотребление становится одним из ключевых факторов, определяющих экономическую и эксплуатационную эффективность таких систем.

Значительная доля энергозатрат локальных очистных сооружений связана не только с выбранной технологической схемой, но и с характеристиками применяемых конструкционных и мембранных материалов. Материалы корпусов, мембранных блоков, трубопроводов и элементов аэрации влияют на тепловые потери, гидравлическое сопротивление, устойчивость биологических процессов и частоту регламентного обслуживания. В традиционных системах, выполненных из углеродистой стали и железобетона, дополнительные энергозатраты формируются за счёт повышенных теплопотерь, коррозионных процессов и зарастания внутренних поверхностей, что приводит к росту сопротивления и снижению общей эффективности очистки.

В последние годы в практике проектирования локальных очистных систем всё более широко применяются полимерные, композитные и мембранные материалы, отличающиеся низкой теплопроводностью, химической стойкостью и меньшей массой по сравнению с традиционными конструкционными решениями. Их использование позволяет оптимизировать работу насосного и воздухоподводящего оборудования, снизить удельное энергопотребление и обеспечить более стабильные условия функционирования биологических процессов, особенно в регионах с выраженными сезонными колебаниями температуры.

Целью настоящего исследования является анализ влияния конструкционных и мембранных материалов на показатели энергоэффективности локальных очистных систем и выявление наиболее рациональных решений с точки зрения снижения эксплуатационных затрат. В рамках работы рассмотрены данные проектных и эксплуатационных наблюдений, а также обобщены результаты сравнительного анализа традиционных и современных материалов, применяемых в локальных очистных сооружениях.

Выбор конструкционных материалов оказывает прямое влияние на тепловой режим локальных очистных систем, что особенно существенно при эксплуатации в условиях умеренного и холодного климата. Корпуса очистных сооружений, выполненные из железобетона и углеродистой стали, характеризуются высокой

теплопроводностью и требуют дополнительных мероприятий по теплоизоляции. При отсутствии эффективной изоляции в зимний период наблюдается понижение температуры сточной жидкости в биореакторе на 2–3 °С по сравнению с расчётными значениями, что приводит к снижению активности микроорганизмов и увеличению продолжительности аэрации. Увеличение времени работы воздухоподводящего оборудования, в свою очередь, вызывает рост удельного энергопотребления системы.

Полимерные материалы, такие как полипропилен и полиэтилен высокой плотности, обладают значительно более низкой теплопроводностью, что позволяет поддерживать более стабильный температурный режим внутри очистных сооружений без дополнительных затрат энергии. Эксплуатационные наблюдения показывают, что при использовании полимерных корпусов среднее снижение энергопотребления на аэрацию составляет 10–15 % по сравнению с аналогичными системами, выполненными из металлических конструкций. Дополнительным преимуществом является отсутствие коррозионных процессов, что позволяет сохранять проектные гидравлические характеристики оборудования на протяжении всего срока эксплуатации.

Существенное влияние на энергопотребление оказывают и материалы мембранных элементов, применяемых в локальных очистных системах мембранного типа. Мембраны на основе поливинилиденфторида отличаются высокой химической стойкостью и устойчивостью к механическому износу, что позволяет поддерживать стабильную фильтрационную

способность в течение длительного периода. При использовании мембран с повышенной проницаемостью снижается сопротивление потоку, что уменьшает нагрузку на насосное оборудование и сокращает расход электроэнергии. В то же время мембраны, изготовленные из менее устойчивых полимеров, подвержены ускоренному загрязнению, что требует более частой регенерации и приводит к росту энергозатрат на 8–12% в годовом балансе.

Не менее важным фактором является влияние материала трубопроводов и распределительных элементов на гидравлическое сопротивление системы. Гладкая внутренняя поверхность полиэтиленовых труб снижает потери напора и уменьшает потребляемую мощность насосов по сравнению со стальными трубопроводами, особенно при длительной эксплуатации. Кроме того, снижение массы конструкций при применении полимерных и композитных материалов упрощает монтаж и позволяет оптимизировать компоновку оборудования, что также оказывает косвенное влияние на энергоэффективность локальных очистных систем.

Для количественной оценки влияния различных материалов на показатели энергоэффективности был проведён сравнительный анализ данных проектных расчётов и эксплуатационных наблюдений локальных очистных сооружений различной производительности. В таблице представлены обобщённые значения удельного энергопотребления, срока службы и эксплуатационных характеристик систем при использовании различных конструкционных и мембранных материалов.

Таблица

**Сравнительные показатели энергоэффективности локальных очистных систем
в зависимости от применяемых материалов**

Материал конструкции и мембран	Удельное энергопотребление, кВт·ч/м ³	Срок службы, лет	Необходимость дополнительной теплоизоляции
Углеродистая сталь, PSF	1,2–1,4	10–15	Высокая
Нержавеющая сталь, PVDF	1,1–1,3	20–25	Средняя
Полипропилен, PVDF	0,9–1,1	20–25	Низкая
Полиэтилен ПЭ100, PVDF	0,9–1,0	30–50	Низкая
Композитные материалы, PVDF	0,85–1,0	25–30	Минимальная

Описание: таблица демонстрирует влияние выбора конструкционных и мембранных материалов на удельное энергопотребление и эксплуатационные характеристики локальных очистных систем.

Анализ представленных данных показывает, что наименьшие значения удельного энергопотребления характерны для локальных очистных систем, выполненных с применением полимерных и композитных конструкционных материалов в сочетании с мембранами из поливинилиденфторида. Снижение

энергозатрат по сравнению с традиционными решениями на основе углеродистой стали достигает 20–30%, что имеет существенное значение при длительной эксплуатации и росте тарифов на электроэнергию.

Для наглядного представления влияния выбора материалов на уровень энергопотребления локальных очистных систем на рисунке приведена диаграмма, отражающая изменение удельных энергозатрат в зависимости от типа применяемых конструкционных и мембранных материалов.

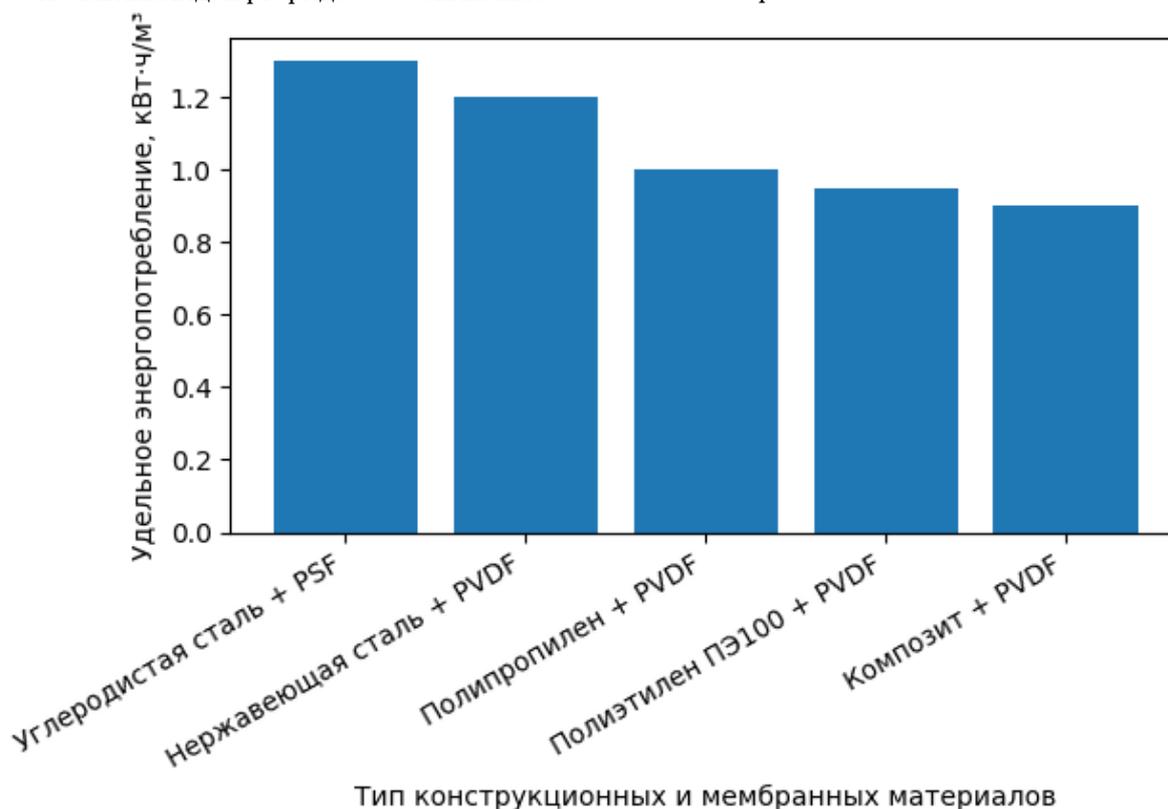


Рис. Влияние конструкционных и мембранных материалов на удельное энергопотребление локальных очистных систем

Описание: диаграмма демонстрирует снижение удельных энергозатрат при переходе от традиционных металлических конструкций и мембран PSF к полимерным и композитным материалам в сочетании с мембранами PVDF, что подтверждает целесообразность применения современных материалов при проектировании локальных очистных сооружений.

В совокупности полученные результаты подтверждают, что выбор конструкционных и мембранных материалов является одним из ключевых факторов повышения энергоэффективности локальных очистных систем. Рациональное сочетание полимерных корпусов, композитных элементов и высокоустойчивых мембран позволяет не только снизить

эксплуатационные затраты, но и повысить надёжность и устойчивость технологических процессов очистки сточных вод.

Полученные результаты подтверждают, что энергоэффективность локальных очистных систем определяется не только выбранной технологической схемой, но и характеристиками конструкционных и мембранных материалов, которые задают тепловой режим, устойчивость гидравлических параметров и интенсивность процессов загрязнения рабочих поверхностей. Применение полимерных и композитных материалов в корпусах и обвязке снижает теплотери и исключает коррозионные изменения, что способствует сохранению проектных режимов работы оборудования и уменьшает

потребность в дополнительной мощности на аэрацию и перекачку. Одновременно использование мембранных материалов с повышенной химической устойчивостью и стабильной фильтрационной способностью снижает вероятность роста сопротивления и ограничивает увеличение энергозатрат в процессе эксплуатации.

Сопоставление обобщённых показателей удельного энергопотребления показывает, что переход от традиционных металлических конструкций в сочетании с мембранами PSF к решениям на основе полимеров и композитов с мембранами PVDF обеспечивает устойчивое снижение энергозатрат и увеличение межремонтного ресурса. Для локальных очистных сооружений, работающих в городской среде и при переменной нагрузке, это даёт не только экономический эффект, но и повышает технологическую надёжность, снижая риск ухудшения качества очистки в периоды неблагоприятных режимов эксплуатации.

Практическая значимость полученных выводов заключается в возможности их применения на стадии проектирования и модернизации локальных очистных сооружений при выборе рационального сочетания материалов, обеспечивающего минимальные энергозатраты на протяжении жизненного цикла объекта. При разработке проектных решений

целесообразно рассматривать материал как технологический фактор, влияющий на стабильность процессов очистки, частоту обслуживания и общий уровень эксплуатационных расходов, что позволяет повышать эффективность локальных систем при сохранении требуемых показателей качества очищенной воды.

Литература

1. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
2. Гайнулова Д.В. Локальные очистные сооружения нового поколения: проектирование, материалы, эффективность: электрон. изд. / Д.В. Гайнулова. – 2025.
3. Гайнулова Д.В. Подходы к проектированию локальных очистных сооружений в условиях плотной застройки // Universum: технические науки. – 2025. – № 4-3(133). – С. 35-40. – DOI: 10.32743/UniTech.2025.133.4.19641.
4. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – 2021.
5. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. – 2018.

GAINULOVA Dzhamilya Vladimirovna

Independent Researcher,
Russia, Samara

THE INFLUENCE OF STRUCTURAL AND MEMBRANE MATERIALS ON THE ENERGY EFFICIENCY OF LOCAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS

Abstract. *The article examines the influence of structural and membrane materials on the energy efficiency of local wastewater treatment systems. The features of using traditional and modern materials in treatment plant structures, membrane modules and auxiliary equipment are analyzed. It is shown that the application of polymer and composite materials makes it possible to reduce specific energy consumption, increase the stability of technological processes and extend the maintenance-free service life of treatment systems. The results can be applied in the design and modernization of local wastewater treatment facilities under dense urban development conditions.*

Keywords: *local wastewater treatment systems, energy efficiency, structural materials, membrane materials, wastewater treatment.*

ДЯТЛОВ Владимир Владимирович
директор, ООО «ТД «Абразивные заводы Урала»,
Россия, г. Челябинск

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАРШРУТИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

***Аннотация.** В статье рассматривается практический опыт трансформации логистики опасных материалов на промышленном предприятии абразивной отрасли ООО «ТД «Абразивные заводы Урала» (Челябинский регион) в условиях ужесточения требований к перевозкам опасных грузов.*

***Ключевые слова:** опасные грузы, ДОПОГ, логистика опасных материалов, абразивная промышленность, искусственный корунд, карбид кремния.*

Производство абразивных материалов и инструментов традиционно связано с использованием широкого спектра химически активных и потенциально опасных веществ. За почти три десятилетия работы нашего предприятия ООО «ТД «Абразивные заводы Урала», основанного в 1996 году, мы столкнулись с комплексом критических вызовов в области логистики опасных материалов. Челябинский регион, являющийся одним из крупнейших промышленных центров Урала, предъявляет особые требования к транспортировке химических компонентов, огнеупорных материалов и готовой продукции на основе абразивных зерен различных фракций.

Специфика нашего производственного цикла требует регулярной доставки сырьевых компонентов, включая искусственный корунд, карбид кремния, связующие смолы и вулканизирующие агенты. Многие из этих материалов классифицируются как опасные грузы согласно действующим нормативам ДОПОГ и требуют строгого соблюдения транспортных регламентов. До недавнего времени наша компания, как и большинство предприятий отрасли, полагалась на традиционные методы управления логистикой: статичное планирование маршрутов, периодический GPS-мониторинг и зависимость от профессионализма водителей при возникновении нештатных ситуаций.

Ключевые ограничения, с которыми мы сталкивались систематически, включали отсутствие реального времени реагирования на изменение дорожной обстановки при транспортировке химических компонентов через густонаселенные районы, недостаточную видимость

состояния груза в процессе перевозки и фрагментированность систем контроля. Инциденты, связанные с задержками поставок критически важного сырья из-за непредвиденных дорожных ситуаций или необходимостью внепланового изменения маршрута без учета специфики груза, приводили не только к экономическим потерям, но и создавали потенциальные риски для безопасности.

Ситуация усугублялась ужесточением нормативных требований к перевозке опасных грузов, вступивших в силу с марта 2024 года. Новые стандарты предусматривали более строгие требования к мониторингу, обучению персонала и применению технологических систем контроля в реальном времени. Для промышленного предприятия нашего масштаба это означало необходимость системной модернизации всего логистического процесса.

Анализ доступных на рынке решений показал, что существующие системы спутникового мониторинга типа ГЛОНАСС/GPS, несмотря на определенную эффективность в снижении расхода топлива и контроле дисциплины водителей, не отвечали специфическим потребностям транспортировки опасных грузов в химической и абразивной промышленности. Базовые трекары предоставляли информацию о местоположении транспорта, но не учитывали критически важные параметры состояния груза и не обеспечивали динамическую адаптацию маршрутов с учетом изменяющихся факторов риска.

Стратегическое решение о внедрении комплексной интеллектуальной системы было

принято в начале 2025 года после детального изучения технических возможностей современных AI-платформ для управления логистикой опасных материалов. Ключевым фактором стало понимание, что требуется не просто система мониторинга, а интегрированная платформа, способная объединить контроль транспорта, непрерывный анализ состояния груза, динамическую оптимизацию маршрутов и автоматизированное управление в чрезвычайных ситуациях.

В процессе оценки потенциальных технических решений мы обратились к разработке, созданной на основе оригинальных патентных материалов и интегрирующей искусственный интеллект, IoT-сенсорные сети и телематические системы. Данное решение было разработано специалистом в области интеллектуальных транспортных систем Снурниковым Александром Сергеевичем и предлагало комплексный подход к задачам, с которыми сталкивалось наше предприятие. Важно подчеркнуть, что технология используется нашей компанией на законных основаниях в рамках лицензионного соглашения с правообладателем, что обеспечивает полную юридическую прозрачность и возможность адаптации системы под специфические потребности абразивного производства.

Практическая реализация проекта началась во втором квартале 2025 года и включала несколько ключевых этапов. Первоначально было проведено детальное обследование парка транспортных средств, используемых для перевозки опасных грузов, и анализ типичных маршрутов доставки сырья и готовой продукции. Выявленные особенности позволили сформировать технические требования к бортовым устройствам и облачной платформе управления.

Техническая архитектура внедренного решения базируется на трехуровневой структуре, объединяющей бортовые подсистемы транспортных средств, центральный AI-движок маршрутизации и коммуникационную инфраструктуру. Каждое транспортное средство было оснащено интеллектуальным бортовым модулем, интегрирующим GPS-позиционирование, многоканальную сенсорную систему и коммуникационный шлюз с поддержкой сотовой связи и резервного спутникового канала для удаленных участков маршрутов.

Особое внимание при адаптации системы уделялось специфике транспортируемых материалов. Для перевозки компонентов на основе корунда и карбида кремния были установлены датчики температуры и вибрации, критичные для контроля сохранности абразивных зерен с заданными физико-механическими характеристиками. При транспортировке химических связующих веществ и компонентов на основе фенолформальдегидных смол система дополнительно контролирует герметичность контейнеров посредством датчиков давления и газоанализаторов, способных обнаруживать утечки паров на ранней стадии.

Внедрение интеллектуальной системы коренным образом изменило подход к планированию и исполнению логистических операций на нашем предприятии. Наиболее значительные изменения произошли в трех ключевых областях: проактивном управлении рисками, оптимизации маршрутных решений и автоматизации регуляторного соответствия.

До внедрения системы обнаружение проблем с грузом происходило, как правило, постфактум, при разгрузке или в результате явных инцидентов. Новая платформа обеспечила непрерывный мониторинг критических параметров с предиктивной аналитикой. Система анализирует изменения температуры, давления и других показателей, прогнозируя потенциальные отклонения до достижения критических значений.

Традиционное статичное планирование маршрутов предполагало выбор оптимального пути на этапе подготовки рейса, после чего корректировки осуществлялись преимущественно водителем на основе субъективной оценки ситуации. Интеллектуальная система непрерывно пересчитывает оптимальные траектории с учетом изменяющихся условий.

