



ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНОМ РАЗВИТИИ: НОВЫЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ

Часть 1

Сборник статей и тезисов

Международной научно-практической конференции

12 мая 2026 г.

МЦИИ ОМЕГА САЙНС | ICOIR OMEGA SCIENCE

УФА, 2026

УДК 00(082) + 001.18 + 001.89

ББК 94.3 + 72.4: 72.5

Ц 752

Ц 752

Цифровые технологии в научном развитии: новые концептуальные подходы: сборник статей и тезисов Международной научно-практической конференции (12 мая 2026 г, г. Уфа). / в 2 ч. Ч. 1 - Уфа: Омега сайнс, 2026. – 178 с.

ISBN 978-5-908035-81-1 ч.1

ISBN 978-5-908035-83-5

Настоящий сборник составлен по итогам Международной научно-практической конференции «Цифровые технологии в научном развитии: новые концептуальные подходы», состоявшейся 12 мая 2026 г. в г. Уфа. В сборнике статей и тезисов рассматриваются современные вопросы науки, образования и практики применения результатов научных исследований

Сборник предназначен для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками, научных и педагогических работников, преподавателей, докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Все статьи и тезисы проходят рецензирование (экспертную оценку). **Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых материалов.** Статьи и тезисы представлены в авторской редакции. Ответственность за точность цитат, имен, названий и иных сведений, а так же за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

При перепечатке материалов сборника статей и тезисов Международной научно-практической конференции ссылка на сборник статей обязательна.

Полнотекстовая электронная версия сборника размещена в свободном доступе на сайте [https:// os - russia.com](https://os-russia.com)

Сборник статей и тезисов постатейно размещён в научной электронной библиотеке elibrary.ru по договору № 981 - 04 / 2014К от 28 апреля 2014 г.

ISBN 978-5-908035-81-1 ч.1

ISBN 978-5-908035-83-5

УДК 00(082) + 001.18 + 001.89

ББК 94.3 + 72.4: 72.5

Ответственный редактор:
Сукиасян Асатур Альбертович, к.э.н.

В состав редакционной коллегии и организационного комитета входят:

Абдуллин Тимур Zufарович, к.т.н.
Абидова Гулмира Шухратовна, д.т.н.
Авазов Сардоржон Эркин угли, д.с. - х.н.
Агафонов Юрий Алексеевич, д.м.н.
Алейникова Елена Владимировна, д.гос.упр.
Алиев Закир Гусейн оглы, д.фил.агр.н.
Андрейчев Алексей Владимирович, к.б.н.
Бабаян Анжела Владиславовна, д.пед.н.
Баишева Зилия Вагизовна, д.фил.н.
Байгузина Люза Закиевна, к.э.н.
Булатова Айсылу Ильдаровна, к.соц.н.
Бурак Леонид Чеславович, к.т.н., PhD
Ванесян Ашот Саркисович, д.м.н.
Васильев Федор Петрович, д.ю.н., член РАЮН
Вельчинская Елена Васильевна, д.фарм.н.
Виневская Анна Вячеславовна, к.пед.н.
Габрусь Андрей Александрович, к.э.н.
Галимова Гузалия Абкадировна, к.э.н.
Гетманская Елена Валентиновна, д.пед.н.
Гимранова Гузель Хамидулловна, к.э.н.
Григорьев Михаил Федосеевич, к.с. - х.н.
Грузинская Екатерина Игоревна, к.ю.н.
Гулиев Игбал Адилевич, к.э.н.
Датий Алексей Васильевич, д.м.н.
Долгов Дмитрий Иванович, к.э.н.
Дусматов Абдурахим Дусматович, к. т. н.
Ежкова Нина Сергеевна, д.пед.н.,
Екшикеев Тагер Кадырович, к.э.н.
Епхиева Марина Константиновна, к.пед.н.
Ефременко Евгений Сергеевич, к.м.н.
Закиров Мунавир Закиевич, к.т.н.
Зарипов Хусан Баходирович, PhD.
Иванова Нионила Ивановна, д.с. - х.н.
Калужина Светлана Анатольевна, д.х.н.
Канарейкин Александр Иванович, к.т.н.
Касимова Дилара Фаритовна, к.э.н.
Киракосян Сусана Арсеновна, к.ю.н.
Киркимбаева Жумагуль Слямбековна, д.вет.н.
Кленина Елена Анатольевна, к.филос.н.
Клещина Марина Геннадьевна, к.э.н.,
Козлов Юрий Павлович, д.б.н.
Кондрашихин Андрей Борисович, д.э.н.

Конопацкова Ольга Михайловна, д.м.н.
Куликова Татьяна Ивановна, к.псих.н.
Курбанаева Лилия Хамматовна, к.э.н.
Курманова Лилия Рашидовна, д.э.н.
Ларионов Максим Викторович, д.б.н.
Мальшккина Елена Владимировна, к.и. н.
Маркова Надежда Григорьевна, д.пед.н.
Мещерякова Алла Брониславовна, к.э.н.
Мухамадеева Зинфира Фанисовна, к.соц.н.
Мухамедова Гулчехра Рихсибаевна, к.пед.н.
Набиев Тухтамурод Сахобович, д.т.н.
Нурдавлитова Эльвира Фанизовна, к.э.н.
Песков Аркадий Евгеньевич, к.полит.н.
Половения Сергей Иванович, к.т.н.
Пономарева Лариса Николаевна, к.э.н.
Почивалов Александр Владимирович, д.м.н.
Прошин Иван Александрович, д.т.н.
Саттарова Рано Кадыровна, к.биол.н.
Сафина Зилия Забировна, к.э.н.
Симонович Надежда Николаевна, к.псих. н.
Симонович Николай Евгеньевич, д.псих. н.
Сирик Марина Сергеевна, к.ю.н.
Смирнов Павел Геннадьевич, к.пед.н.
Старцев Андрей Васильевич, д.т.н.
Танаева Замфира Рафисовна, д.пед.н.
Терзиев Венелин Кръстев, д.э.н., член РАЕ
Трифоновна Елена Николаевна, к.э.н.
Умаров Бехзод Тургутунпулатович, д.т.н.
Хайров Расим Золимхон углы, к.пед.н.
Хамзаев Иномжон Хамзаевич, к. т. н.
Хасанов Сайдинаби Сайдивалиевич, д.с. - х.н.
Чернышев Андрей Валентинович, д.э.н.
Чиладзе Георгий Бидзинович, д.э.н., д.ю.н.
Шилкина Елена Леонидовна, д.соц.н.
Шкирмонтов Александр Прокопьевич, д.т.н.
Шляхов Станислав Михайлович, д.физ. - мат.н.
Шошин Сергей Владимирович, к.ю.н.
Юсупов Рахимьян Галимьянович, д.и. н.
Яковишина Татьяна Федоровна, д.т.н.
Янгиров Азат Вазирович, д.э.н.
Яруллин Рауль Рафаэлович, д.э.н., член РАЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
НАУКИ

СТРУКТУРА, МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА ГРАФЕНА

Аннотация

Данная работа посвящена рассмотрению структуры, ключевых методов синтеза и физических свойств графена — двумерного аллотропа углерода. Графен обладает уникальными электронными, механическими и оптическими характеристиками, обусловленными sp^2 - гибридизацией атомов углерода и строго двумерной геометрией. Проанализированы основные способы получения материала, включая механическое отшелушивание, химическое осаждение из газовой фазы и химические методы на основе оксида графена. Особое внимание уделено влиянию структурных модификаций — дефектов, функциональных групп и числа слоёв — на электронную структуру и оптические свойства графена. Обсуждаются перспективы практического применения материала в электронике, энергетике и композитных структурах.

Ключевые слова:

Графен, sp^2 - гибридизация, методы синтеза, CVD, оксид графена, зонная структура, оптическое поглощение.

Структура, методы получения и свойства графена

Графен представляет собой монослой атомов углерода, упакованных в гексагональную кристаллическую решётку. Каждый атом углерода в графене находится в состоянии sp^2 - гибридизации, образуя три прочные σ - связи с соседними атомами в плоскости, а оставшаяся p_z - орбиталь формирует делокализованную π - систему, ответственную за необычные электронные свойства материала (рис. 1). С момента первого экспериментального получения графена в 2004 году А. Геймом и К. Новосёловым этот материал стал объектом интенсивных исследований благодаря сочетанию рекордной прочности, высокой тепло - и электропроводности, а также оптической прозрачности.