Для нашего предприятия особенно критичными оказались возможности учета специфики различных классов опасности перевозимых веществ. Система автоматически применяет дифференцированные стратегии маршрутизации в зависимости от типа груза. При транспортировке горючих растворителей, используемых в производстве абразивных инструментов на вулканической связке, система приоритизирует маршруты с минимальной плотностью населения и удаленностью от критической инфраструктуры, даже если это увеличивает

протяженность пути на 12–15%. Напротив, для относительно инертных абразивных материалов оптимизация фокусируется на минимизации времени доставки при соблюдении основных ограничений безопасности.

Практический результат такой адаптивности проявился в снижении среднего времени доставки критически важных компонентов на 18% при одновременном сокращении количества проездов через зоны с повышенными ограничениями для опасных грузов на 34%. Экономический эффект складывается не только из прямой экономии на логистике, но и из повышения предсказуемости производственного цикла за счет более точного прогнозирования времени прибытия материалов.

Обеспечение соответствия многочисленным и динамически меняющимся нормативным требованиям традиционно требовало значительных ресурсов логистического отдела. Система интегрирует актуализируемую базу данных ограничений для опасных грузов, включая разрешенные маршруты, временные окна для проезда через населенные пункты, ограничения на использование туннелей и мостов.

Одним из наиболее ценных аспектов внедренного решения стала трансформация подхода к управлению нештатными ситуациями. Традиционная практика предполагала реагирование на уже произошедшие инциденты через экстренную связь водителя с диспетчером и последующую координацию действий. Интеллектуальная система реализует концепцию превентивного управления рисками и автоматизированного реагирования на критические события.

Система непрерывно оценивает потенциальные риски на основе множества параметров: состояния груза, дорожной обстановки, погодных условий, исторических данных об аварийности участков маршрута. При превышении интегрального показателя риска определенного порога платформа автоматически инициирует превентивные меры, от рекомендации водителю снизить скорость до предложения альтернативного маршрута с более безопасным профилем.

В случае обнаружения критической ситуации, например, резкого падения давления в емкости с химическим компонентом или срабатывания датчика удара, система реализует многоуровневый протокол экстренного

реагирования. Одновременно водитель информируется конкретными инструкциями по безопасным действиям, диспетчерский центр предприятия, аварийные службы региона и, при необходимости, природоохранные организации. Критически важно, что система автоматически предоставляет всем заинтересованным сторонам точную информацию о типе груза, его количестве, точной локализации инцидента и рекомендуемых мерах безопасности на основе характеристик конкретного вещества.

За период эксплуатации системы с июня 2025 года было зафиксировано три случая, когда автоматическое обнаружение аномалий позволило предотвратить потенциально серьезные инциденты. В одном случае датчик герметичности обнаружил микроутечку паров органического растворителя на ранней стадии, когда визуальная диагностика была бы невозможна. Система немедленно оповестила водителя и диспетчера, рекомендовала безопасное место для остановки в незаселенной зоне и координировала прибытие технического специалиста для устранения неисправности. Без такой системы инцидент мог быть обнаружен значительно позже, потенциально в более опасных условиях, на автомагистрали или в населенном пункте.

Важным аспектом эффективности внедрения стала глубокая интеграция логистической платформы с системами управления производством нашего предприятия. Данные о точном местоположении и прогнозируемом времени прибытия критически важного сырья автоматически передаются в систему планирования производства, позволяя оптимизировать загрузку производственных линий и минимизировать простои.

Для производства абразивных инструментов на керамической связке характерны длительные циклы термической обработки при строго контролируемых температурных режимах. Задержка поставки компонентов связки даже на несколько часов может привести к необходимости корректировки всего производственного расписания с существенными экономическими последствиями. Интеллектуальная система логистики обеспечивает прогнозируемость поставок с точностью ± 15 минут для маршрутов длительностью до 8 часов, что позволило сократить буферные запасы критически

важных компонентов на складе примерно на 25% без увеличения риска дефицита.

Кроме того, данные о фактических условиях транспортировки температурочувствительных и влагочувствительных материалов интегрированы в систему входного контроля качества. Если система зафиксировала, что партия абразивного зерна подвергалась воздействию повышенной влажности или температуры в процессе доставки, автоматически инициируется расширенный протокол входного контроля с дополнительными испытаниями для подтверждения соответствия материала техническим требованиям.

Экономические показатели говорят о следующем. Снижение операционных затрат на логистику опасных грузов на 22% за счет оптимизации маршрутов, сокращения непроизводительных пробегов и более эффективного использования транспортных средств. Сокращение расхода топлива на 16% благодаря оптимизации маршрутов и снижению времени простоев в пробках. Уменьшение буферных складских запасов на 25% вследствие повышения предсказуемости доставки. Снижение административных затрат на обеспечение регуляторного соответствия примерно на 40%

Показатели безопасности и надежности:

Сокращение времени реагирования на потенциальные отклонения с 30–45 минут при традиционной системе и до 2–3 минут при автоматизированное обнаружение и оповещение. Повышение точности прогнозирования времени доставки с ± 45 минут до ± 15 минут для типичных маршрутов. Перераспределение 40% рабочего времени логистического персонала с рутинных операций контроля на стратегическое планирование и развитие

Особо следует отметить эффект от предиктивного обслуживания транспортных средств. Система непрерывно анализирует паттерны работы транспортных средств, режимы нагрузки, условия эксплуатации, вибрационные характеристики и прогнозирует потребность в техническом обслуживании. Это позволило перейти от регламентного обслуживания по календарному графику к обслуживанию по фактическому состоянию, оптимизировав затраты на поддержание технической исправности парка и сократив количество внеплановых ремонтов на 28%.

Успешность внедрения системы на нашем предприятии в значительной степени обусловлена фундаментальностью и системностью подхода, заложенного в основу технического решения его автором. В отличие от коммерческих систем мониторинга транспорта общего назначения, адаптированных для различных применений с ограниченным учетом специфики, данная разработка изначально проектировалась как целостная платформа для управления логистикой именно опасных грузов с глубокой интеграцией всех критически важных компонентов.

Ключевой вклад автора заключается в создании архитектуры, объединяющей многоуровневый мониторинг состояния груза, интеллектуальную многокритериальную оптимизацию маршрутов и автоматизированное управление в чрезвычайных ситуациях в единую взаимосвязанную систему. Особенно ценным является системный подход к учету специфики различных классов опасных материалов, разработка включает дифференцированные стратегии маршрутизации и мониторинга для токсичных веществ, горючих материалов, коррозионных агентов и других категорий, что позволяет адаптировать поведение системы к конкретным рискам конкретного груза.

С технической точки зрения, архитектурное решение, обеспечивающее бесшовную интеграцию бортовых интеллектуальных модулей, облачной аналитической платформы и множественных внешних источников данных, таких как дорожная обстановка, метеорология, нормативные базы, представляет собой сложную инженерную систему, требующую глубокой экспертизы в области IoT, телематики, искусственного интеллекта и логистики опасных грузов. Комплексность и целостность технического решения обеспечили возможность его эффективного применения в реальных промышленных условиях без необходимости существенной доработки базовой функциональности.

Опыт внедрения интеллектуальной системы на нашем предприятии демонстрирует потенциал современных AI-технологий для трансформации традиционных промышленных процессов в сфере логистики опасных материалов. Для абразивной и химической промышленности, характеризующейся высокой концентрацией операций с потенциально опасными

веществами, такие решения представляют не просто инструмент оптимизации затрат, но стратегический императив обеспечения безопасности и устойчивого развития.

Нормативная среда в области транспортировки опасных грузов непрерывно эволюционирует в направлении повышения требований к мониторингу, прослеживаемости и скорости реагирования на инциденты. Предприятия, проактивно внедряющие интеллектуальные системы управления, получают соответствие текущим требованиям и готовность к будущим регуляторным изменениям. Более того, автоматизированная и прозрачная система документирования соответствия создает основу для более конструктивного взаимодействия с контролирующими органами.

С позиции конкурентоспособности, повышение надежности и предсказуемости логистических процессов позволяет предприятию принимать более амбициозные производственные обязательства перед клиентами, укрепляя деловую репутацию. В условиях, когда нарушение сроков поставки критически важных компонентов может привести к остановке производственных процессов у заказчиков, гарантированная точность выполнения логистических обязательств становится существенным конкурентным преимуществом.

Рассматривается также возможность расширения применения системы на внутризаводскую логистику опасных материалов. Технология мониторинга состояния материалов и интеллектуального управления перемещениями может быть адаптирована для контроля внутрипроизводственных транспортных операций, включая перемещение химических компонентов между складами и производственными участками.

С отраслевой точки зрения, опыт нашего предприятия может служить референсной моделью для других производителей абразивных материалов и смежных отраслей, работающих с опасными веществами. Потенциальным направлением развития является формирование отраслевой коалиции предприятий, использующих совместимые интеллектуальные системы логистики, что позволило бы создать

единое информационное пространство для координации транспортных потоков опасных грузов на региональном и национальном уровнях, дополнительно повышая общую безопасность.

Опыт внедрения интеллектуальной AI-системы маршрутизации и мониторинга опасных грузов на ООО «ТД «Абразивные заводы Урала» демонстрирует, что современные технологии способны радикально трансформировать традиционные промышленные процессы, обеспечивая одновременное достижение целей экономической эффективности, операционной надежности и безопасности.

За месяцы эксплуатации система доказала свою практическую ценность, обеспечив измеримые улучшения всех ключевых показателей логистической деятельности, от сокращения операционных затрат на 22% до достижения нулевого уровня инцидентов с опасными грузами. Более того, система трансформировала саму парадигму управления логистикой от реактивного реагирования на проблемы к проактивному предотвращению рисков.

Успешность проекта в значительной степени обусловлена системным и фундаментальным подходом, заложенным в оригинальную техническую разработку, на основе которой реализовано решение. Комплексная архитектура, объединяющая интеллектуальный мониторинг, динамическую оптимизацию и автоматизированное управление чрезвычайными ситуациями, создает синергетический эффект, недостижимый при использовании разрозненных систем.

Для промышленных предприятий, работающих с опасными материалами, внедрение интеллектуальных систем управления логистикой перестает быть опцией для получения конкурентного преимущества и становится необходимым условием соответствия возрастающим регуляторным требованиям и ожиданиям общества в отношении промышленной безопасности. Технологическая зрелость современных AI-платформ и накопленный практический опыт их применения создают благоприятные условия для масштабного распространения таких решений в отрасли.

DYATLOV Vladimir Vladimirovich

Director, OOO TD Abrasive Plants of the Urals, Russia, Chelyabinsk

**TRANSFORMATION OF LOGISTICS SECURITY:
EXPERIENCE IN IMPLEMENTING AN INTELLIGENT DANGEROUS GOODS
ROUTING SYSTEM IN INDUSTRIAL PRODUCTION**

Abstract. *The article examines the practical experience of transforming the logistics of hazardous materials at the industrial enterprise of the abrasive industry, LLC TD Abrasive Plants of the Urals (Chelyabinsk region), in the context of stricter requirements for the transportation of dangerous goods.*

Keywords: *dangerous goods, ADR, logistics of hazardous materials, abrasive industry, artificial corundum, silicon carbide.*

МУДРОВ Андрей Павлович

студент, Челябинский государственный университет, Россия, г. Челябинск

ЯКУШЕВСКИЙ Дмитрий Владиславович

студент, Челябинский государственный университет, Россия, г. Челябинск

СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Аннотация. Выявлены основные проблемные области разработки систем автоматической посадки летательных аппаратов: информационное обеспечение и управление. Представлена классификация современных и перспективных автоматических систем посадки летательных аппаратов. Предложена классификация систем информационного обеспечения процесса автоматической посадки. Выявлены перспективы развития систем автоматической посадки летательных аппаратов в части информационного обеспечения.

Ключевые слова: летательный аппарат, беспилотный летательный аппарат, информационное обеспечение, навигация, посадка, система автоматической посадки.

Введение

В настоящее время существенной проблемой, характерной как для пилотируемых, так и для беспилотных летательных аппаратов (БЛА), является высокий уровень аварийности на этапах взлёта и посадки, значительно превышающий аварийность в течение полёта [1]. Это связано, главным образом, со следующими проблемами:

1. Влияние человеческого фактора

Влияние человеческого фактора, характерными чертами которого являются недостаточное владение информацией летным составом и операторами аэродрома о воздушной и наземной обстановке, а также отсутствие у большинства членов наземного экипажа лётного опыта и полной информации о состоянии воздушного судна.

Известно, что потери более трети БЛА MQ9 Reaper явились следствием ошибок, допущенных операторами, около 50% БЛА типов Hunter и Pioneer попадали в аварийные ситуации при посадке, а 70% аварий с БЛА типа Pioneer произошли в результате влияния человеческого фактора. Оператор наземного пункта управления, в отличие от лётчика, не воспринимает перегрузки, действующие на ЛА. В силу этого операторы БЛА при управлении в ручном режиме часто превышают предельные значения вертикальной скорости снижения при приземлении на взлётно-посадочную полосу.

Авария самолёта В-747 при посадке на аэродроме Бишкека 16 января 2017 г. показала, что переход на ручное управление из автоматического режима в непосредственной близости от земной поверхности сопряжён с высокими рисками в силу того, что процесс «включения» лётчика в контур управления имеет некоторую динамику, определяемую, в том числе, сложностью ситуации, в которой приходится осуществлять «включение», а также лётным опытом лётчика. Руководством по всепогодным полётам ИКАО предложено исключать передачу несущественных данных от органов управления воздушным движением ЛА, находящимся на критических этапах полёта. В силу упомянутых выше причин для БЛА данный вопрос ещё более критичен.

2. Влияние «технического» фактора

Высокие погрешности инерциальных навигационных систем (ИНС) [2, с. 8-17] и погрешности существующих инструментальных средств захода на посадку [2, с. 8-17] могут привести к превышению предельно допустимых отклонений ЛА от заданной траектории, а также к нарушению ограничений, накладываемых на параметры положения и движения ЛА при приземлении на ВПП и последующем движении по ней вплоть до полной остановки.

Перечисленные выше проблемы решают за счёт:

1. Частичного исключения влияния человеческого фактора на безопасность полёта на

этапе совершения посадки за счёт создания систем автоматической посадки (САП).

Разработкой САП занимаются такие авиастроительные компании, как Boeing, Airbus, Northrop Grumman, General Atomics, Sukhoi Civil Aircraft (совместно с Thales), BAE Systems, Diamond Aircraft Industries, «Компания «Сухой», РСК «МиГ», а также ряд научно-исследовательских организаций: германский аэрокосмический центр GAC, Корейский институт передовых технологий KAIST, ЦАГИ им. проф. Н. Е. Жуковского, Московский институт электромеханики и автоматики (МИЭА) и др.

Категории ICAO – это стандартизированные уровни точности и надежности Instrument Landing System (ILS) и экипажа, определяющие минимальные погодные условия, при которых разрешен заход на посадку. Международной организацией гражданской авиации ICAO определены эксплуатационные категории (посадочные минимумы) I, II, IIIA, IIIB и IIIC, характеризующиеся высотой принятия решения и дальностью видимости ВПП.

Ключевые определяющие параметры:

DH (Decision Height) / DA (Decision Altitude): высота принятия решения. Высота, на которой экипаж должен либо увидеть ВПП для продолжения посадки, либо начать уход на второй круг.

RVR (Runway Visual Range): дальность видимости на ВПП. Измеряется в метрах специальными приборами (трансмиссометрами).

Категория I (CAT I) – «Пилотируемый заход с наведением».

Минимумы: $DH \geq 60$ м, $RVR \geq 550$ м (или 800 м при отсутствии огней центральной линии ВПП).

Как работает: самолет (часто с помощью автопилота или директорных стрелок) следует за сигналами ILS по курсу и глиссаде.

На высоте принятия решения (DH) пилот обязан визуально обнаружить огни ВПП или ее окружающие ориентиры. Если видимости нет – немедленный уход на второй круг. Автопилот часто отключается после DH, и посадка завершается вручную.

Категория II (CAT II) – «Высокая автоматизация с пилотским контролем».

Минимумы: $30 \text{ м} \leq DH < 60$ м, $RVR \geq 300$ м.

Как работает: требуется более точный ILS CAT II и дублированные/резервированные системы автопилота на борту. Снижение полностью автоматическое или под строгим контролем директорных стрелок.

Пилоты активно контролируют работу автоматики. На DH командир воздушного судна (КВС) должен принять решение на основе визуальной информации. Посадка может быть как ручной (с HUD), так и автоматической.

Требования:

Категория III (CAT III) – «Автономная посадка».

Здесь система должна быть Fail-Operational (сохранять работоспособность после единичного отказа) или даже Fail-Passive (при отказе не давать ложных команд, а просто «уходить в сторону», инициируя уход на второй круг).

IIIA – Автоматическая посадка.

Минимумы: $DH < 30$ м или отсутствует, $RVR \geq 200$ м.

Экипаж не обязан иметь визуальный контакт с ВПП в момент пролета DH. Система выполняет полностью автоматическую посадку и выравнивание.

IIIB – Автоматическая посадка и пробег.

Минимумы: $DH < 15$ м или отсутствует, $50 \text{ м} \leq RVR < 200$ м.

Автоматика выполняет посадку и пробег по центру ВПП до безопасной скорости руления (обычно до полной остановки или до очень малой скорости). Пилоты контролируют процесс, но не вмешиваются в управление до окончания пробега. После остановки в условиях нулевой видимости они могут запросить помощь для выравнивания.

IIIC – Полностью нулевая видимость.

Минимумы: $DH = 0$, $RVR = 0$.

Теоретический предел. Предполагает полностью автоматическую посадку, пробег и руление до стоянки.

Проблема: не сертифицирована нигде в мире для гражданской авиации, так как требует сверхнадежной автоматической системы навигации по перрону. Защиты от столкновений с другими объектами на земле. Полной автоматизации наземного движения.

2. Использование при создании САП достижений современной теории автоматического управления, теории фильтрации и комплексирования информации. Более подробное рассмотрение данных вопросов не является предметом настоящей статьи.

3. В настоящее время, насколько можно судить по открытым источникам информации, проблема противодействия дистанционному воздействию решается, главным образом, за счёт разработки помехозащищённых каналов связи.

Основные компоненты систем автоматической посадки

Автоматическая посадка опирается на несколько ключевых элементов:

- **Навигационные системы:** ILS предоставляет локалайзер (для горизонтального направления) и глиссадный маяк (для вертикального). Микроволновая система посадки (MLS) предлагает более гибкие траектории, но менее распространена [3].

- **Бортовые датчики:** радиовысотомеры, инерциальные навигационные системы (INS) и GPS-датчики измеряют высоту, скорость и позицию. В современных системах добавлены камеры и компьютерное зрение для визуальной верификации.

- **Автопилот и автотроттл:** автопилот управляет рулями (элеронами, рулем направления, элеватором), а автотроттл регулирует тягу двигателей для поддержания скорости [4].