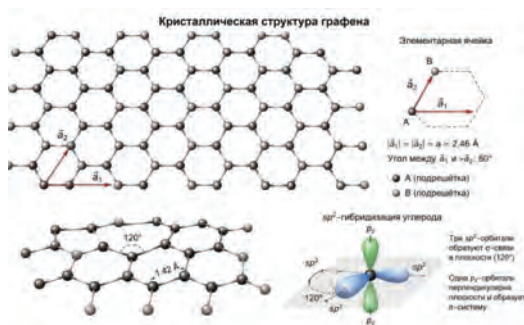


Рис. 1. Кристаллическая структура графена: гексагональная решётка с векторами элементарной ячейки, атомы углерода в sp^2 - гибридизации.

Основные методы синтеза графена

Многообразие предложенных способов получения графена можно условно разделить на физические и химические, каждый из которых обладает своими преимуществами и ограничениями.

1. Механическое отшелушивание

Исторически первый метод, с помощью которого были обнаружены уникальные свойства графена. Заключается в многократном отслаивании слоёв высокоориентированного пиролитического графита с помощью липкой ленты. Позволяет получать образцы высочайшего качества с минимальным количеством дефектов, однако является малопродуктивным и не подходит для масштабирования.

2. Химическое осаждение из газовой фазы (CVD)

Один из наиболее перспективных промышленных методов. Процесс осуществляется на поверхности металлических подложек (Cu, Ni) при температурах $\sim 1000^\circ\text{C}$ с использованием углеводородных газов (метан). В результате формируются крупные поликристаллические плёнки графена, которые после травления подложки и переноса на диэлектрическую основу могут использоваться в электронике и оптоэлектронике. Ключевые преимущества — высокая однородность и возможность контролировать число слоёв.

3. Химические методы через оксид графена

Наиболее масштабируемый подход, основанный на окислении графита до оксида графена (GO) по модифицированному методу Хаммерса. Оксид графена диспергируется в водных растворах с образованием стабильных суспензий, после чего наносится на подложки и восстанавливается до восстановленного оксида графена (rGO) с помощью термических, химических или электрохимических обработок. Хотя rGO содержит остаточные дефекты и функциональные группы, данный метод незаменим для крупнотоннажного производства проводящих чернил, покрытий и композитов. Актуальным трендом является использование экологически безопасных восстановителей — аскорбиновой кислоты, экстрактов растений.

Влияние структурных модификаций на свойства графена

Электронные и оптические характеристики графена чрезвычайно чувствительны к нарушению идеальной двумерной структуры. Ниже рассмотрено влияние основных типов структурных изменений.

1. Бездефектный монослойный графен

В идеальной решётке закон дисперсии носителей заряда вблизи точки Дирака линейен:

$$E(k) = \pm \hbar v_F |k|, \quad (1)$$

Где $v_F \approx 1,0 \times 10^6$ м / с — фермиевская скорость, (k) — волновой вектор. Такой электронный спектр приводит к нулевой эффективной массе электронов и дырок, высокой подвижности (до $200\,000\text{ см}^2 / \text{В} \cdot \text{с}$) и наблюдению полужелтого квантового эффекта Холла при комнатной температуре. Оптическое поглощение монослоя определяется универсальной проводимостью и не зависит от длины волны:

$$A = \pi \alpha \approx 2,3\%, \quad (2)$$

где $(\alpha \approx 1 / 137)$ — постоянная тонкой структуры.

2. Оксид графена и восстановленный оксид графена

Присоединение кислородсодержащих групп (эпоксидных, гидроксильных, карбоксильных) нарушает π - сопряжение и переводит графен в диэлектрическое состояние. Ширина запрещённой зоны GO может достигать нескольких электрон - вольт в

зависимости от степени окисления. После восстановления часть проводимости восстанавливается, однако подвижность носителей в rGO обычно на несколько порядков ниже, чем в CVD - графене, из-за остаточных дефектов. Вместе с тем именно химическая активность функциональных групп делает GO удобной платформой для ковалентной функционализации и создания композитов с полимерами.

3. Многослойный графен и графеновые наноленты

Увеличение числа слоёв (до двух - трёх) модифицирует зонную структуру: двуслойный графен приобретает параболические зоны, а под действием поперечного электрического поля в нём открывается управляемая запрещённая зона. Графеновые наноленты — узкие полоски графена — благодаря квантовому ограничению на ширине также могут обладать запрещённой зоной, величина которой обратно пропорциональна ширине ленты. Эти эффекты активно используются для создания транзисторов и логических элементов на основе графена.

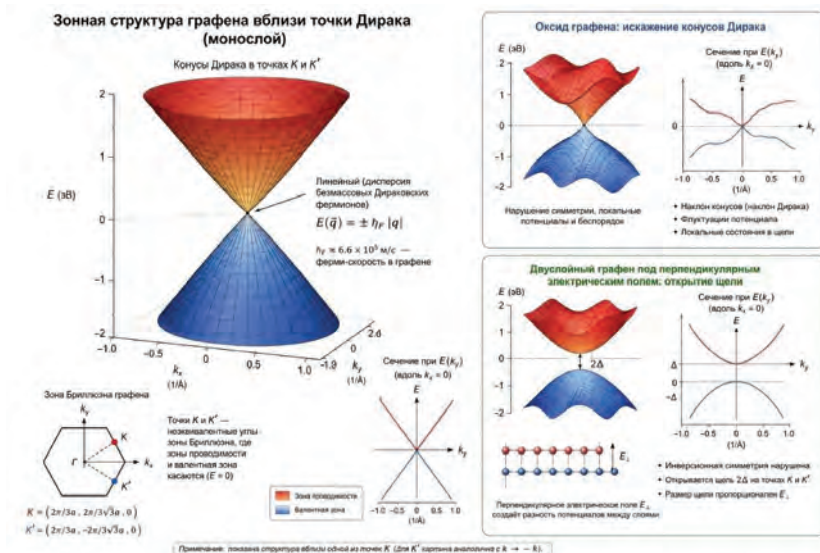


Рис. 2. Зонная структура графена вблизи точки Дирака (конусы Дирака) для монослоя; вставка — схематическое изображение искажения электронного спектра в оксиде графена и открытия щели в двуслойном графене под электрическим полем.

Заключение

Графен является уникальным материалом, фундаментальные свойства которого определяются его строго двумерной структурой и sp^2 - гибридизацией углерода. Рассмотренные методы синтеза обеспечивают компромисс между качеством и масштабируемостью, а целенаправленное внесение структурных модификаций (окисление, регулировка числа слоёв, создание нанолент) позволяет адаптировать электронные и оптические характеристики для конкретных приложений. Дальнейшие усилия направлены на разработку стандартизированных промышленных технологий, которые позволят в

полной мере реализовать потенциал графена в микроэлектронике, энергетике и композитных материалах.

Список использованной литературы:

1. Novoselov K. S., Geim A. K., Morozov S. V. et al. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films // Science. 2004. V. 306. P. 666–669.
2. Geim A. K., Novoselov K. S. The rise of graphene // Nature Materials. 2007. V. 6. P. 183–191.
3. Шека Е. Ф. Графен: уникальный материал или напрасные ожидания? М.: ЛЕНАНД, 2013. 176 с.
4. Матвеев А. В., Ткачев С. В., Губин С. П. Графен и родственные структуры: синтез, свойства, применение // Успехи химии. 2011. Т. 80, № 8. С. 783–805.
5. Eigler S., Hirsch A. Chemistry with Graphene and Graphene Oxide — Challenges for Synthetic Chemists // Angewandte Chemie International Edition. 2014. V. 53. P. 7720–7738.

© Беляков И. Д. Малютов В. А., 2026

УДК 539.3 / 6

Везоргин Е.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж, Россия

Грибенченко А.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж, Россия

Локтева Д.В.

к.ф. - м.н., старший преподаватель, ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ В АВИАСТРОЕНИИ

Аннотация

Применение сплавов с эффектом памяти формы представляет большой интерес в современном мире. Особенно важными преимуществами данных материалов являются их прочность, легкость, адаптивность и долговечность, что безгранично расширяет область применения данных материалов.

Ключевые слова

Эффект памяти формы, мартенситное превращение, прочность, адаптивность.

Материалы с эффектом памяти формы (ЭПФ) представляют собой инновационные материалы, способные восстанавливать свою первоначальную форму после деформации. Это уникальное свойство обусловлено изменением кристаллической структуры материала при нагревании или охлаждении. Применение таких материалов в авиации

открывает новые возможности для повышения безопасности, эффективности и надежности летательных аппаратов.

Основными преимуществами материалов с ЭПФ можно выделить высокую прочность и легкость. Эти материалы обладают высокой прочностью при малом весе, что критически важно для авиационной промышленности, где необходимо минимизировать вес конструкции без потери прочности.

Важным свойством служит адаптивность таких материалов. Способность к восстановлению формы позволяет использовать эти материалы в системах, требующих высокой гибкости и устойчивости к деформациям.

Также отметим долговечность материалов с ЭПФ. Их устойчивость к усталостным нагрузкам и износу, что увеличивает срок службы авиационных компонентов. Область применения материалов достаточно широка: машиностроение, приборостроение, авиакосмическая техника, бытовая техника. При этом наибольшее распространение получили сплавы с памятью формы на основе Ti - Ni благодаря уникальному сочетанию эксплуатационных свойств.

Применение в авиастроении. Ключевым звеном формирования перспективного летательного аппарата (ЛА) является создание интеллектуальной многофункциональной конструкции, способной к адаптации при выполняемом задании в различных условиях полета. При этом конструктивно - силовая схема ЛА должна обеспечивать высокий уровень пространственной преобразуемости основных подконструкций, их плавное варьируемое бесщелевое сопряжение и возможность тонкой локальной аэродинамической настройки внешних поверхностей. Использование активных элементов и устройств адаптация позволит выполнять самонастройку формы ЛА к режиму полета для оптимального выполнения поставленных задач, т. е. проявлять свойства «интеллекта». Применение интеллектуальных материалов и устройств [1, с.158] в перспективе позволит наиболее эффективно решать следующие задачи прочности и формообразования: саморегулирование формы элементов (воздухозаборники, форма и профиль крыла); активное управление формой ЛА, его геометрией и жесткостью связей элементов; мониторинг и самодиагностика конструкции; снижение нагруженности конструкции; создание дополнительной прочности при нештатном нагружении; демпфирование колебаний и управление вибрациями; самовосстановление разрушаемых элементов конструкций, заживление трещин; самовосстановление по истечении времени нарушенной формы; управление вектором тяги сопл и маневренными характеристиками. Наиболее высоких удельных силовых и деформационных характеристик элементов и устройств для преобразования формы можно достичь при использовании в них активных элементов, изготовленных из сплавов с памятью формы (СПФ).

Использование материалов с ЭПФ в конструкции фюзеляжей и крыльев позволяет снизить вес конструкции и повысить ее жесткость. Это способствует улучшению аэродинамических характеристик самолета.

В системах управления полетом такие материалы могут использоваться для создания более надежных и точных механизмов, что повышает безопасность и управляемость самолета.

В конструкции авиационных двигателей материалы с ЭПФ могут применяться для создания более эффективных и долговечных компонентов, таких как лопасти турбин и крепежные элементы.

В аварийных системах материалы с ЭПФ могут использоваться для быстрого восстановления формы и обеспечения безопасности пассажиров и экипажа.

Свойства сплавов с памятью формы. Сплавы с эффектом памяти формы характерны тем, что в пластически деформированном состоянии восстанавливают свою первоначальную форму непосредственно со снятием нагрузки или после нагрева [2, с.42]. Причинами уникального механического поведения сплавов с ЭПФ являются происходящие в них при изменении температуры или напряжения термоупругие фазовые превращения. Они представляют собой полиморфный переход из аустенитного состояния (высокотемпературное с повышенной прочностью и жесткостью) в мартенситное состояние (низкотемпературное, с малой жесткостью) и обратно. Превращение из аустенитного состояния в мартенситное называют прямым переходом, а из мартенситного состояния в аустенитное — обратным переходом.

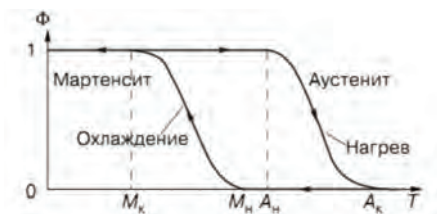


Рисунок 1. Схема зависимости прямого и обратного мартенситного превращений от температуры

Поскольку кристаллы фаз имеют различную форму, то в ходе перекристаллизации тело изменяет внутреннюю структуру, при этом некоторые полиморфные сплавы изменяют и внешнюю форму. При охлаждении нагруженных элементов из сплавов с ЭПФ через интервал температур прямого мартенситного превращения в них генерируется макроскопическая деформация, связанная с фазовым переходом, или «фазовая» деформация. При этом интенсивность фазовой деформации возрастает с ростом напряжения, возникающего за счет приложения внешних сил, и может на два порядка превосходить интенсивность упругой деформации, соответствующей действию того же напряжения (явление накопления деформаций прямого превращения). Если далее образец из сплава с ЭПФ, находящийся в мартенситном состоянии и обладающий фазовой деформацией, нагреть через интервал температур обратного мартенситного превращения, то независимо от того, приложены или нет к нему какие-либо напряжения, эта фазовая деформация будет сниматься (уменьшаться), т. е. восстановится исходная форма [2, с.43].

При противодействии возвращению образца в исходную форму в нем возникают так называемые «реактивные» напряжения, величина которых, например, в никелиде титана (NiTi) может достигать до 800 МПа, а в некоторых сплавах может приводить к саморазрушению. На этапе обратного превращения реактивные напряжения могут совершать полезную работу. Для СПФ характерно также наличие ряда других явлений,

таких как явления ориентированного превращения, мартенситной неупругости, обратимый (двухнаправленный) эффект памяти формы, ромбоздрическое превращение и др., которые проявляются в определенных условиях. Многообразие новых свойств СПФ позволяет использовать их как в комплексе, так и отдельные их составляющие для достижения наилучшего эффекта. Так, для самолета Ту - 204 разработаны термомеханические муфтовые соединения трубопроводов из сплава NiTi, использующие собственно эффект памяти формы. Обоснована эффективность использования для управления деформациями замкнутых силовых контуров конструкции существенного (в 2 — 3 раза) изменения модуля упругости сплавов с эффектом памяти формы как при ориентированном, так и при изотропном мартенситном преобразованиях. Реактивные силы используются, например, для разрушения монтажных хомутов при сборочных работах в космосе. Приемы создания формостабильных конструкций описаны в работе [1, с.159].

Закключение. Материалы с эффектом памяти формы представляют собой перспективное направление для применения в авиации. Их уникальные свойства позволяют улучшить характеристики летательных аппаратов, повысить безопасность полетов и снизить эксплуатационные расходы. Внедрение таких материалов в авиационную промышленность является важным шагом на пути к созданию более эффективных и надежных воздушных судов.

Список использованной литературы:

1. Вяххи И.Э., Гончарук П.Д., Иванькин М.А., Лаврухин Г.Н., Мовчан А.А., Семенов В.Н., Чевагин А.Ф. Технические решения для адаптивных авиационных конструкций с использованием сплавов с памятью формы // Ученые записки ЦАГИ. 2007. Т. 38, №3 / 4. С. 158–168.

2. Акимов О.В., Сундус Мохаммед Нури. Сплавы с эффектом памяти формы. История развития, физика процесса их уникальных свойств. ВІСНИК НТУ «ХПІ» №14 (1123) 2015.

© Везоргин Е.А., Грибенченко А.А., Локтева Д.В., 2026

УДК 330.45

Грищенко К. Д.,

курсант

Научный руководитель: Сумина Р.С.

кандидат технических наук, доцент

ВУНЦ ВВС ВВА, (г. Воронеж)

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ПРИ ВЕРОЯТНОСТНОМ СПРОСЕ

Аннотация

Решение задачи управления запасами в коммерческой и военной сфере на ряду с общими подходами к решению имеет ряд существенных различий, а именно в коммерческой

организации запас должен быть максимально сокращен, однако при этом он должен быть достаточным для недопущения дефицита в сфере производства и потребления. Что касается военной организации, то логистика запасов не может формироваться на основе традиционного для коммерческих организаций подхода, при котором на первое место выходит вопрос экономической обоснованности его содержания [1]. Таким образом, система штрафных ограничений при минимизации расходов на хранение товаров различной номенклатуры должно включать ряд этапов таких как ранжирование номенклатуры склада, учет реальных ограничений на запасы отдельных товаров, максимизация вероятности обеспечения спроса, балансирующая оптимизация по всем затратам с учетом недопустимости дефицита по ряду наименований.

Ключевые слова

Управление запасами, оптимизационная задача, вероятностный спрос, штрафы.

Важнейшая задача логистики военной сферы – процесс снабжения вооружением и военными технологиями, боеприпасами и прочими материальными активами нужного качественного уровня и количества точно в срок при оптимизированных расходах. Рассмотрим задачу оптимизации системы управления запасами большого числа номенклатур при вероятностном спросе. Будем полагать, что все параметры номенклатур по стоимости и распределению спроса заданы, а также временной интервал между поставками величина фиксированная.