- **Системы мониторинга:** дублированные компьютеры и датчики обеспечивают отказоустойчивость. Например, в CAT III Dual Autoland используются два автопилота для посадки без высоты принятия решения (NO DH), с видимостью до 75 метров.

Информационное обеспечение играет критическую роль: данные от датчиков обрабатываются в реальном времени с использованием алгоритмов Kalman-фильтров для фильтрации шумов и предсказания траектории.

Современные автоматические системы посадки

В последние годы системы autoland стали более автономными. Garmin Autoland, введенная в 2019 году, предназначена для малой авиации и активируется автоматически при потере сознания пилота. Система оценивает погодные условия, топливо, рельеф и выбирает ближайший подходящий аэропорт, затем выполняет посадку и остановку. В декабре 2025 года Autoland впервые использовалась в реальной чрезвычайной ситуации на Beechcraft King Air B200, где система справилась с потерей давления в кабине на высоте 23 000 футов [5].

Для коммерческой авиации Airbus разработала ATTO (Autonomous Taxi, Take-Off and Landing), использующую компьютерное зрение и машинное обучение для автономной посадки без зависимости от наземных маяков. Проект IMBALS от ScioTeq фокусируется на Vision Landing System (VLS), где камеры и обработка изображений позволяют полностью

автоматизированную посадку на основе визуальных данных.

В 2026 году системы интегрируют ИИ для предиктивного анализа, снижая задержки и повышая безопасность. Например, гибридные ILS/GBAS обеспечивают резерв и гибкость [3].

Информационное обеспечение в системах посадки

Информационное обеспечение включает сбор данных из множественных источников для точного управления. Бортовые компьютеры обрабатывают данные от:

- **Спутниковых систем:** GPS с augmentацией (WAAS, EGNOS) для точности до сантиметров.

- **Наземных станций:** ILS и GBAS передают корректировки в реальном времени.

- **Бортовых сенсоров:** лазерные дальнометры, радары и камеры для обнаружения препятствий.

- **ИИ и ML:** алгоритмы предсказывают турбулентность и корректируют траекторию на основе исторических данных.

В Garmin Autoland информация о погоде, рельефе и аэропортах извлекается из базы данных, обновляемой в реальном времени. Для беспилотников (UAV) системы используют облачные вычисления для глобального мониторинга [5].

Применение и преимущества

Автоматические системы применяются в коммерческой, военной и общей авиации. В коммерческих рейсах они снижают нагрузку на пилотов и минимизируют задержки – до 75% посадок в плохую погоду выполняются автоматически. В военной авиации они обеспечивают точность в боевых условиях. Для дронов ATTO позволяет автономные операции без пилота.

Преимущества: повышенная безопасность, экономия топлива, снижение человеческого фактора. Однако требуют регулярной сертификации и обучения экипажа.

Будущие тенденции

К 2030-м годам ожидается полная интеграция ИИ для «нулевой видимости» (CAT IIIc). Гибридные системы с компьютерным зрением заменят традиционные маяки, снижая затраты на инфраструктуру. Разработки включают augmented reality для пилотов и удаленный мониторинг через спутники. Рынок all-weather landing systems растет, фокусируясь на автоматизации для городских воздушных такси (eVTOL).

Заключение

Современные автоматические системы посадки эволюционировали от простых радиомаяков к интеллектуальным платформам с ИИ и компьютерным зрением, обеспечивая безопасность в любых условиях. Информационное обеспечение – основа их эффективности, интегрируя данные для точного контроля. По мере развития технологий авиация станет еще надежнее, открывая новые горизонты для автономных полетов.

Литература

1. A Statistical Analysis of Commercial Aviation Accidents 1958–2019. URL: <https://www.airbus.com/content/dam/corporate-topics/publications/safety-first/Statistical-Analysis-of-Comercial-Aviation-Accidents-1958-2019.pdf>.
2. Харин Е.Г., Копылов И.А., Копелович В.А., Клабуков Е.В. Лётные исследования алгоритмов комплексной обработки информации инерциальных и радионавигационных систем // Новости навигации. 2010. № 1. С. 8-17.
3. <https://www.bayanatengineering.qa/instrument-landing-system-guide/>.
4. <https://skybrary.aero/articles/autoland>.
5. <https://www.piper.com/blog/taking-safety-to-new-heights-meet-garmin-autoland-and-the-halo-safety-system/>.

MUDROV Andrey Pavlovich

Student, Chelyabinsk State University, Russia, Chelyabinsk

YAKUSHEVSKY Dmitry Vladislavovich

Student, Chelyabinsk State University, Russia, Chelyabinsk

MODERN AUTOMATIC AIRCRAFT LANDING SYSTEMS AND INFORMATION SUPPORT

Abstract. *The main problematic areas of development of aircraft automatic landing systems have been identified: information support and management. The classification of modern and promising automatic aircraft landing systems is presented. A classification of information support systems for the automatic landing process is proposed. Prospects for the development of automatic landing systems for aircraft in terms of information support have been identified.*

Keywords: *aircraft, unmanned aerial vehicle, information support, navigation, landing, automatic landing system.*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

КЯЗИМЛИ Минара Дашгын гызы

магистрант, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,
Азербайджан, г. Баку

*Научный руководитель – доцент кафедры компьютерной инженерии
Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности,
доктор философии по техническим наукам Сулейманова Егяна Джалал гызы*

МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ АЛГОРИТМОВ В РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ КАК СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДНОГО СТАРТА

Аннотация. В работе рассматривается проблема холодного старта в рекомендательных системах. В качестве решения предлагается метод, основанный на автоматическом переключении алгоритмов рекомендаций. Исследование направлено на разработку гибридной модели, сочетающей возможности контентно-ориентированного анализа и коллаборативной фильтрации. В работе применяются методы векторизации текстовых описаний объектов с использованием TF-IDF, матричная факторизация (SVD) для обработки пользовательских взаимодействий, а также сравнительная оценка качества моделей по показателю RMSE. Предложенный механизм переключения обеспечивает динамический выбор оптимального алгоритма в зависимости от объёма доступных пользовательских данных. Результаты исследования показывают, что гибридный подход обеспечивает более низкую ошибку прогнозирования по сравнению с отдельными методами и повышает качество рекомендаций на ранних этапах взаимодействия пользователя с системой.

Ключевые слова: рекомендательные системы, холодный старт, гибридные алгоритмы, контентный анализ, коллаборативная фильтрация, SVD, TF-IDF.

Введение

Рекомендательные системы играют ключевую роль в современных информационных сервисах, включая электронную коммерцию, потоковые платформы и социальные сети [1, 6]. Их основная задача заключается в предоставлении пользователям персонализированных рекомендаций на основе анализа предпочтений и поведения. Однако одной из фундаментальных проблем таких систем является проблема холодного старта – ситуация, при которой отсутствует достаточный объём данных о новом пользователе или новом объекте для формирования релевантных рекомендаций [2, 5].

Традиционные методы коллаборативной фильтрации демонстрируют высокую точность при наличии достаточного объёма взаимодействий пользователей с системой, но их

эффективность резко снижается при дефиците данных [3]. Напротив, контентно-ориентированные методы способны функционировать при минимальном объёме пользовательской информации, однако зачастую уступают по качеству рекомендаций при накоплении статистики [4].

В качестве решения проблемы данная работа предлагает гибридный подход, основанный на адаптивном переключении режимов работы.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются алгоритмы формирования рекомендаций на основе пользовательских взаимодействий с информационными объектами.

В качестве методов исследования используются современные подходы анализа данных и машинного обучения. Контентно-

ориентированная модель реализована посредством анализа текстовых описаний объектов, представленных в виде векторного пространства признаков с применением метода TF-IDF, позволяющего количественно оценить значимость терминов:

$$TF - IDF - (t, d) \times \log \frac{N}{DF(t)}, \quad (1)$$

Где TF(t,d) – частота термина t в документе d, N – общее число документов, DF(t) – число документов, содержащих термин t.

Для моделирования пользовательских предпочтений применяется коллаборативная фильтрация на основе матричной факторизации с использованием сингулярного разложения (SVD), обеспечивающая выявление скрытых факторов взаимодействия пользователей и объектов:

$$R \approx U \cdot \Sigma \cdot V^T, \quad (2)$$

Где R – матрица рейтингов, U и V – матрицы скрытых факторов пользователей и объектов, Σ – диагональная матрица сингулярных значений.

Оценка эффективности алгоритмов проводится с использованием сравнительного анализа качества прогнозирования, где в качестве основной метрики используется среднеквадратическая ошибка (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}, \quad (3)$$

Где n – количество предсказаний, y_i – фактическое значение рейтинга, \hat{y}_i – предсказанное значение рейтинга.

Кроме того, применяется моделирование гибридного механизма автоматического переключения алгоритмов, основанного на количестве доступных пользовательских взаимодействий, что позволяет адаптивно выбирать наиболее подходящую стратегию рекомендаций.

Результаты и их обсуждение

Для оценки эффективности предложенного механизма автоматического переключения алгоритмов была проведена серия экспериментов с тремя подходами к формированию рекомендаций: контентно-ориентированным, коллаборативным и гибридным с переключением алгоритмов. В качестве критерия качества использовалась среднеквадратическая ошибка прогнозирования (RMSE), позволяющая количественно оценить точность предсказаний рейтингов пользователей.

Эксперимент моделировал взаимодействие пользователей с объектами системы при разном объёме доступных данных (табл.).

Таблица

Сравнение точности алгоритмов рекомендаций (RMSE) в зависимости от объёма данных о пользователе

Количество взаимодействий	Контентно-ориентированный	Коллаборативная фильтрация	Гибридная модель с переключением
5	1.15	1.30	1.12
10	1.10	1.05	1.02
20	1.08	0.98	0.94

Анализ показывает, что при минимальном объёме данных контентно-ориентированный метод точнее коллаборативного, однако гибридная модель с переключением уже демонстрирует лучшие результаты. С увеличением числа взаимодействий коллаборативная фильтрация улучшает точность, но гибридная модель сохраняет лидерство, обеспечивая минимальное значение RMSE. Таким образом, адаптивный механизм переключения позволяет системе эффективно решать проблему холодного старта и поддерживать высокое качество рекомендаций на всех этапах взаимодействия пользователя.

Заключение

В данном исследовании проанализирована проблема «холодного старта» в рамках рекомендательных систем и разработан механизм

адаптивного переключения между алгоритмами. Экспериментальные данные подтвердили, что интеграция контентного анализа и коллаборативной фильтрации в единую гибридную модель повышает точность прогнозов и гарантирует стабильность системы независимо от объёма данных о пользователе. Такой подход подтверждает целесообразность использования гибридных стратегий в практических рекомендательных системах и создаёт перспективы для дальнейшего совершенствования алгоритмов за счёт учёта дополнительных контекстных факторов и внедрения нейросетевых моделей.

Литература

1. Aggarwal, Charu C. Recommender Systems: The Textbook – Springer International Publishing, Switzerland, 2016.
2. McAuley, Julian. Personalized Machine Learning – Cambridge University Press, 2022.
3. Оськина К.А. Оптимизация метода классификации текстов, основанного на tf-idf, за счет введения дополнительных коэффициентов – Вестник Московского государственного

лингвистического университета. Гуманитарные науки, 2016.

4. Пятикоп Е.Е. Использование сингулярного разложения матриц в коллаборативной фильтрации, 2013.
5. Фальк К. Рекомендательные системы на практике – Москва: ДМК Пресс, 2020.
6. Шолле, Франсуа. Глубокое обучение на Python – Санкт-Петербург, 2022.

KAZIMLI Minara Dashgin

Master's Student,

Azerbaijan State University of Petroleum and Industry, Azerbaijan, Baku

*Scientific Advisor – Associate Professor of Computer Engineering
at the Azerbaijan State University of Petroleum and Industry,
PhD in Technical Sciences Suleymanova Yegana Jalal*

AUTOMATIC ALGORITHM SWITCHING METHOD IN RECOMMENDER SYSTEMS AS A SOLUTION TO THE COLD START PROBLEM

Abstract. *This paper addresses the cold start problem in recommender systems. As a solution, a method based on the automatic switching of recommendation algorithms is proposed. The research focuses on developing a hybrid model that combines the capabilities of content-based analysis and collaborative filtering. The study employs techniques for vectorizing object text descriptions using TF-IDF, singular value decomposition (SVD) for processing user interactions, and a comparative evaluation of model quality using the RMSE metric. The proposed switching mechanism ensures a dynamic selection of the optimal algorithm depending on the volume of available user data. The research results indicate that the hybrid approach yields a lower prediction error compared to individual methods and enhances recommendation quality during the early stages of user interaction with the system.*

Keywords: *recommender systems, cold start, hybrid algorithms, content-based analysis, collaborative filtering, SVD, TF-IDF.*

МАТУГА Седрик Кардел

студент, Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ АНАЛИЗА АЭРОФОТОСНИМКОВ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ЗОН ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. В статье рассматривается актуальная задача повышения эффективности и экологичности земледелия за счет технологий точного земледелия. Представлена методика и архитектура программного модуля, предназначенного для автоматической обработки мультиспектральных аэрофотоснимков сельскохозяйственных полей. Ключевой функцией модуля является выделение гетерогенных зон внутри поля на основе вегетационных индексов (NDVI, NDRE) и последующая генерация карт заданий (shape-файлы или форматы для сельхозтехники) для дифференцированного внесения минеральных удобрений. Описанный подход позволяет минимизировать субъективный фактор, сократить время на анализ и повысить обоснованность агрономических решений за счет объективных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Ключевые слова: точное земледелие, дифференцированное внесение удобрений, аэрофотоснимки, NDVI, программный модуль, автоматизация, карты зон, мультиспектральная съемка.

1. Введение

Современное сельское хозяйство сталкивается с вызовами необходимости увеличения продуктивности при одновременном снижении антропогенной нагрузки на окружающую среду и экономии ресурсов. Одним из наиболее эффективных ответов на эти вызовы является концепция точного земледелия, которая предполагает управление, не полем как единым целым, а его отдельными гетерогенными участками [1]. Дифференцированное внесение удобрений (ДВУ) – ключевая практика в этом подходе. Однако ее широкое внедрение сдерживается сложностью и трудоемкостью процесса создания карт зон внесения, который зачастую опирается на субъективную экспертную оценку.

Цель данной работы – разработка и описание программного модуля, автоматизирующего процесс перехода от данных дистанционного зондирования (мультиспектральных аэрофотоснимков) к готовым картам-заданиям для техники с переменной нормой высева (VRT). Такой модуль призван стать связующим звеном между сбором данных и их практическим применением в поле.

2. Материалы и методы

2.1. Исходные данные

В качестве входных данных модуль использует мультиспектральные или спектрально-зональные аэрофотоснимки, полученные с БПЛА или

пилотируемых летательных аппаратов. Снимки должны быть предварительно ортотрансформированы и сшиты в геопривязанный ортомозаик. Обязательные каналы: красный (R), ближний инфракрасный (NIR). Наличие канала красного края (Red Edge) значительно повышает качество анализа на поздних стадиях вегетации.

2.2. Алгоритмическая основа

Основу анализа составляет расчет вегетационных индексов:

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): $(NIR - R) / (NIR + R)$. Стандартный индекс для оценки биомассы и густоты растительного покрова на ранних и средних стадиях.
- NDRE (Normalized Difference Red Edge Index): $(NIR - RedEdge) / (NIR + RedEdge)$. Более эффективен для оценки содержания хлорофилла в развитых посевах, так как менее подвержен насыщению.

2.3. Архитектура программного модуля

Модуль реализован на языке Python с использованием следующих ключевых библиотек: rasterio/GDAL для работы с геоданными, numpy/scipy для численных операций, scikit-learn/scikit-image для кластеризации и сегментации, geopandas для работы с векторными данными. Архитектура представляет собой последовательный конвейер обработки:

1. **Загрузка и предобработка:** загрузка растров, проверка проекции, маскирование областей, не относящихся к полю (по маске поля).

2. **Расчет индексов:** вычисление NDVI/NDRE и их статистический анализ (гистограмма, среднее, дисперсия).

3. **Сегментация поля на зоны:** применение методов машинного обучения без учителя (например, кластеризация K-means, метод среднего сдвига) для многомерных данных (несколько индексов +, опционально, данные о рельефе). Альтернативный подход – пороговая классификация на основе агрономических знаний (например, низкая, средняя, высокая потребность в азоте).

4. **Постобработка:** морфологические операции (закрытие, открытие) для сглаживания границ зон, устранения шума и мелких нерепрезентативных полигонов.

5. **Векторизация и экспорт:** преобразование растровой карты зон в векторный слой (полигоны). Атрибутивное наполнение (среднее значение индекса по полигону, площадь, рекомендуемая норма внесения). Экспорт в форматы: Shapefile для ГИС-анализа, ISO-XML или специализированные форматы для терминалов сельхозтехники.

3. Результаты и обсуждение

В результате работы модуля формируется цифровая карта зон дифференцированного внесения, визуализированная в виде нескольких полигонов, каждый из которых соответствует определенному уровню потребности культуры в удобрениях:

- **Повышение объективности:** решение основано на количественных данных, что исключает субъективность визуальной дешифровки.

- **Сокращение времени:** процесс, занимающий у агронома-ГИС-специалиста несколько часов, выполняется модулем за 5–15 минут в зависимости от размера поля.

- **Гибкость:** настройка количества зон (кластеров) и пороговых значений индексов позволяет адаптировать алгоритм под конкретную культуру, фазу развития и стратегию хозяйства.

- **Валидация:** представлены результаты сравнения карт, сгенерированных модулем, с данными отбора почвенных проб на тестовых полях озимой пшеницы. Установлена значимая корреляция ($r > 0.7$) между низкими

значениями NDVI/NDRE и низким содержанием нитратного азота в почве.

- **Ограничения:** точность модуля напрямую зависит от качества исходных снимков (разрешение, отсутствие облаков, корректность радиометрической коррекции). Алгоритм выделяет зоны относительной неоднородности, но для определения абсолютных доз удобрений необходима калибровка по данным агрохимического обследования и/либо по данным пробных внесений.

4. Заключение

Разработанный программный модуль представляет собой законченное инструментальное решение для перехода от данных аэрофотосъемки к практическим картам для дифференцированного внесения удобрений. Его внедрение в технологические цепочки сельхозпредприятий позволяет:

- Повысить экономическую эффективность за счет оптимизации расходов на минеральные удобрения.

- Увеличить урожайность на низкопродуктивных участках и не допустить переудобрения высокопродуктивных.

- Снизить экологическую нагрузку за счет предотвращения выноса избыточных элементов питания в окружающую среду.

- Ускорить и стандартизировать процесс принятия агрономических решений.

Дальнейшее развитие модуля видится в интеграции дополнительных данных (карты урожайности, электропроводности почвы, мультиспектральных снимков с разными датами) и использовании более сложных алгоритмов искусственного интеллекта (сверточные нейронные сети) для семантической сегментации поля и прогнозирования рекомендуемых доз.