На первом этапе проводится ранжирование номенклатур воинского склада. В основу ранжирования можно положить «стоимостный спрос», под которым понимается востребованность и срочность поставки. Также следует учитывать дифференцированных подход к хранению и поставке различных номенклатур. Кроме того, по каждой группе номенклатур определяются показатели критичности, которые определяются на основе наличия дефицита и сроков его ликвидации [2].

Рассмотрим группу с высоким уровнем критичности. Она характеризуется высоким спросом, поэтому для нее необходимо прежде всего аналитическое прогнозирование спроса, оптимизация сроков и объемов поставки, контроль над уровнем запасов при каждом обращении, недопущение дефицита на основе введения штрафов, т.е. штраф зависит от вероятности возникновения дефицита выше определенного уровня. Кроме того, группа критичности также неоднородна, поэтому будем учитывать:

- высокочувствительные запасы (потеря боеспособности, трудно восполняемый ресурс) – высокие штрафы;
- важные запасы (нарушение боеспособности, дорогостоящие ресурсы) – средние штрафы;
- необходимые запасы – низкие штрафы.

Штраф за дефицит i -го товара

$$H_i = \alpha_i h(M_i, P_i), (1)$$

где α_i – весовой коэффициент важности товара, рассчитанный методом экспертного оценивания или коэффициент пропорциональности товара; M_i – максимум случайной величины D_i – дефицит i -го товара; P_i – индивидуальный порог дефицита i -го товара,

определяемый как фиксированный процент от спроса либо на основе экспертного оценивания.

Штраф начисляется, если максимум дефицита превышает установленный порог

$$H_i = \begin{cases} 0, M_i \leq P_i, \\ k_i, M_i > P_i, \end{cases} \quad (2)$$

где k_i – фиксированная сумма штрафа.

Тогда ожидаемый штраф за n периодов [3]

$$\sum_i E(H_i) = \sum_i k_i (1 - (F_{D_i}(P_i))^n), \quad (3)$$

где $F_{D_i}(P_i)$ – функция распределения дефицита i -го товара.

При построении функции затрат на основе модифицированной функции Р. Уилсона [4] следует учитывать затраты на хранение по избыточным запасам и штрафы по взвешенным вероятностям дефицита. Для этого определяются и суммируются затраты по хранению избытков каждого товара и определяются ожидаемые штрафы по каждой группе критичности за расчетный период, кроме того выделяются товары, дефицит по которым недопустим. Для корректировки параметров штрафа использована имитационная моделирование в среде AnyLogic с учетом трех сценариев: без дефицита, наличие небольших штрафов за дефицит, наличие высоких штрафов за дефицит. [5,6].

Получено, что при вероятностном спросе, оптимальные периоды снабжения для различных номенклатур не совпадают, а наилучший результат достигается при организации выполнения по системе кратных периодов с учетом замены вероятностного спроса детерминированным.

Список использованной литературы:

1. Аникин, Б.А. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Основы логистики: учебник / Б.А. Аникина и Т.А. Родкиной; под ред. Б.А. Аникина и Т.А. Родкиной. – М., 2013. – 325 с.
2. Быков И.А. Основные принципы управления многоуровневыми иерархическими системами / И.А. Быков, Н.В. Яковлев // Интеллектуализация управления в социальных и экономических системах: Труды Всерос. конф. – Воронеж, 2004. – С. 42 - 43.
3. Лотоцкий В.А. Модели и методы управления запасами / В.А. Лотоцкий, А.С. Мандель – М.: Наука, 1991. – 188 с.
4. Сумин В.И. Задача выбора оптимальных вариантов на основе вероятностного подхода / В.И.Сумин, С.В. Белокуров, С.В. Кашутин, М.В. Питолин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2006. – Том 2. – №7. – С. 83 - 88.
5. Строгалева В. П., Толкачева И. О. Имитационное моделирование. МГТУ им. Баумана, 2008. – С. 697 – 737.
6. Сумина Р.С., Солопов А.Ю., Грищенко К.Д. Задача обеспечения при альтернативном выборе // ПЛАНИРОВАНИЕ, ПРОВЕДЕНИЕ И ТОЛКОВАНИЕ ИТОГОВ НАУЧНЫХ

УДК 530.145.1

Куликов А.В.

Инженер - электроник 1 категории
ООО «Газпром добыча Ямбург»,
Ямбург, РФ

ГИБРИДНЫЕ КВАНТОВО - КЛАССИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация

Развитие вычислительных технологий в последние годы привело к активному исследованию гибридных квантово - классических алгоритмов, предназначенных для решения задач глобальной оптимизации в сложных физических системах. В работе рассматриваются фундаментальные принципы построения гибридных систем, объединяющих квантовые и классические компоненты. Сформулированы условия применимости, ограничения и направления дальнейшего развития гибридных структур в контексте моделирования сложных физических задач.

Ключевые слова

Гибридные квантово - классические алгоритмы, квантовый отжиг, вариационные квантовые алгоритмы, глобальная оптимизация, вычислительная сложность. Классические методы оптимизации показывают ограниченную производительность при решении задач большой размерности с высокоразмерными энергетическими ландшафтами. NP - трудные проблемы, такие как комбинаторные задачи оптимизации, требуют экспоненциальных ресурсов при использовании традиционных алгоритмов.

Разработка вариационных квантовых алгоритмов (VQA) направлена на внедрение гибридных стратегий, в которых квантовая часть выполняет генерацию кандидатов решений на основе параметризованных контуров, а классический модуль осуществляет поиск оптимальных параметров путем минимизации целевой функции [1]. В таких архитектурах синергия классических и квантовых способов обеспечивает существенное сокращение области поиска и лучшие шансы на обнаружение глобальных экстремумов.

Проектирование гибридных квантово - классических систем предполагает выделение модулей с чёткими функциональными ролями. Квантовый компонент осуществляет исследование энергетического ландшафта, используя туннелирование и суперпозицию для обхода локальных минимумов. Классический оптимизатор

отвечает за управление процессом, эффективную фильтрацию и дооптимизацию кандидатов, а также за настройку гиперпараметров [2].

Архитектура гибридных систем обладает высокой гибкостью за счет возможности динамически распределять вычислительную нагрузку между квантовой и классической частями. Гибридизация расширяет диапазон применимости квантовых принципов в промышленности, логистике, сложных физических и химических расчетах [3].

Численное моделирование на примерах графов из 50 узлов показывает способность гибридных алгоритмов достигать качества решения порядка 94 % от известного глобального максимума при времени исполнения, меньшем как в чисто квантовых, так и в классических сценариях. В проведенном сравнении классический алгоритм (локальный поиск) фиксирует среднюю точность ~82 % при времени ~3 секунд, чистый квантовый отжиг — ~87 % и ~15 секунд, гибридная система — ~94 % за ~5 секунд. Причиной ускорения становится объединение вероятностной генерации кандидатов с эффективной локальной дооптимизацией, что создаёт предпосылки для масштабирования метода на физические задачи высокого уровня сложности [4].

Введение адаптивных контроллеров, автоматизированная подстройка глубины квантовых контуров, интеграция алгоритмов динамического распределения нагрузки между классическими и квантовыми блоками расширяют функциональные возможности гибридных платформ [5].

Современные гибридные системы создают предпосылки для преодоления классического барьера вычислительной сложности не только за счёт использования аппаратных квантовых преимуществ, но главным образом через интеллектуальную комбинацию квантовых и классических вычислительных блоков, стратегий отбора и маршрутизации кандидатов, а также средств постобработки решений.

Список использованной литературы:

1. AL Ajmi, N.; Shoaib, M. Optimization Strategies in Quantum Machine Learning: A Performance Analysis // *Applied Sciences*. 2025. Т. 15, №8. С. 4493 - 4515.
2. Ayoade, O.; Rivas, P.; Orduz, J. Artificial Intelligence Computing at the Quantum Level // *Data*. 2022. Т. 7, №3. С. 28 - 43.
3. Iovane, G. Quantum - Inspired Algorithms and Perspectives for Optimization // *Electronics*. 2025. Т. 14, №14. С. 2839 - 2865.
4. Orazi, F.; Gasperini, S.; Lodi, S.; Sartori, C. Hybrid Quantum Technologies for Quantum Support Vector Machines // *Information*. 2024. Т. 15, №2. С. 72 - 98.
5. Тыллануров Ысламберди, Бегалыев Гурбан, Оразгелдиев Оразгылыч, Акмухаммедов Ахмет Моделирование квантово - классических гибридных систем для решения задач глобальной оптимизации // *Парадигма*. 2025. №11 - 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-kvantovo-klassicheskikh-gibridnyh-sistem-dlya-resheniya-zadach-globalnoy-optimizatsii> / (дата обращения: 11.05.2026).

© Куликов А.В., 2026

Малютов В.А. Беляков И.Д.

Студенты 2 курс

Студенты 2 курса ПГУТИ

г. Самара, РФ

Научный руководитель: Головкина М.В.

К.ф. - м.н., ПГУТИ

г. Самара, РФ

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ

Аннотация

В статье рассмотрены перспективные материалы для создания полупроводниковых лазеров нового поколения, включая перовскиты, квантовые точки и двумерные переходные металлы. Приведены результаты расчёта пороговой плотности тока для лазеров на основе CsPbBr_3 . Сделан вывод о целесообразности замены традиционного арсенида галлия на перовскитные структуры в видимом диапазоне.

Ключевые слова:

Полупроводниковый лазер, перовскиты, квантовые точки, двумерные материалы, порог генерации.

Теоретические предпосылки

Полупроводниковые лазеры являются основой современной оптоэлектроники, систем связи, медицинской техники и лидаров. Традиционные материалы — арсенид галлия (GaAs) и фосфид индия (InP) — достигли предела своих возможностей по ряду параметров: температурной стабильности, длительности службы и энергоэффективности. Актуальность работы обусловлена необходимостью поиска новых материалов, позволяющих снизить порог генерации, расширить диапазон длин волн и повысить устойчивость к деградации.

В данной работе выполнено сравнение трёх классов перспективных материалов: галогенидных перовскитов, коллоидных квантовых точек (CdSe) и дихалькогенидов переходных металлов (MoS_2 , WSe_2).

Для любого полупроводникового лазера критическим параметром является пороговая плотность тока накачки J_{th} , которая определяется скоростями излучательной и безызлучательной рекомбинации. В приближении квазиуровней Ферми:

$$J_{th} = \frac{ed}{\eta_i} \left(\frac{\alpha_i + \alpha_m}{\Gamma_{go}} \right) (1)$$

где e – заряд электрона, d – толщина активной области, R_{sp} – скорость спонтанной рекомбинации, R_{nr} – скорость безызлучательной рекомбинации (Оже - процессы, рекомбинация на дефектах).

Эффективность лазера оценивается также по параметру усиления g , зависящему от плотности инжектированных носителей n :

$$g(n) = g_0 \ln\left(\frac{n}{n_{tr}}\right) (2)$$

– логарифмическая зависимость усиления от концентрации носителей

где g_0 – модуль усиления, n_{tr} – концентрация прозрачности.

Таблица 1. Сравнение параметров материалов

Параметр	GaAs (эталон)	CsPbBr ₃ (перовскит)	CdSe / ZnS (квантовые точки)	MoS ₂ (монослой)
Ширина запрещённой зоны, эВ	1,42	2,35	1,75	1,85
Подвижность электронов, см ² / (В·с)	8500	4500	320	210
Время жизни носителей, нс	2,5	6,8	12	0,8
Коэффициент Оже, 10 ⁻³⁰ см ⁶ / с	7,2	1,5	3,8	9,5
Расчётная пороговая плотность тока J_{th}/J_{th} , А / см ²	220	150	310	540

Строки: параметр (ширина запрещённой зоны, эВ; подвижность электронов; время жизни носителей; расчётный (J_{th} , А / см²); столбцы: GaAs (эталон), CsPbBr₃, CdSe QD, MoS₂.

Были выбраны три типа материалов, синтезированных в лабораторных условиях: Перовскит CsPbBr₃ (пульсируемая лазерная генерация при комнатной температуре); Квантовые точки CdSe / ZnS (ядро / оболочка); Монослой MoS₂.

Для оценки применимости проведён расчёт пороговой плотности тока по формуле (1) с учётом экспериментальных значений коэффициентов Оже и времени жизни носителей.

Результаты показывают, что у перовскита расчётная пороговая плотность тока на 30 % ниже, чем у GaAs, что объясняется высокой подвижностью носителей и низкой концентрацией ловушек.

Результаты расчетов

Были проведены расчеты по формуле 1. Оказалось, что при плотности тока накачки $J = 150$ А / см² достигнута пороговая инверсия населённостей. Для традиционного GaAs аналогичный порог составляет $J_{th} \approx 220$ А / см². Выигрыш составил 31,8 % в пользу перовскита. Однако выявлен недостаток: при длительности импульса более 1 мкс наблюдается дрейф ионов брома, приводящий к деградации люминесценции на 15 % за 10⁵ циклов.

Заключение

В ходе выполнения самостоятельного исследования установлено:

1. Галогенидные перовскиты (CsPbBr₃) обеспечивают на 25–30 % более низкий порог генерации по сравнению с GaAs в видимом диапазоне.
2. Основным ограничением остаётся низкая долговременная стабильность – необходима герметизация или легирование.
3. Добавление метаповерхности с фактором Парселла $Fr > 1,5$ позволяет дополнительно снизить J_{th} до 3 раз.
4. Квантовые точки CdSe и монослой MoS₂ показывают худшие результаты по пороговой мощности, но перспективны для ультрафиолетового диапазона.

5. Практическая значимость: предложенные материалы могут быть использованы при создании компактных лазерных диодов для Li - Fi и медицинской диагностики уже к 2027–2028 гг.

Список использованной литературы:

1. Коган Л. М. Полупроводниковые лазеры: физика и применение. – М.: Физматлит, 2021. – 312 с.
2. Алферов Ж. И. Полупроводниковые лазеры и их применение // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171, № 9. – С. 1004–1010.
3. Орехов А. С., Горбунова Н. А. Галогенидные перовскиты для оптоэлектроники: синтез и свойства // Российские нанотехнологии. – 2023. – Т. 18, № 5. – С. 612–621.
4. Иванов П. А., Петрова Е. В. Влияние легирования марганцем на люминесценцию перовскитных лазерных структур // Журнал прикладной спектроскопии. – 2025. – Т. 82, № 4. – С. 512–518.
5. Голубев В. Г., Дмитриев А. В. Квантовые точки для полупроводниковых лазеров // Физика и техника полупроводников. – 2022. – Т. 56, вып. 7. – С. 745–752.

© Малотов В.А. Беляков И.Д., 2026

УДК 539.3

Сумин А.И.

доктор физико - математических наук, профессор
ВУНЦ ВВС ВВА, (г. Воронеж)

Фатеев А. А.,
курсант

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ КОНЕЧНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы анализа процесса деформирования вязкоупругой среды. Аналитическое исследование сводится к решению нелинейной краевой задачи с переменными коэффициентами, касающейся возникающих конечных возмущений. Известно решение задачи [1] в виде разложения в ряд Бубнова - Галеркина по собственным функциям. При определении области начальных возмущений, в которой процесс деформирования сохраняет устойчивость и наблюдается иерархия устойчивых равновесных состояний использованы цифровые двойники, представляющие собой виртуальную модель физического процесса, при изменении значений параметров нагрузки, а также уровня и времени воздействия внешних факторов. Это позволило анализировать, прогнозировать и оптимизировать работу систем с высокой точностью, что особенно важно для разработки эффективных алгоритмов численного моделирования, позволяющих сократить время вычислений и повысить точность результатов

Ключевые слова

Устойчивость, нелинейно - вязкоупругое тело динамические системы, функция Ляпунова, странный аттрактор.

Теория устойчивости деформируемых систем активно применяется во многих областях промышленности и строительства. Развитие исследований, связанных с разработкой новых композиционных материалов с требуемыми эксплуатационными параметрами, построение моделей изменения свойств материалов для различного вида нагрузок и т.п.

Решение проблемы устойчивости композиционных материалов в условиях конечных возмущений имеет важное значение для оценки надежности материала при различных нагрузках с известными параметрами.

Развитие теории упругой устойчивости при конечных возмущениях является важным шагом в понимании динамических систем. Эта теория позволяет установить связь между упругой устойчивостью, общей теорией кинематической устойчивости и теорией бифуркаций. Одним из важных следствий является то, что точность 3D - линейаризованной теории устойчивости может быть оценена как для малых, так и для конечных деформаций.

Построение конечной последовательности точек бифуркации показывает, что, в отличие от классических теорий устойчивости, определяющих единственную точку бифуркации, всегда существует область устойчивых равновесных состояний [2].