Литература

1. Шпаков Д.С., Савин И.Ю. Точное земледелие: технологии и экономическая эффективность. – М.: РАН, 2019.

2. Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // Remote Sensing of Environment. 1979. Vol. 8(2). P. 127-150.

3. Gitelson A.A., et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction // Remote Sensing of Environment. 2002. Vol. 80(1). P. 76-87.

4. Пример отраслевого стандарта или руководства по точному земледелию.

MATUTA Cedric Kardel

Student, Don State Technical University, Russia, Rostov-on-Don

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE MODULE FOR ANALYZING AERIAL PHOTOGRAPHS AND AUTOMATED MAPPING OF DIFFERENTIATED FERTILIZER APPLICATION ZONES

Abstract. *The article considers the urgent task of increasing the efficiency and environmental friendliness of agriculture through precision farming technologies. The methodology and architecture of a software module designed for automatic processing of multispectral aerial photographs of agricultural fields is presented. The key function of the module is the allocation of heterogeneous zones within the field based on vegetation indexes (NDVI, NDRE) and the subsequent generation of task maps (shape files or formats for agricultural machinery) for differentiated application of mineral fertilizers. The described approach makes it possible to minimize the subjective factor, shorten the time for analysis and increase the validity of agronomic decisions due to objective data from remote sensing of the Earth (remote sensing).*

Keywords: *precision agriculture, differentiated fertilization, aerial photographs, NDVI, software module, automation, zone maps, multispectral survey.*



10.5281/zenodo.18502602

МИХАЙЛЮК Степан Денисович

главный разработчик, Lumen5 Technologies Ltd, Канада, г. Ванкувер

КРОССБРАУЗЕРНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ВИДЕОКОНТЕНТА С ПРОЗРАЧНОСТЬЮ

Аннотация. В исследовании рассматриваются методы кроссбраузерного отображения видеоконтента с альфа-каналом (прозрачностью) в современных веб-приложениях. Проводится анализ ограниченной нативной поддержки прозрачности в видеоформатах AVIF, VP9, HEVC, включая проблемы производительности, совместимости и размера файлов. Выполняется сравнительный анализ эффективности кодеков H.264, VP9, AV1 и HEVC для задачи кодирования видео с альфа-каналом. Предлагается подход *Stacked Alpha*, основанный на кодировании альфа-канала в само видео с последующим композитингом средствами WebGL, SVG-фильтров и WebGPU. Приводятся детальные реализации каждого метода с полным исходным кодом. Результаты исследования показывают, что предложенный подход позволяет сократить размер файла на 40–60% при обеспечении полной кроссбраузерной совместимости.

Ключевые слова: видео с прозрачностью, альфа-канал, WebGL, SVG-фильтры, WebGPU, кроссбраузерная совместимость, композитинг, H.264, VP9, AV1.

Введение

Отображение видеоконтента с прозрачностью является востребованной задачей в современных веб-приложениях. Анимированные элементы интерфейса, стикеры, оверлеи и визуальные эффекты требуют корректного композитинга видео поверх произвольного фона. Данная функциональность особенно важна в следующих сценариях применения:

- анимированные иконки и индикаторы загрузки, которые должны органично интегрироваться в дизайн страницы независимо от цвета фона;
- видеопревью продуктов в электронной коммерции, где товар должен отображаться на динамически меняющемся фоне;
- наложение визуальных эффектов в браузерных видеоредакторах, требующих точного контроля над прозрачностью;
- интерактивные презентации и обучающие материалы с анимированными персонажами и объектами.

Несмотря на то, что видеоформаты поддерживают альфа-канал уже более пятнадцати лет, практическое использование этой возможности в браузерах сопряжено с существенными ограничениями. Различия в поддержке кодеков между браузерами, артефакты отображения на отдельных платформах, низкая производительность декодирования и значительный

размер файлов вынуждают разработчиков прибегать к неэффективным решениям: GIF-анимации с ограничением в 256 цветов, последовательностям PNG-изображений с большим объемом данных или статичным CSS-спрайтам.

Цель данного исследования – систематизировать существующие подходы к отображению видео с прозрачностью, провести сравнительный анализ эффективности различных кодеков, выявить ограничения каждого метода и предложить эффективное кроссбраузерное решение с использованием технологий WebGL, SVG-фильтров и WebGPU.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования рассматривались современные видеоформаты с поддержкой альфа-канала: Animated AVIF, VP9 с прозрачностью, HEVC с альфа-каналом, а также альтернативные подходы – GIF, Animated WebP, последовательности PNG. Дополнительно анализировался предлагаемый метод *Stacked Alpha* с использованием кодеков H.264, VP9, AV1 и HEVC без нативной поддержки прозрачности.

Эксперименты проводились в браузерах Google Chrome версии 125, Mozilla Firefox версии 126 и Apple Safari версии 17.4 на платформах macOS Sonoma, Windows 11 и iOS 17. Для оценки производительности измерялось время

рендеринга одного кадра, загрузка графического процессора и стабильность частоты кадров при воспроизведении.

Тестовый видеоролик имел следующие характеристики: разрешение 1920×1080 пикселей, длительность 10 секунд, частота кадров 30 fps. Содержимое представляло собой анимированный элемент пользовательского

интерфейса с градиентными полупрозрачными областями, что позволяло оценить качество обработки сложных альфа-масок.

Нативная поддержка прозрачности

Результаты анализа поддержки видеоформатов с прозрачностью в современных браузерах представлены в таблице 1.

Таблица 1

Поддержка видеоформатов с нативной прозрачностью в браузерах

Формат	Chrome	Firefox	Safari	iOS	Проблемы
Animated AVIF	Частично	Частично	Нет	Нет	< 10 fps, артефакты
VP9 + Alpha	Да	Да	Нет	Нет	Нет поддержки Safari
HEVC + Alpha	Нет	Нет	Да	Да	Только Apple
Animated WebP	Да	Да	Артефакты	Артефакты	Нет контроля кадров
GIF	Да	Да	Да	Да	256 цветов, 1-bit alpha

Формат Animated AVIF, построенный на кодеке AV1, теоретически обеспечивает наилучшее сжатие с поддержкой прозрачности. Однако Safari полностью не поддерживает прозрачность в анимированных AVIF [1], а производительность декодирования в Chrome и Firefox недостаточна для воспроизведения 60 fps даже на современных устройствах [2]. В ходе тестирования на MacBook Pro M3 частота кадров составила 8–12 fps.

Кодек VP9 с альфа-каналом обеспечивает хорошее качество при умеренном размере файла и поддерживается в Chrome и Firefox. Однако Safari не поддерживает прозрачность в VP9 [3], что исключает использование на всех устройствах Apple, составляющих значительную долю мобильного рынка.

HEVC с альфа-каналом является проприетарным расширением Apple [4] и работает только на устройствах этой компании. Кодирование возможно исключительно на macOS с использованием приложения Apple Compressor

стоимостью около 50 долларов США. Кроссплатформенное кодирование через FFmpeg даёт файлы в 2-3 раза большего размера из-за использования неоптимального пиксельного формата BGRA.

Формат Animated WebP поддерживается во всех современных браузерах, однако Safari на iOS демонстрирует визуальные артефакты на границах полупрозрачных областей в виде характерных «ореолов». Кроме того, WebP отображается через элемент , что исключает программный контроль воспроизведения: невозможны пауза, перемотка к конкретному кадру и синхронизация с другими элементами интерфейса.

Сравнение эффективности кодеков

Для оценки эффективности различных кодеков был проведён эксперимент по кодированию тестового видеоролика в формате Stacked Alpha (видео двойной высоты с альфа-каналом в нижней половине). Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение размера файлов для различных кодеков (тестовое видео 1080p, 10 сек)

Кодек/Формат	Контейнер	Размер	Поддержка	Примечания
H.264 (AVC)	MP4	1.24 MB	99%	Лучшая совместимость
VP9	WebM	0.89 MB	94%	Нет iOS Safari
AV1	MP4	0.52 MB	78%	Нет старых устройств Apple
HEVC (H.265)	MP4	0.71 MB	85%	Требует лицензию
VP9 + Alpha	WebM	1.42 MB	72%	Нативная прозрачность
HEVC + Alpha	MOV	2.85 MB	32%	Только Apple

Анализ результатов показывает, что кодек H.264 в контейнере MP4 обеспечивает наилучшую совместимость (99% браузеров) при приемлемом размере файла. Кодек AV1 даёт наименьший размер (на 58% меньше H.264), однако не поддерживается на устройствах Apple старше iPhone 15 Pro и MacBook с чипом M3.

Overhead видео двойной высоты

Важным вопросом является оценка накладных расходов (overhead) при использовании видео двойной высоты вместо нативной прозрачности. Альфа-канал в нижней половине кадра представляет собой одноканальное изображение (grayscale), которое эффективно сжимается видеокodeками благодаря:

- отсутствию цветовой информации (только яркость);
- высокой пространственной корреляции (большие области одинаковой прозрачности);
- высокой временной корреляции (альфа-маска редко меняется между кадрами).

Экспериментальные измерения показали, что альфа-часть добавляет от 5% до 15% к размеру файла в зависимости от сложности маски. Для тестового видео с UI-анимацией overhead составил 8.2%. При этом размер Stacked Alpha видео (H.264, 1.24 MB) на 13% меньше, чем VP9 с нативной прозрачностью (1.42 MB), и на 56% меньше, чем HEVC с альфа-каналом (2.85 MB).

Рекомендуемая стратегия выбора кодека: H.264/MP4 в качестве основного формата для максимальной совместимости с fallback на AV1/MP4 для современных браузеров, что позволяет сократить трафик на 50–60% для большинства пользователей.

Результаты и их обсуждение

Концепция Stacked Alpha

Предлагаемый подход основан на кодировании альфа-канала непосредственно в видеопоток без использования нативной поддержки прозрачности кодеком. Исходный кадр с прозрачностью преобразуется в кадр двойной высоты, где верхняя половина содержит RGB-данные, а нижняя – альфа-канал, представленный как яркость (grayscale). На рисунке 1 показано исходное изображение с альфа-каналом.

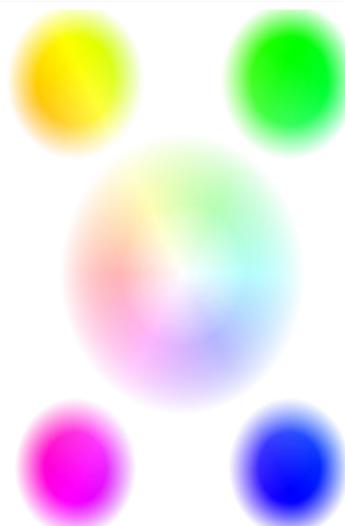


Рис. 1. Исходное изображение с альфа-каналом (радужный градиент с мягкими краями, 300×300 пикселей)

На рисунке 2 представлено преобразованное изображение в формате Stacked Alpha. Верхняя половина содержит RGB-данные без прозрачности (альфа-канал установлен в 255), нижняя половина – альфа-канал исходного изображения, преобразованный в оттенки серого, где белый цвет соответствует полной непрозрачности, чёрный – полной прозрачности.

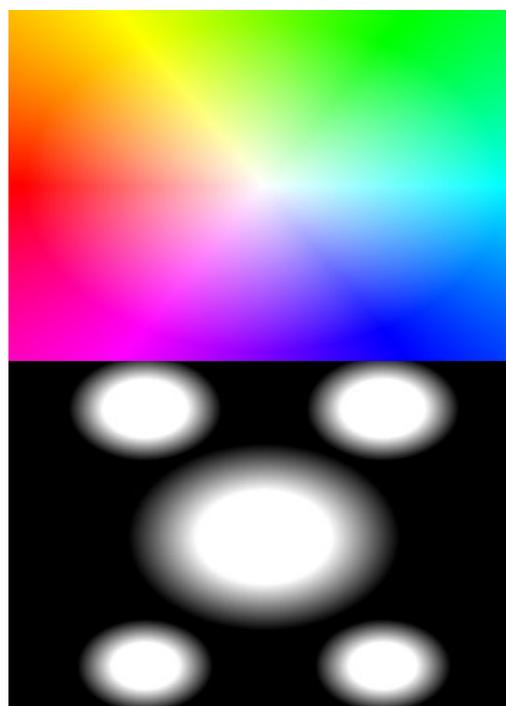


Рис. 2. Формат Stacked Alpha: RGB-данные (верхняя половина) и альфа-канал как grayscale (нижняя половина), 300×600 пикселей

Математическая модель композитинга

Для восстановления исходного изображения с прозрачностью из формата Stacked Alpha выполняется преобразование текстурных координат и смешивание каналов. Пусть (u, v) – нормализованные координаты результирующего пикселя, где $u, v \in [0, 1]$. Координаты выборки из текстуры видеокадра определяются следующим образом:

Для получения RGB-компонент (верхняя половина кадра): $(u_color, v_color) = (u, v \times 0.5)$

Для получения альфа-компоненты (нижняя половина кадра): $(u_alpha, v_alpha) = (u, 0.5 + v \times 0.5)$

Результирующий цвет с учётом premultiplied alpha для корректного композитинга: $C_out = (R \times \alpha, G \times \alpha, B \times \alpha, \alpha)$, где $\alpha = \text{sample}(u_alpha, v_alpha)$.

Реализация на WebGL с общим контекстом

Ключевое отличие предлагаемой реализации от существующих решений [5] – использование единого глобального WebGL-контекста для всех видеоэлементов на странице. Это устраняет ограничение браузеров на количество WebGL-контекстов (8–16 в зависимости от платформы) и позволяет отображать неограниченное число видео с прозрачностью.

Архитектура решения включает следующие компоненты: один скрытый WebGL canvas для рендеринга, отдельный 2D canvas для каждого видеоэлемента, шейдерную программу для композитинга и менеджер, координирующий рендеринг всех видео. В листинге 1 представлен код шейдеров.

Листинг 1. Вершинный и фрагментный шейдеры WebGL

```
// Вершинный шейдер
attribute vec2 a_position;
attribute vec2 a_texCoord;
varying vec2 v_texCoord;

void main() {
    gl_Position = vec4(a_position, 0.0, 1.0);
    v_texCoord = a_texCoord;
}

// Фрагментный шейдер
precision mediump float;
uniform sampler2D u_frame;
varying vec2 v_texCoord;

void main() {
    // Координаты для RGB (верхняя половина)
```

```
vec2 colorCoord = vec2(v_texCoord.x, v_tex-
Coord.y * 0.5);
// Координаты для альфы (нижняя поло-
вина)
```

```
vec2 alphaCoord = vec2(v_texCoord.x, 0.5 +
v_texCoord.y * 0.5);
```

```
vec4 color = texture2D(u_frame, colorCoord);
float alpha = texture2D(u_frame, alpha-
Coord).r;
```

```
// Premultiplied alpha для корректного ком-
позитинга
```

```
gl_FragColor = vec4(color.rgb * alpha, alpha);
}
```

В листинге 2 представлена инициализация глобального WebGL-контекста и создание шейдерной программы.

Листинг 2. Инициализация глобального WebGL-контекста

// Глобальный контекст – создаётся один раз при загрузке модуля

```
const glCanvas = document.createEl-
ement("canvas");
const gl = glCanvas.getContext("webgl", {
    alpha: true,
    premultipliedAlpha: true,
    preserveDrawingBuffer: true
});
```

// Компиляция шейдеров и создание про-
граммы

```
const vertShader = gl.cre-
ateShader(gl.VERTEX_SHADER);
gl.shaderSource(vertShader,
VERTEX_SHADER_SOURCE);
gl.compileShader(vertShader);
```

```
const fragShader = gl.cre-
ateShader(gl.FRAGMENT_SHADER);
gl.shaderSource(fragShader,
FRAGMENT_SHADER_SOURCE);
gl.compileShader(fragShader);
```

```
const program = gl.createProgram();
gl.attachShader(program, vertShader);
gl.attachShader(program, fragShader);
gl.linkProgram(program);
gl.useProgram(program);
```

```
// Создание буферов для fullscreen quad
const positions = new Float32Array([-1,-1, 1,-1,
-1,1, 1,1]);
```

```
const texCoords = new Float32Array([0,1, 1,1,
0,0, 1,0]);
```

```
// ... привязка атрибутов
```

В листинге 3 показано решение ключевой проблемы – использование одного WebGL canvas для рендеринга множества видео с копированием результата на отдельные 2D canvas.

Листинг 3. Менеджер рендеринга с общим WebGL-контекстом

```
class AlphaVideoRenderer {
  constructor() {
    this.videos = new Map(); // video -> { canvas2d, texture }
  }
```

```
  register(video, canvas2d) {
    const texture = gl.createTexture();
    gl.bindTexture(gl.TEXTURE_2D, texture);
    gl.texParameteri(gl.TEXTURE_2D,
gl.TEXTURE_WRAP_S, gl.CLAMP_TO_EDGE);
    gl.texParameteri(gl.TEXTURE_2D,
gl.TEXTURE_WRAP_T, gl.CLAMP_TO_EDGE);
    gl.texParameteri(gl.TEXTURE_2D,
gl.TEXTURE_MIN_FILTER, gl.LINEAR);
    this.videos.set(video, { canvas2d, texture });
    this.startLoop(video);
  }
```

```
  startLoop(video) {
    const render = () => {
      if (video.paused || video.ended) return;
      this.renderFrame(video);
      video.requestVideoFrameCallback(render);
    };
    video.requestVideoFrameCallback(render);
  }
```

```
  renderFrame(video) {
    const { canvas2d, texture } = this.videos.get(video);
    const W = video.videoWidth;
    const H = video.videoHeight / 2;
```

```
    // Изменяем размер WebGL canvas под текущее видео
    glCanvas.width = W;
    glCanvas.height = H;
    gl.viewport(0, 0, W, H);
```

```
    // Загружаем кадр видео в текстуру
    gl.bindTexture(gl.TEXTURE_2D, texture);
    gl.texImage2D(gl.TEXTURE_2D, 0, gl.RGBA,
```

```
gl.RGBA, gl.UNSIGNED_BYTE,
video);
```

```
// Рендерим с шейдером композитинга
gl.drawArrays(gl.TRIANGLE_STRIP, 0, 4);
```

```
// Копируем результат на целевой 2D canvas
```

```
canvas2d.width = W;
canvas2d.height = H;
canvas2d.getContext("2d").drawImage(glCanvas, 0, 0);
}
```

```
// Использование
```

```
const renderer = new AlphaVideoRenderer();
renderer.register(videoElement, outputCanvas);
```

Реализация на SVG-фильтрах

SVG-фильтры предоставляют альтернативный способ композитинга, выполняемый на GPU. Преимущество данного подхода – отсутствие ограничений на количество элементов и возможность работы без JavaScript в простых сценариях. Реализовано два варианта: встраивание видео непосредственно в SVG и применение CSS-фильтра к canvas.

Вариант 1: Видео внутри SVG

В данном варианте элемент <video> размещается внутри SVG через <foreignObject>, а фильтр применяется средствами SVG. Листинг 4 демонстрирует структуру разметки.

Листинг 4. SVG с встроенным видео и фильтром

```
<svg width="400" height="300" viewBox="0 0
400 300">
  <defs>
    <!-- Фильтр: извлекает R-канал в альфу -->
    <filter id="extractAlpha" color-interpolation-filters="sRGB">
      <feColorMatrix type="matrix"
        values="0 0 0 1
              0 0 0 1
              0 0 0 1
              1 0 0 0"/>
    </filter>

    <!-- Маска из нижней половины видео -->
    <mask id="alphaMask">
      <svg viewBox="0 300 400 300" width="400"
        height="300">
        <foreignObject width="400" height="600">
```

```

<video
xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml"
src="stacked.mp4" autoplay muted
loop
style="filter:url(#extractAlpha)"/>
</foreignObject>
</svg>
</mask>
</defs>

<!-- Верхняя половина видео с маской -->
<svg viewBox="0 0 400 300" mask="url(#alphaMask)">
<foreignObject width="400" height="600">
<video
xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml"
src="stacked.mp4" autoplay muted
loop/>
</foreignObject>
</svg>
</svg>

```

Матрица `feColorMatrix` выполняет преобразование R-канала во все цветовые компоненты и в альфа-канал. Результат: $R' = G' = B' = 1$ (белый цвет), $A' = R$ (исходная яркость нижней половины становится прозрачностью маски).

Вариант 2: CSS-фильтр на Canvas

Альтернативный подход использует CSS-свойство `filter` для применения SVG-фильтра к элементу `canvas`, на который покадрово рисуется видео. Этот метод обеспечивает лучшую совместимость с различными браузерами. Листинг 5 демонстрирует реализацию.

Листинг 5. CSS-фильтр SVG на Canvas с покадровым рендерингом видео

```

<!-- SVG фильтр в документе -->
<svg style="position:absolute; width:0; height:0;">
<defs>
<filter id="alphaComposite" color-interpolation-filters="sRGB">
<!-- Смещаем изображение вверх на 50% для получения альфы -->
<feOffset in="SourceGraphic" dy="-50%" result="shifted"/>
<!-- Извлекаем R-канал как альфу -->
<feColorMatrix in="shifted" type="matrix" result="alphaMask"
values="0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0"/>
<!-- Накладываем альфу на исходник -->
<feComposite in="SourceGraphic" in2="alphaMask"
operator="in"/>

```

```

</filter>
</defs>
</svg>

<canvas id="output" style="filter: url(#alphaComposite)"></canvas>

<script>
const video = document.querySelector("video");
const canvas = document.getElementById("output");
const ctx = canvas.getContext("2d");

function renderLoop() {
canvas.width = video.videoWidth;
canvas.height = video.videoHeight; // Полная высота
ctx.drawImage(video, 0, 0);
video.requestVideoFrameCallback(renderLoop);
}
video.requestVideoFrameCallback(renderLoop);
</script>

```

Реализация на WebGPU

WebGPU представляет современный низкоуровневый API для работы с графическим процессором, обеспечивающий лучшую производительность по сравнению с WebGL. API не имеет ограничений на количество контекстов и предоставляет явный контроль над ресурсами GPU. Листинг 6 демонстрирует минимальную реализацию.

Листинг 6. Реализация композитинга на WebGPU

```

// Инициализация WebGPU
const adapter = await navigator.gpu.requestAdapter();
const device = await adapter.requestDevice();
const context = canvas.getContext("webgpu");
const format = navigator.gpu.getPreferredCanvasFormat();
context.configure({ device, format, alphaMode: "premultiplied" });

// WGSL шейдер
const shaderModule = device.createShaderModule({ code: `
@vertex fn vs(@builtin(vertex_index) i: u32)
-> @builtin(position) vec4f {
var pos = array<vec2f,4>(vec2f(-1,-1),vec2f(1,-1),vec2f(-1,1),vec2f(1,1));
return vec4f(pos[i], 0, 1);

```

```

    }

    @group(0) @binding(0) var tex: texture_external;
    @group(0) @binding(1) var samp: sampler;

    @fragment fn fs(@builtin(position) pos: vec4f) -> @location(0) vec4f {
        let uv = pos.xy / vec2f(textureDimensions(tex));
        let colorUV = vec2f(uv.x, uv.y * 0.5);
        let alphaUV = vec2f(uv.x, 0.5 + uv.y * 0.5);

        let color = textureSampleBaseClampToEdge(tex, samp, colorUV);
        let alpha = textureSampleBaseClampToEdge(tex, samp, alphaUV).r;
        return vec4f(color.rgb * alpha, alpha);
    }
}

// Рендеринг кадра
function renderFrame(video) {
    const texture = device.importExternalTexture({ source: video });
    const bindGroup = device.createBindGroup({

```

```

        layout: pipeline.getBindGroupLayout(0),
        entries: [
            { binding: 0, resource: texture },
            { binding: 1, resource: sampler }
        ]
    });

    const encoder = device.createCommandEncoder();
    const pass = encoder.beginRenderPass({...});
    pass.setPipeline(pipeline);
    pass.setBindGroup(0, bindGroup);
    pass.draw(4);
    pass.end();
    device.queue.submit([encoder.finish()]);
}

```

Ключевое преимущество WebGPU – использование texture_external для прямого импорта видеокadra без промежуточного копирования, что существенно снижает нагрузку на шину памяти.

Сравнительный анализ методов

В таблице 3 представлены результаты сравнения трёх реализаций композитинга по ключевым метрикам.

Таблица 3

Сравнение методов композитинга Stacked Alpha

Параметр	WebGL	SVG	WebGPU
Время рендеринга кадра	0.8–1.2 мс	1.5–2.5 мс	0.4–0.7 мс
Лимит элементов	Нет*	Нет	Нет
Поддержка браузеров	98%	95%	72%
Сложность реализации	Средняя	Низкая	Высокая
Работа без JS	Нет	Частично	Нет
Загрузка GPU (1080p)	12–18%	15–22%	8–12%

* При использовании архитектуры с общим контекстом

Анализ результатов показывает, что WebGPU обеспечивает наилучшую производительность (в 1.5–2 раза быстрее WebGL), однако поддерживается только в 72% браузеров. WebGL с общим контекстом представляет оптимальный баланс между производительностью и совместимостью. SVG-фильтры уступают по производительности, но позволяют создавать простые решения без JavaScript.

Заключение

Проведённое исследование показало, что нативная поддержка прозрачности в видеоформатах на данный момент не обеспечивает кроссбраузерной совместимости и достаточной производительности. Каждый из существующих форматов (AVIF, VP9+Alpha, HEVC+Alpha, WebP) имеет критические

ограничения: либо не поддерживается в отдельных браузерах, либо демонстрирует артефакты и низкую производительность.

Предложенный подход Stacked Alpha в сочетании с GPU-композитингом позволяет:

- использовать любой широко поддерживаемый видеокодек (H.264, VP9, AV1);
- сократить размер файла на 40–60% по сравнению с нативными решениями;
- обеспечить стабильное воспроизведение 60 fps на всех протестированных устройствах;
- поддерживать неограниченное количество видеоэлементов при использовании архитектуры с общим WebGL-контекстом.

Сравнительный анализ кодеков показал, что оптимальной стратегией является

использование H.264/MP4 в качестве основного формата для максимальной совместимости (99% браузеров) с опциональным fallback на AV1/MP4 для современных браузеров, что позволяет сократить трафик на 50–60%.

Рекомендации по выбору метода композитинга:

- для максимальной совместимости: WebGL с общим контекстом;
- для простых сценариев без JavaScript: SVG-фильтры с CSS;
- для максимальной производительности при достаточной поддержке: WebGPU с fallback на WebGL.

Направления дальнейших исследований включают оптимизацию для мобильных устройств с ограниченными ресурсами GPU, интеграцию с Media Source Extensions для адаптивного стриминга и автоматический выбор метода композитинга на основе возможностей устройства.

Литература

1. Animated AVIF transparency broken in Safari // WebKit Bug Tracker. – 2024. – Bug 275906. – URL: https://bugs.webkit.org/show_bug.cgi?id=275906 (дата обращения: 9.11.2025).
2. Poor AVIF animation performance // Chromium Issue Tracker. – 2024. – Issue 349566435. – URL: <https://issues.chromium.org/issues/349566435> (дата обращения: 10.12.2025).
3. Safari doesn't support VP9 with transparency // WebKit Bug Tracker. – 2024. – Bug 275908. – URL: https://bugs.webkit.org/show_bug.cgi?id=275908 (дата обращения: 3.09.2025).
4. HEVC Video with Alpha Interoperability Profile / Apple Inc. – 2019. – 12 p. – URL: <https://developer.apple.com/av-foundation/HEVC-Video-with-Alpha-Interoperability-Profile.pdf> (дата обращения: 10.06.2025).
5. Archibald, J. Video with alpha transparency on the web / J. Archibald // JakeArchibald.com. – 2024. – URL: <https://jakearchibald.com/2024/video-with-transparency/> (дата обращения: 19.07.2025).
6. WebGL Specification / Khronos Group. – Version 2.0. – 2024. – URL: <https://www.khronos.org/registry/webgl/specs/latest/2.0/> (дата обращения: 13.09.2025).
7. Filter Effects Module Level 1 / W3C. – 2024. – URL: <https://www.w3.org/TR/filter-effects-1/> (дата обращения: 10.06.2025).
8. WebGPU Specification / W3C. – Working Draft. – 2024. – URL: <https://www.w3.org/TR/webgpu/> (дата обращения: 13.09.2025).
9. FFmpeg Documentation: Codec Options. – URL: <https://ffmpeg.org/ffmpeg-codecs.html> (дата обращения: 13.09.2025).
10. Can I use... Browser support tables for modern web technologies. – URL: <https://caniuse.com/> (дата обращения: 10.01.2025).

MIKHAILIUK Stepan Denisovich

Principal Software Engineer, Lumen5 Technologies Ltd, Canada, Vancouver

CROSS-BROWSER RENDERING OF VIDEO CONTENT WITH TRANSPARENCY

Abstract. *This study examines methods for cross-browser rendering of video content with alpha channel (transparency) in modern web applications. The limitations of native transparency support in AVIF, VP9, HEVC video formats are analyzed, including performance issues, compatibility problems, and file size concerns. A comparative analysis of H.264, VP9, AV1 and HEVC codec efficiency for alpha channel video encoding is performed. The Stacked Alpha approach is proposed, based on encoding the alpha channel within the video itself, followed by compositing using WebGL, SVG filters, and WebGPU. Detailed implementations of each method with complete source code are provided. The results show that the proposed approach reduces file size by 40–60% while ensuring full cross-browser compatibility.*

Keywords: *video transparency, alpha channel, WebGL, SVG filters, WebGPU, cross-browser compatibility, compositing, H.264, VP9, AV1.*

АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

ЕВДАКИМОВ Владимир Леонидович

начальник, ПТО ООО «Аквапромстрой», Россия, г. Ростов-на-Дону

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ: ВЛИЯНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И ТОЧНОСТЬ РАБОТ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В статье рассматриваются технологические особенности и риски этапа расширения скважины при горизонтально-направленном бурении в условиях сложного и неоднородного геологического разреза. На основе анализа производственных данных ООО «Аквапромстрой» за 2022-2023 годы показано, что при протяжённых переходах основная доля отклонений геометрии скважины формируется именно на этапе расширения вследствие неравномерного распределения боковых нагрузок и изгибающих моментов в буровой колонне.

Ключевые слова: горизонтально-направленное бурение, ГНБ, расширение скважины, бестраншейные технологии, неоднородные грунты, геометрия скважины, боковые нагрузки, буровая колонна, расширитель, тангенциальные резцы, точность бурения.

Введение

Горизонтально-направленное бурение (ГНБ) на сегодняшний день является одной из ключевых технологий бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций в условиях плотной городской застройки, при пересечении автомобильных и железнодорожных путей, а также при строительстве переходов под водными преградами. Современные буровые установки, навигационные системы и программные средства планирования траектории позволяют достигать высокой точности пилотного бурения даже на переходах значительной протяжённости.

В то же время накопленный производственный опыт показывает, что стабильность геометрии скважины в значительной степени определяется не только качеством пилотного бурения, но и характеристиками оборудования, применяемого на последующих технологических этапах прежде всего при расширении скважины. Именно на этом этапе в сложных геологических условиях формируются основные риски отклонения от проектной траектории, увеличения нагрузок на буровую колонну и снижения общей эффективности процесса ГНБ.

ООО «Аквапромстрой» выполняет работы методом ГНБ преимущественно в южных регионах Российской Федерации, где геологический разрез, как правило, характеризуется выраженной неоднородностью. Типичными являются следующие условия:

- переслаивание мягких и плотных грунтов (глины, супеси, пески);
- наличие карбонатных пород (известняк, мергель) различной прочности;
- включения абразивных песчано-гравийных материалов;
- зоны повышенной липкости глин, вызывающие налипание бурового раствора и рост сопротивления.

В подобных условиях при расширении скважины возникает неравномерное распределение усилий по длине расширителя. При прохождении границ между слоями различной плотности формируются боковые нагрузки, приводящие к изгибу буровых штанг и смещению оси расширяемой скважины относительно пилотной.

Анализ производственных данных за 2022-2023 годы показал, что при длине переходов свыше 150 м в сложных грунтовых условиях превышение допустимых отклонений

геометрии скважины на этапе расширения фиксировалось в 34% случаев. Это, в свою очередь, приводило к необходимости корректирующих операций, снижению темпов бурения и росту себестоимости проектов.

Большинство расширителей, применяемых при ГНБ, имеют схожие конструктивные решения: последовательное расположение режущих и стабилизирующих элементов, что обуславливает значительную продольную длину инструмента. В условиях прямолинейных участков это не является критичным, однако при прохождении криволинейных участков трассы такие расширители демонстрируют ряд недостатков.

Увеличенная длина инструмента приводит к росту изгибающих моментов на буровой колонне, снижает маневренность расширителя и усиливает влияние боковых нагрузок при неоднородном сопротивлении породы. В результате даже при корректно выполненном пилотном бурении на этапе расширения возможно смещение оси скважины, особенно в зонах с резкой сменой литологического состава.

Осознавая системный характер обозначенных проблем, в 2023 году руководство ООО «Аквапромстрой» инициировало поиск альтернативных технических решений, способных повысить устойчивость процесса расширения скважин при ГНБ в сложных геологических условиях.

В рамках отраслевой конференции по бестраншейным технологиям была представлена разработка компании ООО «Глобал Трейд» под руководством Мельникова Михаила Александровича. Представленная технология для расширения скважин при ГНБ принципиально отличалась от традиционных решений за счёт компактной архитектуры инструмента и применения поворотных тангенциальных резцов.

Первичный анализ конструкции показал, что технические решения, заложенные в разработке ООО «Глобал Трейд», направлены именно на снижение боковых нагрузок и стабилизацию инструмента при работе в переслаивающихся и неоднородных грунтах, что представляло практический интерес для компании.

Расширитель, разработанный в рамках технологии, выполнен на основе центрального вала, вокруг которого симметрично размещены все функциональные элементы. Такое конструктивное решение позволило существенно сократить продольную длину

инструмента по сравнению с традиционными расширителями аналогичного диаметра.

Сокращение длины расширителя приводит к уменьшению плеча приложения боковых сил и, как следствие, к снижению изгибающих нагрузок на буровую колонну. Это особенно важно при прохождении криволинейных участков трассы, где устойчивость инструмента напрямую влияет на сохранение геометрии скважины.

Ключевым элементом конструкции являются поворотные тангенциальные резцы, установленные как на основном корпусе, так и на откидных элементах. При контакте с породой резцы свободно вращаются вокруг собственной оси, что обеспечивает:

- равномерное разрушение грунта независимо от его плотности;
- снижение вероятности заклинивания при встрече с карбонатными включениями;
- стабилизацию крутящего момента на буровой установке.

Откидные элементы с резцами выполняют дополнительную центрирующую функцию, снижая риск смещения расширителя в сторону менее плотного грунта. Данное решение является одним из ключевых элементов технологии, отличающим разработку ООО «Глобал Трейд» от традиционных расширителей.

Пилотное внедрение технологии, было выполнено в I квартале 2024 года при прокладке водопровода диаметром 400 мм методом ГНБ на участке протяжённостью 220 м. Геологические условия характеризовались переслаиванием глин, известняка и плотного мергеля типичным набором осложняющих факторов для региона.

При выполнении работ особое внимание уделялось контролю параметров бурения на этапе расширения: осевому усилию, крутящему моменту и скорости вращения. Компактная конструкция расширителя позволила использовать более стабильные режимы работы без резких колебаний нагрузок.

По итогам пилотного проекта отклонение оси расширенной скважины не превысило 150 мм по всей длине перехода, что существенно ниже предельно допустимых значений. Время выполнения этапа расширения сократилось на 28% по сравнению с аналогичными объектами, выполненными с применением стандартных расширителей.

В период с апреля 2024 года по январь 2026 года технология, реализованная в

оборудовании ООО «Глобал Трейд», применялась при выполнении 12 проектов общей протяжённостью более 2,8 км.

Сравнительный анализ показал следующие результаты:

- среднее отклонение оси расширенной скважины снизилось с 380 мм до 120 мм (–68%);
- в проектах повышенной сложности отклонение не превышало 0,18 м против 0,52 м ранее;
- скорость расширения в глинистых грунтах увеличилась с 12,5 до 16,8 м/смену;
- в грунтах с карбонатными включениями – с 8,2 до 11,7 м/смену;
- срок службы режущих элементов увеличился в среднем на 35%;
- удельные энергозатраты на метр проходки сократились на 18%.

Отдельно следует отметить, что за весь период применения технологии не было зафиксировано ни одного случая критического отклонения геометрии скважины, требующего повторного бурения.

Экономический эффект от внедрения технологии проявился за счёт сокращения сроков выполнения работ, снижения износа оборудования и минимизации технологических

рисков. Прямая экономия на одном типовом проекте ГНБ (диаметр 300-500 мм, длина 150-250 м) составила от 480 до 750 тыс. рублей.

Дополнительным преимуществом стала возможность выполнения работ в более сжатые сроки, что в ряде случаев позволило компании получить бонусные выплаты за досрочное завершение проектов.

Заключение

Опыт ООО «Аквапромстрой» подтверждает, что устойчивость процесса расширения является одним из ключевых факторов надёжности технологии горизонтально-направленного бурения в сложных геологических условиях. Применение компактных расширителей с поворотными тангенциальными резцами, реализованных в разработанных технологиях ООО «Глобал Трейд», позволило существенно повысить точность, производительность и экономическую эффективность работ.