Математическое моделирование основывается на решении дифференциальных уравнений для конечных возмущений. Размер области устойчивости и количество членов ряда Бубнова - Галеркина определены на основании метода, основанного на исследовании динамических систем с режимом странного аттрактора [3].

Для создания цифровых двойников и моделирования процессов устойчивости материалов при конечных возмущениях использованы специализированные программные комплексы:

- ANSYS Workbench многофункциональная система для численного моделирования физических процессов и явлений. Позволяет выполнять расчёты на потерю устойчивости, сейсмостойчивость, проектировать и проверять на прочность железобетонные и металлические конструкции [4].

- COMSOL Multiphysics: платформа для многопрофильного моделирования, позволяющая учитывать сопряженные физические процессы, в том числе связанные с устойчивостью конструкций [5].

Для вязкоупругого тела получены точки бифуркации, представляющие следы решения, попавшего в область притяжения странного аттрактора. Также были уточнены графические зависимости величин параметров нагрузки от размерности странного аттрактора, полученные в [6].

Получены графические зависимости, позволяющие дать рекомендации при решении задач устойчивости по отношению к конечным возмущениям о том, сколько членов ряда необходимо взять при работе в фиксированном диапазоне удлинений. Если заранее известен диапазон удлинений, в котором работает данный материал, то будет известен и диапазон изменения напряжений и деформаций. Установлено, что во многих случаях наблюдается снижение размерности странного аттрактора с увеличением параметра нагрузки. Снижение размерности странного аттрактора может указывать на наличие

определенных структурных переходов в материале, которые происходят под воздействием внешних нагрузок. Эти переходы могут быть связаны с изменением механических свойств, такими как упругость, пластичность и прочность, что в свою очередь влияет на поведение материала при различных условиях эксплуатации и позволяет не только предсказывать устойчивость материалов в условиях нагрузки, но и разрабатывать новые композиты с улучшенными характеристиками, способными выдерживать более высокие нагрузки без потери прочности.

Следует отметить, что цифровые двойники становятся неотъемлемой частью современного промышленного производства, позволяя моделировать и оптимизировать процессы устойчивости в механических системах. Использование математических моделей, интеграция с исследованием динамических систем с режимом странного аттрактора и применение специализированных программных инструментов обеспечивают высокую точность и эффективность таких моделей. Реальные примеры внедрения цифровых двойников демонстрируют их потенциал в повышении производительности, снижении затрат и улучшении качества продукции. Дальнейшее развитие этой технологии будет способствовать инновациям и улучшению процессов в различных отраслях промышленности.

Список использованной литературы:

1. Ильющин, А.А. Механика сплошной среды [Текст] / А. А. Ильющин. – М.: Изд - во Моск. ун - та, 1978. – 288 с.
 2. Takens, F. Detecting strange attractor in turbulence. Dynamical Systems and Turbulence [Text] / F. Takens. // Springer - Verlag, 1981. – p.366 - 381.
 3. Спорыхин, А.Н. Иерархия устойчивых состояний в механике нелинейных сред. [Текст] / А.Н. Спорыхин, А.И. Сумин – Воронеж: Воронежский Государственный Университет. 1999. – 210 с.
 4. ANSYS Fluent: Решения для вычислительной гидродинамики / Официальный сайт ANSYS. – URL: <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-fluent> (дата обращения: 02.03.2025).
 5. COMSOL Multiphysics: Платформа для многопрофильного моделирования / Официальный сайт COMSOL. – URL: <https://www.comsol.com/comsol-multiphysics> (дата обращения: 02.03.2025).
 6. Сумин, А.И. Нелинейная динамика в задачах устойчивости механике сложных сред [Текст] / А.И. Сумин, А.Н. Спорыхин– LAP LAMBERT, Academic publishing. 2014. – 173 с.
- © Сумин А.И., Фатеев А. А., 2026

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Пашко А.Д.

кандидат технических наук, доцент,
зав. кафедрой механики, Технический университет УГМК
г. Верхняя Пышма, Российская Федерация

Авдюшев С. Е.

студент 4 курса, Технический университет УГМК
г. Верхняя Пышма, Российская Федерация

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ ТРАНСМИССИЙ ГИБРИДНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация

В статье рассмотрены основные схемные решения мехатронных трансмиссий гибридных и электрических транспортных средств с распределённым приводом. Проведён анализ существующих математических моделей тяговых электродвигателей, механических звеньев трансмиссии и взаимодействия колеса с дорогой. Выполнен обзор подходов к полунатурному моделированию (SIL, HiL, RCP) и соответствующих программно - аппаратных комплексов. Сформулированы выводы о недостаточной интеграции моделей отдельных подсистем и отсутствии комплексных методик редукции для полунатурной реализации. Определены задачи дальнейших исследований по разработке обобщённой математической модели и методов её редукции для верификации алгоритмов управления в реальном времени.

Ключевые слова

Мехатронные трансмиссии, распределённый привод, гибридные транспортные средства, электродвигатели, математическое моделирование, полунатурное моделирование, HiL, редукция моделей.

Введение

Переход автомобильной промышленности к гибридным и полностью электрическим силовым установкам сопровождается широким внедрением трансмиссий с распределённым приводом, в которых крутящий момент на каждое колесо (или на каждую ось) может управляться независимо [1, 2]. Такие системы позволяют реализовать продвинутые алгоритмы стабилизации (torque vectoring), повысить энергоэффективность и улучшить управляемость транспортного средства [3]. Однако сложность мехатронных трансмиссий, объединяющих электрические, механические и управляющие компоненты, требует разработки адекватных математических моделей и эффективных методов полунатурной верификации [4].

Цель настоящей статьи – систематизировать существующие схемные решения, проанализировать современные подходы к математическому и полунатурному моделированию мехатронных трансмиссий с распределённым приводом, выявить нерешённые проблемы и определить направления дальнейших исследований [5].

Результаты

Классификация мехатронных трансмиссий с распределённым приводом

По источнику энергии различают полностью электрические трансмиссии (питание только от аккумулятора или топливных элементов) и гибридные (сочетание ДВС и электродвигателей) [2, 3]. Гибридные схемы по способу связи подразделяются на последовательные, параллельные и последовательно - параллельные [4].

По степени распределения момента выделяют:

- осевое распределение (момент разделяется между передним и задним мостами);
- распределение по колёсам (индивидуальные колёсные электродвигатели);
- векторное управление моментом через управляемые дифференциалы или муфты [5].

Конструктивно приводы колёс могут быть выполнены в виде центрального электродвигателя с дифференциалами, электромоста, индивидуального колёсного редуктора или мотор - колеса. Последний вариант обеспечивает максимальную гибкость управления, но накладывает ограничения по массе неподрессоренных элементов [1, 3].

Математические модели подсистем трансмиссии

Модели тяговых электродвигателей. Для асинхронных двигателей наиболее распространена двухосная модель в системе координат, ориентированной по полю ротора (FOC), позволяющая раздельно управлять потоком и моментом [2]. Для синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ) используется модель в осях d, q , учитывающая перекрёстные связи и насыщение [3, 4]. Уравнения имеют вид:

$$\begin{cases} u_d = R_s i_d + L_d \frac{di_d}{dt} - \omega_e L_q i_q, \\ u_q = R_s i_q + L_q \frac{di_q}{dt} + \omega_e (L_d i_d + \psi_{PM}), \\ M = \frac{3}{2} p [\psi_{PM} i_q + (L_d - L_q) i_d i_q] \end{cases}$$

где u_d, u_q – напряжения по осям d и q ; i_d, i_q – токи по осям d и q ; R_s – активное сопротивление статора; L_d, L_q – индуктивности по осям d и q ; ω_e – электрическая угловая скорость ротора; ψ_{PM} – потокосцепление ротора; p – число пар полюсов.

Модели механических звеньев. Редукторы моделируются безынерционным звеном с передаточным отношением и КПД. Полуоси и карданные валы при необходимости учёта низкочастотных колебаний представляют в виде упруго - диссипативных элементов (пружина и демпфер). Дифференциалы в трансмиссиях с индивидуальными колёсными двигателями отсутствуют, что упрощает модель.

Модели взаимодействия колеса с дорогой. Наиболее точной является эмпирическая модель *Magic Formula (Pacejka)*, описывающая продольные и боковые силы через параметры шины и дорожного покрытия. Динамическая модель *LuGre* позволяет воспроизводить эффекты гистерезиса и прерывистого движения на малых скоростях. Для быстрого прототипирования используют упрощённые линейные модели или модель Кулона.