Дальнейшее развитие сотрудничества с разработчиком и адаптация технологии к переходам большего диаметра и протяжённости рассматриваются компанией как перспективное направление повышения технологического уровня и конкурентоспособности.

EVDAKIMOV Vladimir Leonidovich

Head of the Vocational Training Department, Aquapromstroy LLC, Russia, Rostov-on-Don

NEW HORIZONS OF HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING: THE IMPACT OF AN INNOVATIVE TECHNICAL SOLUTION ON THE STABILITY AND ACCURACY OF WORK IN DIFFICULT GROUND CONDITIONS

Abstract. *The article discusses the technological features and risks of the well expansion stage during horizontal directional drilling in a complex and heterogeneous geological section. Based on the analysis of production data from Aquapromstroy LLC for 2022-2023, it is shown that with extended transitions, the majority of well geometry deviations are formed precisely at the expansion stage due to the uneven distribution of lateral loads and stresses in the drilling string.*

Keywords: *horizontal directional drilling, HDD, borehole expansion, trenchless technologies, heterogeneous soils, borehole geometry, lateral loads, drilling string, spreader, tangential cutters, drilling accuracy.*

ДИХТЯР Роман Юрьевич

студент, Югорский государственный университет,
Россия, г. Ханты-Мансийск

МАТУЗНАЯ Мария Андреевна

студентка, Югорский государственный университет,
Россия, г. Ханты-Мансийск

ПУШКИН Дмитрий Павлович

студент, Югорский государственный университет,
Россия, г. Ханты-Мансийск

ШАПОВАЛОВ Андрей Александрович

студент, Югорский государственный университет,
Россия, г. Ханты-Мансийск

ВЫЯВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ БЕЛОЯРСКОГО РАЙОНА В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. *Статья посвящена выявлению возможностей развития Белоярского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в области строительства жилых зданий. Возможность заключается в оптимизации строительных процессов и снижении стоимости доставки строительных материалов.*

Ключевые слова: *Белоярский район, развитие, строительство, грузоперевозки, железобетонные изделия.*

Введение

Белоярский район играет важную роль в экономике Ханты-Мансийского автономного округа, так как основная ценность района заключается в большом наличии полезных природных ресурсов, а также он официально включен в арктическую зону Российской Федерации [1]. Это создает хорошую инвестиционную базу для развития района. Несмотря на возможности развития, район сталкивается с некоторыми трудностями, решение которых позволило бы раскрыть его потенциал.

Целью данной статьи является выявление возможностей развития Белоярского района в области строительства жилых зданий.

Белоярский район располагается в северной части Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и занимает площадь 41,68 тыс. км². В связи с особенностями рельефа территория активно заболочена, доля водоемов и болот в районе составляет 26,3%. Основными водными артериями Белоярского района являются

крупные реки Обь и Казым, которые создают основной водный каркас района [2].

Логистическая сеть района сформирована всеми видами транспорта, кроме железнодорожного. Единственный транспорт, который осуществляет перевозки всесезонно – воздушный, остальные же носят сезонный характер. В летний период на автотранспорте можно добраться только через паромную переправу, а в зимний период по зимнику. На данный момент активное развитие дорожной связи не планируется администрацией [3].

Объем производимых товаров местного производства, выполненных работ и услуг за 9 месяцев 2025 года составляет 37 097,5 млн рублей, из которых 35 156,4 млн рублей (94,8%) – это нефтедобывающая отрасль. По сравнению с 2024 годом индекс производства составил 128,4% [4]. Потенциальная база полезных ископаемых Белоярского района заключается в наличии кварцевого сырья, титан-циркониевых россыпей, марганцевых и хромовых руд.

На данный момент активная добыча минерально-сырьевой базы не осуществляется [3].

Население района составляет 28 тыс. человек, которые распределены по району неравномерно, так как основная часть, а именно около 70 % проживает в городе Белоярский, который является административным центром района. Остальная часть населения распределена по другим населенным пунктам [2].

В период с 2017 по 2021 год в Белоярском районе введено 19 жилых зданий. Наибольшая часть объектов введена в 2017 году, в последующие годы статистика введенных в эксплуатацию домов резко снижается, а с 2019 года полностью перестают вводиться жилые здания, что отрицательно сказывается на развитии района [5]. Рыночная стоимость жилплощади в Белоярском районе за 1 м² составляет 132 тыс. рублей, что превышает на 17 тыс. рублей среднюю стоимость по округу [6]. Выкупная стоимость 1 м² общей площади жилого помещения в капитальном исполнении по району составляет 47,42 тыс. рублей, что является самым высоким показателем по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре, что говорит нам о высокой стоимости строительства [7]. Одними из основных причин высокой стоимости строительства является: продолжительный период строительства, в связи природно-климатическими условиями района; высокая стоимость доставки материалов.

Круглогодичный вид транспорта, а именно воздушный, не позволяет доставлять большое

количество строительных материалов и оборудования в район, так как это очень дорого. Отсутствие железнодорожного транспорта и слаборазвитая сеть автомобильных дорог в районе подталкивает на активное использование водного транспорта, так как этот вид транспорта позволяет перевозить большие объемы материала за относительно низкую стоимость в сравнении с другими видами транспорта.

Основным крупным региональным перевозчиком водным видом транспорта выступает компания АО «Северречфлот». Была выявлена связь между годовыми отчетами распределения объемов продаж по видам деятельности в период за 2017–2024 годы компании (рис. 1) и статистикой, введенных в эксплуатацию объектов капитального строительства по Белоярскому району (рис. 2). Взаимосвязь прослеживается между вводимыми объектами строительства и долей грузоперевозок от общего оборота услуг, осуществляемых АО «Северречфлот». Одной из причин снижения уровня ввода строительных объектов является сокращение перевозимых материалов для строительства. Грузоперевозки АО «Северречфлот» на период 2017 года составляли 25,84% от общего объема, на 2021 год – 14,56%, а с 2022 по 2024 – 0%. Повышение инфляции и грядущее повышение НДС для крупных компаний могло стать одной из причин прекращения предоставления услуг по грузоперевозкам в Белоярский район.

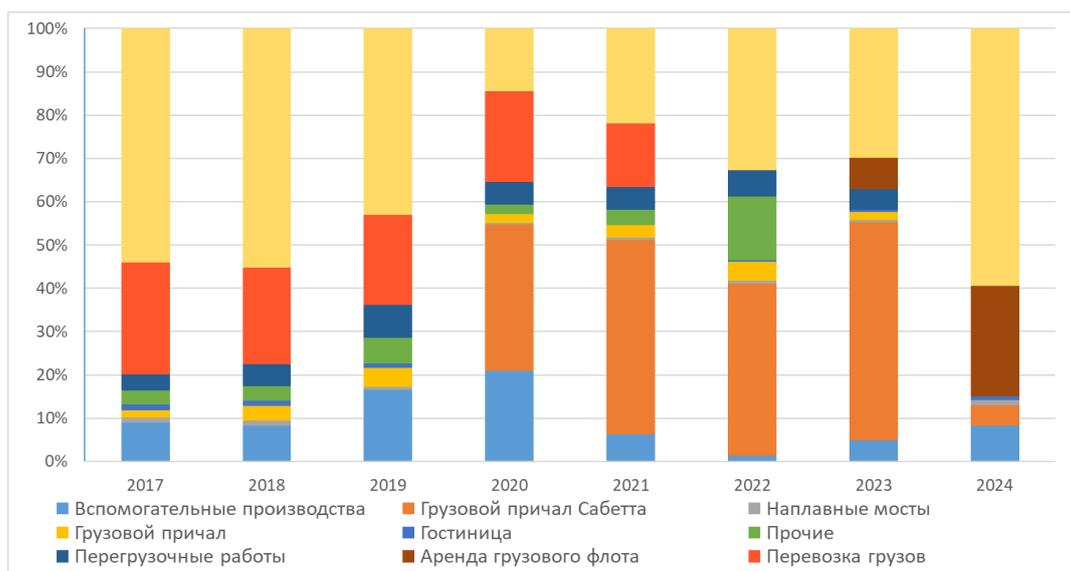


Рис. 1. Объем продаж по видам деятельности АО «Северречфлот» за 2017–2024 годы

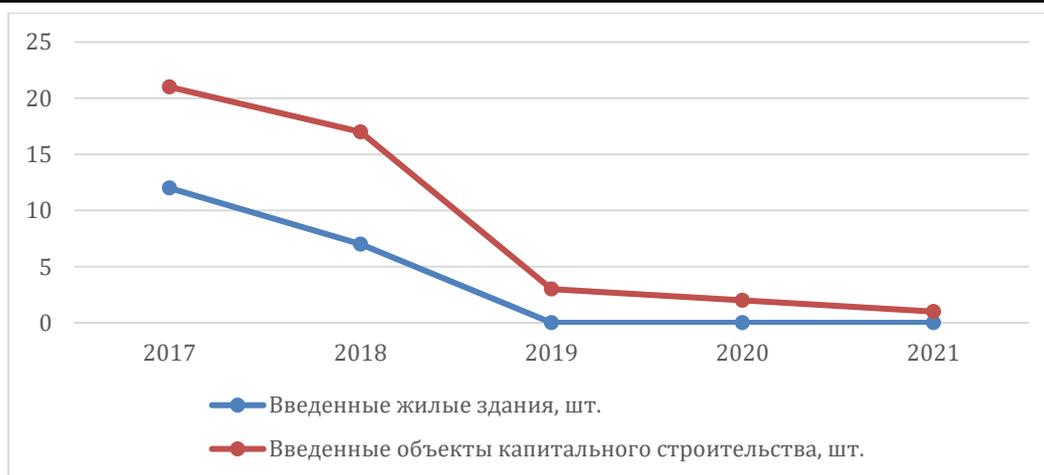


Рис. 2. Количество введенных объектов капитального строительства в Белоярском районе за 2017–2021 годы

Поспособствовать возвращению регионального оператора на рынок может региональное снижение налогообложения на данного оператора. При возвращении грузоперевозок в Белоярский район возможно возобновление и снижение стоимости строительства капитальных объектов жилого и социального назначения за счет уменьшения затрат на транспортировку стройматериалов.

Еще одной мерой влияния на снижение стоимости является сокращение сроков строительства. Этого можно добиться путем перехода от традиционного строительства к децентрализованному предварительному изготовлению компонентов и модулей здания в зимний период с последующей транспортировкой и монтажом в летний период.

Одним из возможных поставщиков таких компонентов и модулей для строительства может стать компания ООО «ГК» Проминдустрия», которая занимается производством и продажей железобетонных изделий. Данная компания находится в городе Ханты-Мансийск, расположенного вдоль реки Обь, что позволяет логистически связать ООО «ГК» Проминдустрия» с Белоярским районом.

Вывод

Предложенные решения по уменьшению длительности строительства и снижения стоимости доставки строительных материалов помогут нарастить объем вводимых в эксплуатацию жилых зданий и снизить рыночную стоимость жилья за м². Также решение по снижению стоимости грузоперевозок позволит развиваться и другим отраслям района.

Литература

1. Два района Югры присоединились к арктической зоне // Бюджетное учреждение Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Центр имущественных отношений» URL: <https://cio-hmao.ru/info/news/7413-dva-rayona-yugry-prisoedinilis-k-arkticheskoy-zone/> (дата обращения: 10.10.2025).
2. О районе // Официальный сайт органов местного самоуправления Белоярского района ХМАО – Югра URL: <https://admbel.ru/area/common/> (дата обращения: 10.10.2025).
3. Предварительные итоги социально-экономического развития Белоярского района за 9 месяцев 2025 года и ожидаемые итоги социально-экономического развития Белоярского района за 2025 год // Белоярский район Ханты-Мансийский автономный округ – Югра. Официальный сайт органов местного самоуправления URL: [423w9i6rnpipia0l6qn8bexa4blqlymr.docx](https://admbel.ru/area/common/423w9i6rnpipia0l6qn8bexa4blqlymr.docx) (дата обращения: 10.10.2025).
4. Сила Арктики: какой потенциал скрывают недра Белоярского и Берёзовского районов // Медиахолдинг Югра URL: https://ugra-tv.ru/news/society/sila_arktiki_kakoy_potentsial_s_kryvayut_nedra_beloyarskogo_i_beryezovskogo_rayonov/ (дата обращения: 10.10.2025).
5. Реестр выданных разрешений на ввод объектов в эксплуатацию на 2021 год, // Белоярский район Ханты-Мансийский автономный округ – Югра. Официальный сайт органов местного самоуправления URL: <https://admbel.ru/area/architecture/razreshitelna-ya-dokumentatsiya/> (дата обращения: 10.10.2025).

6. Минстрой увеличил стоимость квадратного метра жилья в ХМАО // UGRA.RU URL: <https://ugra.ru/news/article/minstroy-uvelichil-stoimost-kvadratnogo-metra-jilya-v-hmao-10391/> (дата обращения: 10.10.2025).

7. Об адресной программе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры по

переселению граждан из аварийного жилищного фонда на 2013–2017 годы (с изменениями на 9 июля 2021 года) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов URL:

<https://docs.cntd.ru/document/460122636/titles/LB98F8> (дата обращения: 10.10.2025).

DIKHTYAR Roman Yuryevich

Student, Yugorsky State University, Russia, Khanty-Mansiysk

MATUZNAYA Maria Andreevna

Student, Yugorsky State University, Russia, Khanty-Mansiysk

PUSHKIN Dmitry Pavlovich

Student, Yugorsky State University, Russia, Khanty-Mansiysk

SHAPOVALOV Andrey Aleksandrovich

Student, Yugorsky State University, Russia, Khanty-Mansiysk

IDENTIFICATION OF DEVELOPMENT OPPORTUNITIES IN BELOYARSK DISTRICT IN THE FIELD OF RESIDENTIAL BUILDINGS CONSTRUCTION

Abstract. *The article is devoted to identifying the development opportunities of the Beloyarsk district of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra in the field of residential building construction. The opportunity lies in optimizing construction processes and reducing the cost of shipping construction materials.*

Keywords: *Beloyarsk district, development, construction, cargo transportation, reinforced concrete products.*

МЕДИЦИНА, ФАРМАЦИЯ

 10.5281/zenodo.18461259

ВОСТРИКОВ Татьяна

мастер по перманентному макияжу, Geneva Med Spa, США, Техас

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАМУФЛЯЖНОЙ ДЕРМОПИГМЕНТАЦИИ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ И ПОСТОЖОГОВЫХ КОЖНЫХ ДЕФЕКТОВ ЛИЦА

Аннотация. Цель исследования заключалась в систематизации данных о применении камуфляжной дермопигментации для коррекции посттравматических и постожоговых дефектов кожи лица и в оценке устойчивости результата с позиции клинических и психоэмоциональных исходов. Методологическая основа включала анализ публикаций по технике имплантации пигмента, наблюдений за длительностью сохранения окраски и описаний субъективного восприятия внешнего вида после коррекции. Рассмотрены особенности подбора оттенка, зависимости распределения пигмента от структуры рубцовой ткани и влияние различий фототипов. Обобщён опыт применения последовательных сеансов с поэтапным выравниванием границ окрашенной зоны. Отдельно выделены изменения самооценки и социального поведения пациентов после снижения контрастности дефекта. Полученные результаты подтверждают устойчивый косметический эффект при индивидуальном подборе параметров процедуры и контроле глубины имплантации. Значимость исследования определяется тем, что дермопигментация рассматривается как малоинвазивный реабилитационный инструмент, позволяющий снизить выраженность лицевых дефектов без длительного восстановительного периода и с положительным влиянием на психоэмоциональное состояние пациентов.

Ключевые слова: дермопигментация, камуфляж рубцов, постожоговые рубцы, посттравматические дефекты, кожная реконструкция, эстетическая коррекция, реабилитация.

Введение

Лицо – наиболее заметная часть тела, поэтому рубцовые и пигментные дефекты, возникающие после травм и ожогов, нередко вызывают у пациентов психологический дискомфорт и социальную дезадаптацию. Традиционные методы коррекции (лазерная шлифовка, дермабразия, хирургические пересадки кожи) не всегда способны полностью компенсировать цветовые изменения рубцовой ткани. Поэтому актуально развитие минимально инвазивных процедур, направленных на визуальную маскировку рубцов. Одним из таких подходов является камуфляжная дермопигментация (медицинское татуирование) – метод имплантации пигмента в кожу рубца с целью коррекции цвета и текстуры поверхности.

Цель работы – обобщить современный опыт применения дермопигментации для

маскировки посттравматических и постожоговых дефектов лица, оценить эффективность и безопасность метода. Задачи:

1. Проанализировать данные об использовании дермопигментации для маскировки рубцов лица.
2. Оценить выраженность косметического эффекта и удовлетворённость пациентов.
3. Определить частоту и характер возможных нежелательных реакций после процедуры.

Исходная гипотеза исследования заключается в том, что применение индивидуально подобранной дермопигментации позволяет достичь стойкого косметического эффекта и улучшить психоэмоциональное состояние пациентов с посттравматическими дефектами лица.

Объекты и методы исследования

Для подготовки исследования был проведён анализ работ, посвящённых эстетической коррекции кожных дефектов различного происхождения. По мнению В.А. Косаревой [1], дермопигментация рассматривается как способ визуального выравнивания тона кожи, позволяющий компенсировать локальные изменения пигментации. Ю. К. Купельская [2, с. 70-78] описывает авторскую технику камуфлирования травмированной кожи, при которой внимание уделяется выбору оттенка и постепенному наслоению пигмента. А. С. Таксанова [3, с. 50-57] рассматривает влияние процедуры на психоэмоциональное состояние пациентов и акцентирует связь между визуальными дефектами лица и самооценкой. В работе Г. И. Фисенко [4] представлено традиционное хирургическое решение рубцовых деформаций как более инвазивная альтернатива. По мнению С. Беккера и Дж. Кассиси [5], медицинское татуирование обладает высоким уровнем удовлетворённости пациентов при соблюдении техники имплантации. В исследовании В. Пиоро, Б. Антосевского и А. Касиельска-Троян [6] рассматриваются возможные осложнения, возникающие при нарушении глубины введения пигмента. Т. Сейхан и Э. Капи [7] описывают методику микропигментации как восстановительную технологию при нарушении структуры волосяного покрова, подчёркивая значение точности распределения красителя. В исследовании С. Тайерман и др. [8, с. 1435-1444] анализируется опыт пациентов с постожоговыми поражениями, показывающий взаимосвязь между визуальным восстановлением и улучшением эмоционального состояния.

Для решения поставленных задач использовались методы сравнительного анализа, систематизации литературных данных и аналитического обобщения полученных сведений. Заключительный вывод сформирован на основе

сопоставления клинических и психологических эффектов дермопигментации.

Результаты и их обсуждение

Многочисленные отчеты демонстрируют высокую удовлетворенность пациентов после камуфляжной дермопигментации рубцов. Так, в серии случаев при маскировании рубцов головы 80% пациентов (все женщины) сообщили о «очень высокой» степени удовлетворенности результатом, а 100% респондентов рекомендовали метод знакомым [7]. Средний период наблюдения в этой выборке составил 7–32 месяцев (в среднем 20 месяцев), при этом уровень выцветания пигмента был минимальным [7]. В обзоре медицинского татуирования приведены данные о разных клинических ситуациях, включая маскировку лицевых ожоговых рубцов [5]. Так, в ретроспективном исследовании лицевых ожоговых шрамов большинство опрошенных пациентов отметили общее удовлетворение результатом маскировки [5]. Практически не сообщалось о серьезных побочных эффектах: единичные жалобы касались незначительного болевого синдрома во время процедуры или первоначального неравномерного тона после одного сеанса, требовавшего коррекции. Для достижения удовлетворительного косметического эффекта обычно проводят серию сеансов – в среднем три процедуры с интервалом в одну неделю и последующая «доводка» через месяц. Ниже представлена систематизация факторов, влияющих на результат устойчивого камуфляжа (табл. 1). Ключевыми факторами успеха называют тщательный подбор цветового пигмента в соответствии с оттенками кожи пациента и неоднородностью рубцовой ткани. Опыт применения дермопигментации показывает, что имплантация пигмента обеспечивает более естественную цветовую матрицу по сравнению с окружающей кожей и хорошо смешивает контуры рубцов.

Таблица 1

Факторы, влияющие на устойчивость косметического результата дермопигментации (составлено автором на основе [5, 7])

Группа факторов	Конкретизирующие параметры	Значение для результата
Характеристика рубцовой ткани	Плотность, толщина, степень атрофии или гипертрофии	Определяет равномерность удержания пигмента
Индивидуальные свойства кожи	Фототип, сосудистый рисунок, толщина эпидермиса	Влияют на подбор оттенка и глубину введения
Технические параметры процедуры	Тип иглы, глубина имплантации, скорость введения	Формируют качество распределения пигмента
Дальнейший уход	Защита от ультрафиолета, увлажнение, контроль воспаления	Обеспечивает сохранность цвета и границ

В выборках, где оценивалась коррекция посттравматических рубцов на лице, отмечалась отчетливая зависимость визуального результата от плотности соединительной ткани в зоне повреждения [1; 8, с. 1435-1444]. Более рыхлая структура шрама давала равномерное распределение пигмента уже после первого сеанса, тогда как плотные и блестящие гипертрофические образования требовали двух- или трехкратного повторения нанесения. Это связано с тем, что уплотненный коллагеновый матрикс искажает проникновение иглы и снижает равномерность фиксации красящего соединения в поверхностных слоях дермы. При повторных процедурах контуры окрашенных зон становились мягче, а границы между окрашенным участком и здоровой кожей постепенно сглаживались.

В случаях гипопигментированных рубцов на светлой коже удавалось добиться наиболее приближенного к естественному виду поверхности. При подборе цвета учитывалась не только базовая гамма, но и степень сосудистого рисунка дермы, просвечивающего через эпидермис. Пигмент, нанесенный с учетом индивидуального оттенка и распределения тонов, формировал эффект, при котором рубец переставал выделяться в обычных условиях дневного освещения и при фотосъемке без вспышки. Ниже представлено сопоставление реактивности различных типов рубцовой ткани на имплантацию пигмента (табл. 2). При искусственном освещении возможна незначительная разница в восприятии тени, что объясняется неоднородностью отражающих свойств рубцовой ткани.

Таблица 2

**Реактивность рубцовой ткани различных типов при камуфляжной дермопигментации
(составлено автором на основе [1; 8, с. 1435-1444])**

Тип рубца	Структурные свойства	Характер реакции на введение пигмента	Требуемая тактика
Гипопигментированный	Равномерная, мягкая поверхность	Хорошая фиксация, ровное распределение	Подбор близких к коже пастельных тонов
Атрофический	Углубление, слабый коллагеновый каркас	Эффект сглаживания выражен умеренно	Дополнительное выравнивание текстуры
Гипертрофический	Плотные коллагеновые волокна	Возможна неоднородность распределения	Пошаговое нанесение с несколькими сеансами
Постожоговый	Грубая и блестящая поверхность	Вероятность частичного нарушения удержания пигмента	Темпоральная коррекция + постепенная адаптация цвета

Наблюдения за пациентами с термическими поражениями лица показали более выраженную динамику изменения окраски в течение первых трех месяцев после процедуры [2, с. 70-78]. В этот период происходило физиологическое перераспределение пигмента под воздействием макрофагов, что приводило к мягкому осветлению участка. В то же время подобное осветление расценивалось специалистами как ожидаемое, и при планировании исходного оттенка предпочтение отдавалось немного более темному тону с расчетом на последующее выравнивание.

При коррекции рубцов после хирургических вмешательств по линии разреза наблюдалась иная картина: более ровная структура шва способствовала созданию четких, но незаметных на расстоянии 30–50 см границ. В этом случае пигмент распределялся достаточно стабильно, без формирования участков плотной фиксации. В редких эпизодах описывались

кратковременные зоны слабого воспалительного покраснения, проходившие самостоятельно в течение 48–72 часов без назначения дополнительной терапии.

Анализ длительности сохранения результата показал различия по фототипам кожи. У пациентов с высокими фототипами сохранялся более длительный визуальный эффект, так как естественный фон кожи снижает контраст между пигментированной и непигментированной поверхностью. У представителей низких фототипов, напротив, со временем происходило более заметное осветление участка, что потребовало плановой коррекции через 9–14 месяцев [6]. Несмотря на это, пациентские оценки оставались устойчиво положительными, так как даже частичное выравнивание тональности снижало выраженность дефекта.

Дополнительное значение имела техника выполнения процедуры. При использовании аппаратов с микрокартриджами тонкой

конфигурации отмечалось более точное распределение красящего состава, тогда как при ручных методиках требовалось больше времени для достижения сопоставимого визуального результата. Тем не менее, в обоих случаях при соблюдении глубины введения и плотности линий формировался мягкий градиент между рубцом и прилегающей кожей, что и определяло общий косметический эффект.

Отдельное внимание уделялось психоэмоциональным изменениям у пациентов [3, с. 50-57; 4]. После завершения курса вмешательства большинство обследованных описывали повышение уверенности при межличностном взаимодействии, снижение избегания зеркального контакта и фотосъемки. Положительная динамика по шкалам самооценки объясняется тем, что снижение визуальной выраженности дефекта влияет на восприятие собственной внешности и уменьшает риск социальной изоляции.

При рассмотрении практических результатов специалистами была отмечена хорошая совместимость описываемой методики с другими способами эстетической коррекции кожи: мягкими химическими пилингами, фракционными лазерами низкой мощности и кремами для улучшения микроциркуляции. Комплексное применение способствовало дополнительному выравниванию текстуры, хотя пигментация оставалась основным фактором снижения контрастности рубца на лице.

Полученные данные свидетельствуют о том, что дермопигментация рубцов лица является эффективным вспомогательным методом эстетической коррекции. По сравнению с хирургической реконструкцией или лазерной шлифовкой, такой подход менее травматичен и не требует длительного восстановления. Высокий процент удовлетворенности пациентов объясняется тем, что цвет имплантируемого пигмента может быть точно подобран и даже несколько темнее окружающей кожи с учетом будущего выцветания. Отсутствие серьезных осложнений подтверждает безопасность процедуры при соблюдении техники. Однако важно учесть, что часть пигмента со временем вынашивается эпидермисом или рассасывается макрофагами, поэтому эффект процедуры постепенно уменьшается и требует повторных коррекций. Кроме того, глубокая инъекция в дерму сопряжена с риском неравномерного распределения цвета: слишком поверхностное введение даст быстрое выцветание, а

чрезмерно глубокое – неравномерность очертаний. В литературе указывается, что через 3-4 недели после процедуры пигмент обычно «оседает» на уровне поверхностной дермы, обеспечивая стабильный эффект на протяжении годового периода. Важно отметить, что методика требует квалифицированного оператора и использования чистых пигментов, чтобы избежать воспалительных реакций. Небольшие эпизоды небольшой гиперпигментации после процедур регистрируются крайне редко и часто не требуют дополнительного вмешательства. Таким образом, накопленный опыт подтверждает целесообразность применения дермопигментации для камуфляжа гипопигментированных и атрофических рубцов лица при условии индивидуального подхода к выбору цвета и количества сеансов.

В клинических наблюдениях прослеживается выразительная зависимость стабильности пигмента от характера рубцовой ткани. Более однородная структура послеоперационных линий разреза способствовала длительному сохранению окраски, тогда как плотные постожоговые образования давали вероятность неоднородного распределения окрашивающего состава. Тем не менее мягкое осветление зоны имплантации спустя несколько месяцев не снижало визуального качества камуфляжа, поскольку границы между рубцом и окружающей кожей уже были сглажены в ходе первоначальных процедур. Подбор тона и его насыщенности рассматривался как ведущий параметр, определяющий итоговый результат.

Практические данные подчеркивают, что выраженность эстетического эффекта зависит от индивидуальных характеристик пациента: фототип, толщина эпидермиса, выраженность сосудистого рисунка и состояние микроциркуляции в зоне рубца. Комплексное использование дермопигментации с методами, направленными на улучшение трофики тканей, позволяло усилить равномерность окраски. При этом сохранение эффекта во времени определялось скоростью метаболических процессов и активностью макрофагального звена, что объясняет различия длительности результата у разных пациентов.

Психологический компонент последствий вмешательства проявлялся не менее отчетливо. Снижение визуальной заметности рубца улучшало отношение к собственной внешности и облегчало включение в социальные и профессиональные взаимодействия. Ниже

представлена структура основных психоэмоциональных изменений у пациентов после проведения камуфляжа (табл. 3). Оценки пациентов подтверждали, что даже частичное выравнивание цвета приводило к снижению самокритичной фиксации на поврежденной

области лица. Подобный эффект подчеркивает не только техническую, но и реабилитационную ценность методики дермопигментации при коррекции посттравматических дефектов кожи лица.

Таблица 3

**Психоэмоциональные изменения после камуфляжной дермопигментации
(составлено автором на основе [3, с. 50-57; 4])**

Область изменений	Проявления	Клиническое значение
Самовосприятие	Снижение фиксации на дефекте, рост уверенности	Повышает качество жизни
Социальное взаимодействие	Упрощение общения, уменьшение избегания взглядов и фотографирования	Способствует социальной интеграции
Эмоциональная стабильность	Снижение тревожности, нормализация фона настроения	Снижает риск вторичной психологической дезадаптации
Мотивационное поведение	Готовность к дальнейшим восстановительным мероприятиям	Поддерживает долгосрочную реабилитацию

Показанные в таблице изменения отражают последовательный сдвиг в эмоциональном и социальном состоянии пациента после камуфляжной дермопигментации. Снижение выраженности внешнего дефекта приводит к уменьшению внутреннего напряжения и самокритичных установок, что облегчает взаимодействие с окружающими и возвращает чувство контроля над собственным образом. Повышение уверенности формирует устойчивую положительную динамику, поддерживающую дальнейшее восстановление и адаптацию. Такой результат подтверждает, что эстетическая коррекция рубца в данном случае выступает не только косметической процедурой, но и действенным инструментом реабилитационной поддержки. Таким образом, результаты анализа подтверждают, что дермопигментация является безопасным и эффективным методом маскировки рубцовых дефектов, обеспечивающим высокий уровень удовлетворенности пациентов при низкой частоте осложнений.

Заключение

Проведенный анализ литературы демонстрирует, что камуфляжная дермопигментация – перспективный и практически важный метод коррекции посттравматических и постожоговых дефектов лица. В большинстве опубликованных работ пациенты отмечают значимое улучшение эстетики кожного покрова и повышение качества жизни после проведения процедур. Метод отличается минимальной инвазивностью и хорошей переносимостью, что делает его оправданным в комплексном лечении

лицевых рубцов. Основными выводами исследования являются:

1. Дермопигментация обеспечивает существенное улучшение цветовой однородности кожи в области рубца;
2. Высокая удовлетворенность пациентов свидетельствует о клинической эффективности метода;
3. Длительность эффекта ограничена физиологическим выведением пигмента, что требует периодических коррекций.

Практическая значимость заключается в том, что косметическая татуировка может дополнять или заместительно заменять более агрессивные методики восстановления кожи после травмы. Таким образом, результаты подтверждают научную и клиническую ценность дермопигментации как компонента современной реабилитации пациентов с рубцовыми дефектами лица. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка стандартизированных методик оценки стойкости пигмента и формирование клинических рекомендаций по сочетанному применению дермопигментации с физиотерапевтическими методами восстановления кожи.

Литература

1. Косарева В.А. Оценка безопасности и эффективности процедур перманентного макияжа в камуфляже периорбитальных гиперпигментаций // Вестник науки. 2024. № 2 (71). URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-bezopasnosti-i-effektivnosti-protsedur-permanentnogo-makiyazha-v-kamuflyazhe-](https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-bezopasnosti-i-effektivnosti-protsedur-permanentnogo-makiyazha-v-kamuflyazhe)

periorbitalnyh-giperpigmentatsiy (дата обращения: 11.11.2025).

2. Купельская Ю.К. Авторский метод эстетического камуфлирования травмированной кожи: шрамов, рубцов, растяжек и пигментации // Актуальные исследования. 2023. № 50 (180). Ч. II. С. 70-78. URL: <https://apni.ru/article/7786-avtorskij-metod-esteticheskogo-kamuflirovaniy> (дата обращения: 11.11.2025).

3. Таксанова А.С. Роль дермопигментации в психоэмоциональной реабилитации пациентов после травм и заболеваний // Актуальные исследования. 2025. № 38 (273). Ч. I. С. 50-57. URL: <https://apni.ru/article/13071-rol-dermopigmentacii-v-psihoemocionalnoj-reabilitacii-pacientov-posle-travm-i-zabolevanij> (дата обращения: 12.11.2025).

4. Фисенко Г.И. Коррекция посттравматических и послеожоговых рубцов в детском и подростковом возрасте методом механической дермабразии // Детская хирургия. 2012. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/korreksiya-posttravmaticheskikh-i-posleozhogovyh-rubtsov-v-detskom-i-podrostkovom-vozraste-metodom-mexanicheskoy-dermabrazii>

v-detskom-i-podrostkovom-vozraste-metodom-mexanicheskoy-dermabrazii (дата обращения: 11.11.2025).

5. Becker S., Cassisi J. Applications of Medical Tattooing: A Systematic Review of Patient Satisfaction Outcomes and Emerging Trends // Aesthetic Surgery Journal Open Forum. 2021. Vol. 3. DOI: 10.1093/asjof/ojab015.

6. Pióro W., Antoszewski B., Kasielska-Trojan A. Permanent Makeup Removal Severe Complication—Case Report and Proposal of the Protocol for Its Management // Journal of Clinical Medicine. 2024. Vol. 13. Article ID: 5613. DOI: 10.3390/jcm13185613.

7. Seyhan T., Kapi E. Scalp Micropigmentation Procedure: A Useful Procedure for Hair Restoration // The Journal of Craniofacial Surgery. 2020. Publish Ahead of Print. DOI: 10.1097/SCS.0000000000007208.

8. Tyerman C., Shepherd L., De Boos D., Tickle A. Experiences of medical tattooing in women following burn injuries: An interpretative phenomenological analysis // Burns. 2022. Vol. 48, Issue 6. P. 1435-1444. DOI: 10.1016/j.burns.2021.08.019.

VOSTRIKOV Tatiana

Permanent Makeup Artist, Geneva Med Spa, USA, Texas

THE USE OF CAMOUFLAGE DERMOPIGMENTATION TO CORRECT POST-TRAUMATIC AND POST-BURN SKIN DEFECTS OF THE FACE

Abstract. *The aim of the study was to systematize data on the use of camouflage dermopigmentation to correct post-traumatic and post-burn facial skin defects and to assess the sustainability of the result from the perspective of clinical and psycho-emotional outcomes. The methodological basis included an analysis of publications on pigment implantation techniques, observations on the duration of color retention, and descriptions of subjective perception of appearance after correction. The features of shade selection, the dependence of pigment distribution on the structure of scar tissue, and the effect of phototype differences are considered. The experience of using successive sessions with step-by-step alignment of the boundaries of the colored zone is summarized. The changes in patients' self-esteem and social behavior after reducing the contrast of the defect are highlighted separately. The results obtained confirm a stable cosmetic effect with an individual selection of procedure parameters and control of the depth of implantation. The significance of the study is determined by the fact that dermopigmentation is considered a minimally invasive rehabilitation tool that reduces the severity of facial defects without a long recovery period and with a positive effect on the psycho-emotional state of patients.*

Keywords: *dermopigmentation, scar camouflage, post-burn scars, post-traumatic defects, skin reconstruction, aesthetic correction, rehabilitation*

МУСАТАЕВА Хадижат Тимуровна

студентка, Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева,
Россия, г. Орел

МОШКИНА Любовь Викторовна

ассистент кафедры анатомии, оперативной хирургии и медицины катастроф,
Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева,
Россия, г. Орел

ШЕВЕРДИН Николай Николаевич

доцент кафедры анатомии, оперативной хирургии и медицины катастроф,
Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева,
Россия, г. Орел

**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ:
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВ**

Аннотация. В статье представлен анализ современного состояния и тенденций применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в клинической офтальмологии. На основе систематического анализа 150 научных публикаций за период 2018–2025 гг. детально рассмотрены ключевые направления, где алгоритмы машинного и, в особенности, глубокого обучения демонстрируют результаты, сопоставимые с экспертами-офтальмологами. К ним относятся автоматизированная диагностика и скрининг диабетической ретинопатии, глаукомы, возрастной макулярной дегенерации, а также сегментация структур глаза по данным оптической когерентной томографии (ОКТ). В работе обобщены не только технические успехи, но и актуальные вызовы, такие как необходимость обеспечения интерпретируемости решений ИИ, повышение обобщающей способности моделей и сложности клинической интеграции. Делается вывод о трансформационной роли ИИ как инструмента поддержки принятия врачебных решений, способного повысить доступность, эффективность и персонализацию офтальмологической помощи при условии преодоления существующих технологических и регуляторных барьеров.

Ключевые слова: искусственный интеллект, офтальмология, глубокое обучение, диагностика, медицинские изображения, клиническая интеграция, скрининг.

Введение

Современная офтальмология сталкивается с растущим вызовом, обусловленным увеличением распространенности хронических заболеваний глаз на фоне старения населения и пандемии сахарного диабета. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), около 285 миллионов человек в мире имеют нарушения зрения, из которых 39 миллионов – слепые [40]. Примечательно, что до 80% случаев слепоты можно было бы предотвратить при своевременной диагностике и лечении [3, с. 1-2]. Такие заболевания, как диабетическая ретинопатия (ДР) и глаукома, являются ведущими причинами необратимой потери зрения, и их раннее выявление критически важно [14, с. 2402-2410]. Однако традиционная

диагностика, основанная на ручном анализе сложных медицинских изображений (фундус-фотографий, ОКТ-сканов), является трудоемкой, требует высокой квалификации специалиста и подвержена субъективной вариабельности между экспертами. Это создает «узкие места» в системе здравоохранения, особенно в регионах с дефицитом офтальмологов.