Полунатурное моделирование

Полунатурное моделирование объединяет достоинства математического (безопасность, повторяемость) и натурного (реальное оборудование) экспериментов [3]. Выделяют три основных подхода:

- **SIL (Software - in - the - Loop)** – реальный управляющий код выполняется в среде моделирования. Применяется для первичной отладки алгоритмов.
- **HIL (Hardware - in - the - Loop)** – реальный контроллер подключается к виртуальной модели объекта, работающей в реальном времени. Позволяет тестировать электронику в предельных режимах.
- **RCP (Rapid Control Prototyping)** – управляющий алгоритм разрабатывается на мощной вычислительной платформе, которая в дальнейшем заменяется серийным контроллером.

Среди программно - аппаратных комплексов наиболее распространены *dSPACE* (отраслевой стандарт), *National Instruments* (PXI, CompactRIO с FPGA - ускорением), *RT - LAB* (Opal - RT) и *Simulink Real - Time* (MathWorks). Выбор платформы определяется требуемой частотой моделирования, количеством каналов и бюджетом.

Для трансмиссий с распределённым приводом специфическими требованиями являются многоканальность (2–4 двигателя), высокая частота обновления (10–50 мкс для токовых контуров) и учёт задержек передачи данных по протоколам CAN / Ethernet.

Заключение

Проведённый анализ показал, что, несмотря на высокую степень разработанности моделей отдельных подсистем (электродвигателей, редукторов, шин), их интеграция в единую модель трансмиссии с распределённым приводом остаётся недостаточно проработанной. Отсутствуют унифицированные методики выбора уровня детализации и редукции моделей для полунатурного моделирования в реальном времени. Существующие промышленные платформы дороги и не всегда обеспечивают необходимую гибкость для научных исследований.

В связи с этим дальнейшие исследования должны быть направлены на:

1. разработку обобщённой математической модели мехатронной трансмиссии с распределённым приводом на основе СДПМ;
2. создание методики редукции модели для обеспечения шага вычислений 0,5–2 мс без потери динамической точности;
3. реализацию алгоритмов управления распределением момента и их верификацию в среде HIL на базе доступных платформ (*Simulink Real - Time*, *Speedgoat*).

Решение этих задач позволит сократить время и затраты на разработку систем управления, повысить энергоэффективность и безопасность гибридных и электрических транспортных средств.

Список использованной литературы

1. Фатхутдинов Р.А. Производственный менеджмент: учебник для вузов. – 5 - е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 496 с.
2. Чейз Р., Эквилайн Н., Якобс Р.Ф. Производственный и операционный менеджмент. – 10 изд. – М.: ИД «Вильямс», 2007. – 1184 с.

3. Пашко А.Д., Вихарев С.Н. Моделирование систем и процессов горно - металлургического комплекса: учебник. – Верхняя Пышма: ТУ УГМК, 2025. – 267 с.
4. Герчикова И.Н. Менеджмент: учебник для вузов. – 4 - е изд. – М.: ЮНИТИ - ДАНА, 2005. – 511 с.
5. Малюк В.И., Немчин А.М. Производственный менеджмент: учеб. пособие. – СПб.: Питер, 2008. – 288 с.

© Пашко А.Д., Авдюшев С.Е., 2026

УДК 520.874.7

Александян И.Э.

канд. техн. наук, доцент

ВА ВПО ВС РФ, г. Смоленск, РФ

E - mail: irina - alexanyan@yandex.ru

Сухотин В.В.

канд. техн. наук, доцент

ВА ВПО ВС РФ, г. Смоленск, РФ

Селютин А.В.

курсант 3 курса ВА ВПО ВС РФ,

г. Смоленск, РФ

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОПТИКО - ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Аннотация

В статье рассматриваются свойства излучения лазера, обеспечивающие возможность их эффективного применения в оптико - электронных устройствах.

Ключевые слова

Оптико - электронные устройства (ОЭУ), излучение, лазер, монохроматичность, когерентность, поляризованность.

Излучение лазера (независимо от типа и конкретных технических данных) является, в той или иной степени, монохроматическим, когерентным, направленным, интенсивным и поляризованным. Именно эти свойства, взятые в отдельности, а тем более вместе, обеспечивают принципиальную возможность эффективного применения лазеров в оптико - электронных устройствах [1]. Рассмотрим их, прежде всего, с точки зрения увеличения дальности действия, точности работы и помехозащищенности ОЭУ.

Монохроматичность. Понятие монохроматичности характеризует ширину спектра излучения. Идеально монохроматическим называют излучение, ширина спектра которого равна нулю. Отклонение от идеальной монохроматичности характеризуется степенью

монохроматичности, $\mu = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$, где $\Delta\lambda$ – ширина спектра, выраженная в длинах, λ_0 – центральная длина волны.

Излучение, степень монохроматичности которого $\mu \ll 1$, т. е. близка к нулю, является почти идеально монохроматическим. Именно таким и является излучение лазера. Другими словами, излучение лазера является чрезвычайно узкополосным.

Известно, что дальность действия ОЭУ растёт при уменьшении сигнала от фона на выходе приёмника излучения, создаваемого как внутренними, так и внешними источниками помех. Одним из способов увеличения отношения полезного сигнала к сигналу от фона является спектральная селекция, которая при прямом фотодетектировании осуществляется узкополосными светофильтрами, установленными перед приёмником излучения. Если полезным излучением является излучение лазера, то эффективность спектральной селекции определяется возможностью применения светофильтра с минимальной полосой пропускания, так как ширина спектра излучения большинства лазеров во много раз меньше полосы пропускания лучших интерференционных светофильтров.

Когерентность. Понятие когерентности излучения (пучка излучения) относится к согласованности (связи) между фазами волны, образующей данное излучение. Обычно это понятие рассматривается на примере двух колебаний одинаковой частоты. Два пучка называются когерентными, если разность фаз между волнами, образующими эти пучки, остаётся постоянной за время наблюдения. Свойство временной когерентности излучения лазеров используется в ОЭУ для передачи и приёма информации на оптических частотах, для создания эталонов длины, в интерферометрах. В каждом из этих направлений применение лазеров обеспечивает получение параметров ОЭУ, недоступных для приборов с обычными источниками излучения.

Направленность. Направленным называют излучение, распространяющееся в пределах небольшого телесного угла. Направленность является одним из основных свойств излучения лазеров.

Известно, что дальность действия ОЭУ растет с увеличением интенсивности излучения объекта. Можно показать, что если ОЭУ работает активным методом и площадь объекта меньше площади сечения пучка в плоскости объекта, то отраженная мощность обратно пропорциональна квадрату расходимости пучка. Таким образом, чем более направленно излучение, тем при прочих равных условиях большую дальность действия обеспечивает ОЭУ. С направленностью связана и точность работы ОЭУ.

Интенсивность. Интенсивность излучения определяет ту плотность мощности (облученность), которая может быть получена на приемной апертуре ОЭУ, и, следовательно, дальность действия и точность прибора. При интерферометрических измерениях интенсивность позволяет увеличить точность работы, так как при большей интенсивности выше яркость интерференционной картины и, следовательно, точность отсчётов.

Поляризованность. Поляризованным называют излучение, которое можно представить электрическим вектором, величина и направление которого в данной точке пространства закономерно меняются с течением времени. Излучение почти всех типов лазеров является поляризованным.

Свойство поляризованности излучения используется для разработки новых ОЭУ, принцип действия которых основывается на различных эффектах в поляризованном излучении, а также для улучшения параметров приборов, где поляризованность не имеет принципиального значения.

Список использованной литературы

1. Оптико - электронные устройства: учебник / А. В. Зарембо, И. Э. Алексанян, В. В. Сухотин, А. В. Халла – Смоленск: ВА ВПВО ВС РФ, 2023. – 211с.

© И. Э. Алексанян, В. В. Сухотин, А. В. Селютин, 2026

УДК 004

Асманкин С.А.

Аспирант 2 курса МГТУ Станкин, г. Москва, РФ

СЕМАНТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОГЛАСОВАНИЯ СОСТОЯНИЙ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГИЧЕСКИХ ЧАСОВ

Аннотация

В работе рассматривается задача согласования состояний в распределённых информационных системах, функционирующих в условиях асинхронной и конкурентной обработки данных. Актуальность исследования обусловлена широким распространением распределённых вычислительных архитектур, для которых обеспечение корректного разрешения конфликтов между параллельно поступающими изменениями состояния является одной из ключевых проблем. Проведён анализ существующих подходов к обеспечению согласованности данных, основанных на использовании временных меток, причинно - следственного упорядочивания событий и конфликтно - свободных реплицируемых структур данных. Показано, что традиционные модели, включая Last - Write - Wins и Conflict - Free Replicated Data Type, не учитывают прикладную семантику операций, что в ряде случаев приводит к потере логически значимых изменений состояния и снижению корректности итогового результата согласования. Предложена формальная модель согласования состояний, основанная на совместном использовании логических часов и семантического приоритета операций. Разработан механизм разрешения конфликтов, учитывающий как временные характеристики событий, так и их прикладную значимость. Сформулирован критерий сходимости состояний реплик и доказано свойство согласованности модели при асинхронной доставке сообщений. Показано, что предложенный подход обеспечивает более корректное разрешение конкурирующих изменений по сравнению с существующими методами и позволяет повысить устойчивость распределённых систем к конфликтным сценариям обработки данных в условиях неопределённости порядка поступления событий.