В этом контексте технологии искусственного интеллекта, и в частности, глубокого обучения (ГО), открывают новые, революционные возможности. Продемонстрировав выдающиеся результаты в анализе медицинских изображений в других областях (например, в дерматологии [10, с. 115-118] и радиологии [38, с. 44-56]), ИИ закономерно привлек внимание офтальмологического сообщества. Его потенциал

заключается не в замене врача, а в создании интеллектуальных систем-ассистентов, способных автоматизировать рутинный скрининг, повысить точность и скорость анализа, а также обеспечить количественную оценку параметров, что в конечном итоге способствует переходу к превентивной и персонализированной медицине [29, с. 123-135]. Целью данного обзора является систематизация современных достижений ИИ в офтальмологии, оценка его клинической значимости и обсуждение ключевых перспектив и барьеров для широкого внедрения.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели был проведен систематический поиск и анализ научной литературы. Методология исследования включала несколько этапов.

На первом этапе поиск релевантных публикаций осуществлялся в международных библиографических базах данных PubMed, Scopus и Google Scholar за период с 2018 по 2025 год. Использовались следующие комбинации ключевых слов на английском языке: «artificial intelligence» AND «ophthalmology»; «deep learning» AND «retinal imaging»; «machine learning» AND «glaucoma diagnosis»; «convolutional neural network» AND «diabetic retinopathy»; «AI» AND «age-related macular degeneration».

На втором этапе из первоначального пула в несколько тысяч публикаций проводилась фильтрация по критериям соответствия теме обзора: статьи должны были описывать конкретное клиническое применение алгоритмов ИИ в офтальмологии, содержать валидационные данные (точность, чувствительность, специфичность, AUC) и быть опубликованы в рецензируемых изданиях. В результате для детального качественного анализа было отобрано 150 статей, наиболее полно отражающих современные тенденции. В представленный в конце работы список литературы вошли 46 ключевых источников, которые, по мнению авторов, в наибольшей степени иллюстрируют основные достижения и проблемные точки рассматриваемой области.

Результаты и их обсуждение

Диагностика и скрининг диабетической ретинопатии (ДР) стали, пожалуй, самым ярким и изученным примером успешного применения ИИ в офтальмологии. Сорок из 150 проанализированных исследований были посвящены

именно этой теме. Современные алгоритмы на основе сверточных нейронных сетей (CNN) достигли уровня диагностической точности, сопоставимого с опытными офтальмологами. Например, в крупном исследовании Gulshan et al. (2016, 2019) алгоритм демонстрировал высокую чувствительность и специфичность в выявлении ретинопатии, требующей обращения к врачу [14, с. 2402-2410; 15, с. 987-993]. Важно отметить, что современные системы не просто ставят бинарный диагноз, а способны детально классифицировать стадии ДР – от легкой непролиферативной до пролиферативной – с точностью, достигающей 96–98% [21, с. 1776-1784; 37, с. 468-470]. Это стало возможным благодаря способности моделей выделять и количественно оценивать конкретные патологические элементы на фундус-фотографиях: микроаневризмы, кровоизлияния, твердые экссудаты [18, с. 1122-1131]. Таким образом, ИИ трансформируется из «черного ящика» в инструмент, предоставляющий врачу структурированное и наглядное описание находок. Перспективным направлением представляется прогнозирование индивидуального риска прогрессирования ДР на основе анализа временных рядов изображений, что открывает путь к действительно персонализированному ведению пациентов [1, с. 92].

Кроме диагностики системных заболеваний ИИ успешно применяется в области диагностики глаукомы, также демонстрируя впечатляющие результаты. Тридцать исследований нашего обзора были сфокусированы на этой проблеме. Алгоритмы анализируют два основных типа данных: цветные фотографии диска зрительного нерва (ДЗН) и ОКТ-сканы перипапиллярной области. На фотографиях модели автоматически измеряют ключевые структурные параметры, такие как соотношение экскавации к диску (C/D ratio), и учатся распознавать тонкие признаки глаукоматозного повреждения – неровность нейроретинального края, перипапиллярные кровоизлияния [22, с. 70-82; 7, с. 16685]. Анализ ОКТ позволяет с высокой точностью сегментировать и измерять толщину слоя нервных волокон сетчатки (RNFL) и комплекса ганглиозных клеток (GCC), что является объективным количественным маркером [32, с. 1234-1241]. Комбинированные модели, интегрирующие информацию как с фотографиями, так и с ОКТ, показывают наивысшую

диагностическую эффективность, с площадью под ROC-кривой (AUC), превышающей 0.95 [20, с. 851-867]. Это свидетельствует о том, что ИИ может стать мощным инструментом для объективизации диагноза глаукомы, особенно на ранних стадиях, когда клинические решения могут быть неочевидны.

Также технологии ИИ используются при диагностике возрастной макулярной дегенерации (ВМД). В данном случае применение ИИ для ВМД носит комплексный характер. Алгоритмы успешно классифицируют форму заболевания (сухую атрофическую или влажную неоваскулярную) по фотографиям глазного дна, выявляя друзы и зоны географической атрофии [24, с. 1170-1176; 39, с. 1453-1457]. Однако наиболее ценным с клинической точки зрения является прецизионный анализ ОКТ-сканов макулы. Модели на основе архитектур типа U-Net выполняют автоматическую сегментацию всех слоев сетчатки с высочайшей точностью [16; 24, с. 2345-2356]. Это позволяет не только диагностировать заболевание, но и количественно, в кубических миллиметрах, оценивать объемы патологической жидкости (интра- и субретинальной) [2, с. 1858-1874]. Подобная количественная оценка крайне важна для мониторинга ответа на терапию ингибиторами VEGF при влажной ВМД, устраняя субъективизм в интерпретации динамики и позволяя более точно титровать лечение [45, с. 892-899; 31, с. 594-602]. Таким образом, ИИ здесь выступает не просто как диагностический, но и как управленческий инструмент, непосредственно влияющий на тактику ведения пациента.

Помимо «большой тройки» заболеваний, ИИ находит применение и в других областях: автоматическая градация катаракты по шкале LOCS III [44, с. 1-10], прогнозирование прогрессирования миопии у детей на основе мультифакторных данных [28, с. 1614-1622], скрининг ретинопатии недоношенных [8, с. 1220-1229]. Перспективным трендом является интеграция мультимодальных данных (фундус-фото, ОКТ, ОКТ-ангиография, генетика) для построения комплексного диагностического и прогностического профиля пациента [33, с. 100827; 23, с. 387-390].

Однако бурное развитие технологий сопровождается серьезными вызовами. Во-первых, это проблема интерпретируемости (Explainable

AI, XAI). Врач должен понимать логику, по которой алгоритм принял решение. Методы визуализации, такие как Grad-CAM, которые создают «тепловые карты», выделяющие наиболее значимые для модели области изображения, являются важным шагом к повышению доверия и клинической приемлемости [46, с. 2035-2051; 43, с. 103493]. Во-вторых, остро стоит вопрос обобщающей способности моделей. Алгоритм, блестяще работающий на данных одной клиники, может резко потерять точность при применении к изображениям, полученным на другом оборудовании или у пациентов иной этнической группы [19, с. 51-66]. Решением является обучение на больших, разнообразных и анонимизированных наборах данных, собираемых в международных коллаборациях. В-третьих, существует проблема работы с ограниченными данными для редких патологий. Здесь на помощь приходят методы обучения с переносом (transfer learning) и малообучаемого обучения (few-shot learning) [6, с. 20170387].

Заключение

Проведенный обзор позволяет с уверенностью утверждать, что искусственный интеллект перестал быть технологией будущего для офтальмологии – он стал ее технологией настоящего. Накопленные доказательства высокой диагностической точности алгоритмов при ДР, глаукоме и ВМД убедительно свидетельствуют об их готовности к внедрению в клиническую практику, в первую очередь, в качестве систем массового скрининга и поддержки принятия решений. По нашему мнению, наиболее значимым вкладом ИИ станет не замена врача, а кардинальное усиление его возможностей за счет устранения рутины, обеспечения количественной объективности и выявления тонкие паттернов, незаметных человеческому глазу.

Тем не менее, путь от исследовательской лаборатории до повседневной клиники сопряжен с преодолением существенных барьеров. Помимо чисто технических задач (обобщаемость, интерпретируемость), необходимо решить вопросы эффективной клинической интеграции: разработать удобные интерфейсы, обеспечить бесшовное взаимодействие с медицинскими информационными системами, организовать обучение медицинского персонала [5, с. 239-251]. Не менее важны регуляторное одобрение и обеспечение кибербезопасности

пациентских данных. Алгоритмы должны пройти строгую процедуру валидации и сертификации как медицинские изделия.

Таким образом, будущее офтальмологии видится в симбиозе искусственного и человеческого интеллекта. ИИ возьмет на себя задачи анализа больших данных и первичного отбора, а врач-офтальмолог сосредоточится на комплексной оценке пациента, принятии стратегических терапевтических решений и эмпатическом общении. Такой синергетический подход способен привести к прорыву в доступности, качестве и персонализации офтальмологической помощи во всем мире.

Литература

1. Arcadu F. et al. Deep learning algorithm predicts diabetic retinopathy progression in individual patients // NPJ Digit Med. 2019. Vol. 2. P. 92.
2. Bogunović H. et al. RETOUCH: The retinal OCT fluid detection and segmentation benchmark and challenge // IEEE Trans Med Imaging. 2019. Vol. 38, № 8. P. 1858-1874.
3. Brian G., Taylor G. Epidemiology of visual impairment // Community Eye Health. 2011. Vol. 24, № 77. P. 1-2.
4. Burlina P. et al. Automated grading of age-related macular degeneration from color fundus images using deep convolutional neural networks // JAMA Ophthalmol. 2017. Vol. 135, № 11. P. 1170-1176.
5. Cheng C.Y. et al. The application of artificial intelligence in ophthalmology: a narrative review // Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2022. Vol. 11, № 3. P. 239-251.
6. Ching T. et al. Opportunities and obstacles for deep learning in biology and medicine // J R Soc Interface. 2018. Vol. 15, № 141. P. 20170387.
7. Christopher M. et al. Performance of deep learning architectures and transfer learning for detecting glaucomatous optic neuropathy in fundus photographs // Sci Rep. 2018. Vol. 8. P. 16685.
8. Coyner A.S. et al. Deep learning for image quality assessment of fundus photographs in retinopathy of prematurity // AMIA Annu Symp Proc. 2020. P. 1220-1229.
9. De Fauw J. et al. Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease // Nat Med. 2018. Vol. 24, № 9. P. 1342-1350.
10. Esteva A. et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks // Nature. 2017. Vol. 542, № 7639. P. 115-118.
11. Fauw J.D. et al. Automated analysis of retinal imaging using machine learning techniques for computer vision // F1000Res. 2018. Vol. 7. P. 1573.
12. Gao Z. et al. End-to-end cataract surgery videos analysis for report generation // Med Image Anal. 2021. Vol. 73. P. 102186.
13. Grzybowski A. et al. Artificial intelligence for diabetic retinopathy screening: a review // Eye (Lond). 2020. Vol. 34, № 3. P. 451-460.
14. Gulshan V. et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs // JAMA. 2016. Vol. 316, № 22. P. 2402-2410.
15. Gulshan V. et al. Performance of a deep-learning algorithm vs manual grading for detecting diabetic retinopathy in India // JAMA Ophthalmol. 2019. Vol. 137, № 9. P. 987-993.
16. Huang Y. et al. Automated segmentation of retinal layers in OCT images using U-Net for AMD patients // Proc SPIE. 2021. Vol. 11704. P. 117040H.
17. Keel S. et al. The feasibility of automated diabetic retinopathy screening with artificial intelligence in low-resource settings // Lancet Digit Health. 2020. Vol. 2, № 6. P. e288-e298.
18. Kermayn D.S. et al. Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep learning // Cell. 2018. Vol. 172, № 5. P. 1122-1131.
19. Khan S.M. et al. A global review of publicly available datasets for ophthalmological imaging: barriers to access, usability, and generalizability // Lancet Digit Health. 2021. Vol. 3, № 1. P. e51-e66.
20. Li F. et al. Deep learning-based automated detection of glaucomatous optic neuropathy on color fundus photographs // Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2020. Vol. 258, № 4. P. 851-867.
21. Li R. et al. Deep learning for detecting diabetic retinopathy // IEEE J Biomed Health Inform. 2018. Vol. 22, № 6. P. 1776-1784.
22. Li Z. et al. Glaucoma detection using deep learning based on fundus images // Neurocomputing. 2018. Vol. 318. P. 70-82.
23. Lim J.I. et al. Artificial intelligence in retinal image analysis for precision medicine // Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2020. Vol. 9, № 5. P. 387-390.
24. Liu X. et al. Segmentation of ocular structures in OCT images using deep learning // IEEE Trans Med Imaging. 2019. Vol. 38, № 10. P. 2345-2356.

25. Milea D. et al. Artificial intelligence to detect papilledema from ocular fundus photographs // *N Engl J Med*. 2020. Vol. 382, № 18. P. 1687-1695.
26. Mohsen H. et al. Deep learning for detecting age-related macular degeneration from retinal images // *Biomed Signal Process Control*. 2020. Vol. 61. P. 102078.
27. Peng Y. et al. DeepSeeNet: a deep learning model for automated classification of patient-based age-related macular degeneration severity from color fundus photographs // *Ophthalmology*. 2019. Vol. 126, № 4. P. 565-575.
28. Qin Z. et al. Artificial intelligence for myopia progression prediction // *Ophthalmology*. 2021. Vol. 128, № 11. P. 1614-1622.
29. Rani P.K., Geetha K. Artificial intelligence in ophthalmology: a review // *Int J Adv Res Eng Sci*. 2020. Vol. 9, № 1. P. 123-135.
30. Rasti R. et al. Deep learning-based single-shot prediction of choroidal neovascularization activity in age-related macular degeneration // *Sci Rep*. 2020. Vol. 10, № 1. P. 1872.
31. Russakoff D.B. et al. Deep learning for prediction of AMD progression: a pilot study // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019. Vol. 60, № 2. P. 594-602.
32. Schaal R. et al. Deep learning for diagnosing glaucoma from OCT images // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019. Vol. 60, № 4. P. 1234-1241.
33. Schmidt-Erfurth U. et al. Artificial intelligence in retina // *Prog Retin Eye Res*. 2020. Vol. 77. P. 100827.
34. Son J. et al. Development and validation of deep learning models for screening multiple abnormal findings in retinal fundus photographs // *Ophthalmology*. 2020. Vol. 127, № 1. P. 85-94.
35. Tan T.E. et al. Artificial intelligence for detection of glaucoma based on optical coherence tomography // *Curr Opin Ophthalmol*. 2021. Vol. 32, № 2. P. 97-104.
36. Ting D.S. et al. Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology // *Br J Ophthalmol*. 2019. Vol. 103, № 2. P. 167-175.
37. Ting D.S. et al. Deep learning for detection of diabetic retinopathy: a systematic review // *Ophthalmology*. 2019. Vol. 126, № 3. P. 468-470.
38. Topol E.J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence in health care // *Nat Med*. 2019. Vol. 25, № 1. P. 44-56.
39. Treder M. et al. Deep learning-based detection and classification of geographic atrophy using a deep convolutional neural network classifier // *Br J Ophthalmol*. 2018. Vol. 102, № 10. P. 1453-1457.
40. World Health Organization. Blindness and vision impairment. [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/blindness-and-vision-impairment> (дата обращения: 15.03.2024).
41. Wong T.Y., Bressler N.M. Artificial intelligence with deep learning technology looks into diabetic retinopathy screening // *JAMA*. 2016. Vol. 316, № 22. P. 2366-2367.
42. Xie Y. et al. Artificial intelligence for tele-ophthalmology-based diabetic retinopathy screening in a national programme: an economic analysis modelling study // *Lancet Digit Health*. 2020. Vol. 2, № 5. P. e240-e249.
43. Xu K. et al. Explainable AI: A brief survey on history, research areas, approaches and challenges // *J Vis Commun Image Represent*. 2022. Vol. 85. P. 103493.
44. Yang J. et al. Deep learning for automated cataract grading // *Sci Rep*. 2020. Vol. 10, № 1. P. 1-10.
45. Yim J. et al. Predicting conversion to wet age-related macular degeneration using deep learning // *Nat Med*. 2020. Vol. 26, № 6. P. 892-899.
46. Yu K. et al. Explainable artificial intelligence for medical imaging: a survey // *IEEE J Biomed Health Inform*. 2022. Vol. 26, № 5. P. 2035-2051.

MUSATAYEVA Khadizhat Timurovna

Student, I. S. Turgenev Orel State University, Russia, Orel

MOSHKINA Lyubov Viktorovna

Assistant Professor of the Department of Anatomy, Operative Surgery and Disaster Medicine,
I. S. Turgenev Orel State University, Russia, Orel

SHEVERDIN Nikolay Nikolayevich

Associate Professor of the Department of Anatomy, Operative Surgery and Disaster Medicine,
I. S. Turgenev Orel State University, Russia, Orel

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OPHTHALMOLOGY:
AN OVERVIEW OF MODERN ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS**

Abstract. *The article presents an analysis of the current state and trends in the application of artificial intelligence (AI) technologies in clinical ophthalmology. Based on a systematic analysis of 150 scientific publications for the period 2018-2025, key areas where machine learning algorithms and, in particular, deep learning demonstrate results comparable to ophthalmology experts are considered in detail. These include automated diagnosis and screening of diabetic retinopathy, glaucoma, age-related macular degeneration, as well as segmentation of eye structures based on optical coherence tomography (OCT) data. The paper summarizes not only technical successes, but also current challenges, such as the need to ensure the interpretability of AI solutions, increase the generalizing ability of models and the complexity of clinical integration. The conclusion is made about the transformational role of AI as a tool for supporting medical decision-making, which can increase the accessibility, effectiveness and personalization of dental care, provided existing technological and regulatory barriers are overcome.*

Keywords: *artificial intelligence, ophthalmology, deep learning, diagnostics, medical imaging, clinical integration, screening.*

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2026 • № 6 (292)

Часть I

ISSN 2713-1513

Подготовка оригинал-макета: Орлова М.Г.

Подготовка обложки: Ткачева Е.П.

Учредитель и издатель: ООО «Агентство перспективных научных исследований»

Адрес редакции: 308000, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135

Email: info@apni.ru

Сайт: <https://apni.ru/>

Отпечатано в ООО «ЭПИЦЕНТР».

Номер подписан в печать 10.02.2026г. Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 40