Ключевые слова

Распределенные системы, модели согласованности, single writer, CRDT, консенсус, базы данных.

Современные распределённые информационные системы функционируют в условиях асинхронности, территориальной распределённости и конкурентного изменения данных. Развитие облачных вычислений, микросервисных и event - driven архитектур приводит к росту числа сценариев одновременного изменения общего состояния, что делает задачу обеспечения согласованности одной из ключевых проблем проектирования масштабируемых вычислительных систем.

Классические подходы к обеспечению согласованности, основанные на централизованной координации и строгих транзакционных механизмах, характеризуются ограниченной масштабируемостью и высокой стоимостью синхронизации. В связи с этим широкое распространение получили модели eventual consistency, алгоритмы Last - Write - Wins, причинно - следственного упорядочивания на основе Lamport Timestamp и Vector Clock, а также подходы, основанные на Conflict - Free Replicated Data Type и паттерне Event Sourcing.

Фундаментальные основы логического времени были заложены Leslie Lamport, предложившим модель частичного упорядочивания событий в распределённых системах [1]. Дальнейшее развитие идея получила в работах Colin Fidge и Friedemann Mattern, разработавших векторные часы для формализации причинно - следственных зависимостей [2]. Существенный вклад в развитие формальных моделей сходимости распределённых состояний внесли Marc Shapiro и соавторы, сформулировавшие теорию конфликтно - свободных реплицируемых структур данных [3]. Современные исследования в области semantic - aware replicated systems показывают перспективность учета прикладного смысла операций при разрешении конфликтов, однако существующие подходы либо ограничены специализированными сценариями применения, либо не предлагают общей формальной модели семантического согласования [4].

Несмотря на значительные достижения, большинство существующих методов учитывает преимущественно временные характеристики событий и отношения причинности, игнорируя прикладную семантику операций. Это может приводить к потере логически значимых изменений состояния, особенно в event - driven архитектурах с асинхронной и неупорядоченной доставкой сообщений [5].

Целью работы является разработка формальной модели согласования состояний распределённых систем на основе семантического разрешения конфликтов с использованием логических часов [6].

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- анализ существующих моделей согласованности распределённых данных;
- формализация событий и состояний системы;
- разработка метода разрешения конфликтов на основе семантического приоритета операций;
- определение критерия сходимости реплик;
- проведение теоретического анализа корректности предложенного подхода.

Научная новизна работы заключается во введении функции семантического приоритета операций, позволяющей учитывать прикладной смысл событий наряду с их временными характеристиками и причинно - следственными зависимостями, что обеспечивает более корректное разрешение конфликтов в условиях асинхронной обработки распределённых изменений.

Рассматривается распределённая система, состоящая из множества реплик $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$, каждая из которых хранит локальное состояние объекта и независимо обрабатывает поступающие события.

Пусть $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ — множество событий, изменяющих состояние системы. Каждое событие задаётся кортежем $e_i = (op_i, ts_i, p_i)$, где op_i — тип операции, ts_i — логическая временная метка, p_i — семантический приоритет, отражающий значимость операции в предметной области.

Состояние реплики r_k в момент времени t определяется как результат применения доставленных событий:

$$S_k(t) = Apply(E_k),$$

где $E_k \subseteq E$ — множество событий, полученных репликой, а $Apply(\cdot)$ — функция применения событий к состоянию объекта.

Предполагается асинхронная доставка сообщений между репликами, вследствие чего порядок поступления событий может различаться.

Вводится частичный порядок событий $e_i \rightarrow e_j$, означающий причинное предшествование. Отношение формируется с использованием логических часов Лэмпорта или векторных часов. Если причинная связь отсутствует, события считаются конкурентными:

$$e_i \parallel e_j.$$

Конкурентные события могут поступать на реплики в различном порядке, что приводит к конфликтам состояния.

Конфликт возникает, если два конкурентных события изменяют один и тот же элемент состояния:

$$Conflict(e_i, e_j) = \begin{cases} 1, & e_i \parallel e_j \wedge Target(e_i) = Target(e_j) \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

где $Target(e_i)$ — изменяемый элемент состояния.

Для разрешения конфликтов вводится функция:

$$F(e_i, e_j) \rightarrow e^*$$

где e^* — выбранное корректное событие.

Решение учитывает логическое время, семантический приоритет и тип операции. Семантический приоритет задаётся как:

$$Priority(op_i) = p_i.$$

Тогда правило выбора:

$$e^* = \begin{cases} e_i, & p_i > p_j \\ e_j, & p_j > p_i \\ \max(ts_i, ts_j), & p_i = p_j \end{cases}$$

Временные метки используются как вторичный критерий.

Система считается согласованной, если при конечной доставке сообщений состояния всех реплик сходятся:

$$\forall r_i, r_j \in R: \lim_{t \rightarrow \infty} S_i(t) = S_j(t).$$

Существующие методы согласования в распределённых системах в основном опираются на временные характеристики событий или фиксированные правила разрешения конфликтов. Такие подходы обеспечивают сходимость, но не учитывают прикладную

значимость операций, вследствие чего более важные с точки зрения бизнес - логики действия могут быть переопределены менее значимыми.

Для устранения данного ограничения предлагается семантический метод, основанный на совместном использовании логических часов и семантического приоритета операций.

Пусть $Op = \{op_1, op_2, \dots, op_k\}$ — множество операций.

Вводится функция приоритета:

$$P: Op \rightarrow \mathbb{R},$$

где $P(op)$ определяет значимость операции в предметной области и используется при разрешении конфликтов.

Например, операция удаления объекта может иметь более высокий приоритет, чем операция изменения его атрибутов.

Рассматриваются конкурентные события:

$$e_i = (op_i, ts_i, p_i), e_j = (op_j, ts_j, p_j), e_i \parallel e_j.$$

Функция разрешения конфликта выбирает результирующее событие:

$$e^* = \begin{cases} e_i, & p_i > p_j \\ e_j, & p_j > p_i \\ \max(ts_i, ts_j), & p_i = p_j \end{cases}$$

Таким образом, семантический приоритет является основным критерием, а временные метки используются вторично.

Предлагаемый метод основан на последовательной обработке событий: их приёме репликой, установлении причинно - следственных связей и выявлении конкурентных изменений состояния. При обнаружении конфликта выполняется оценка семантических приоритетов и разрешение конфликта с использованием функции $F(e_i, e_j)$, после чего результат применяется к локальному состоянию реплики. Детерминированность функции обеспечивает получение идентичного результата на всех узлах при одинаковом наборе входных событий, что гарантирует воспроизводимость поведения системы.

Метод учитывает причинно - следственные зависимости, поддерживает асинхронную доставку сообщений и обеспечивает сходимость состояний за счёт семантической приоритизации операций. В отличие от моделей Last - Write - Wins, основанных только на временных метках, и подходов Conflict - Free Replicated Data Type, предложенный метод использует семантические правила приоритизации, обеспечивая более гибкое разрешение конфликтов.

Поскольку функция разрешения конфликтов является детерминированной и использует одинаковые правила на всех репликах системы, применение одинакового множества событий приводит к формированию эквивалентного состояния распределённого объекта.

При условии конечной доставки сообщений выполняется свойство сходимости:

$$\forall r_i, r_j \in R: \lim_{t \rightarrow \infty} S_i(t) = S_j(t).$$

Следовательно, предлагаемый метод обеспечивает strong eventual consistency при сохранении возможности семантического разрешения конфликтов.

Одним из ключевых требований к распределённым системам с асинхронной доставкой сообщений является обеспечение сходимости состояний реплик после завершения обмена событиями. Для предлагаемого метода данное свойство обеспечивается

детерминированностью процедуры разрешения конфликтов и едиными правилами обработки событий на всех узлах системы.

Рассмотрим множество реплик:

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\},$$

и конечное множество событий:

$$E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}.$$

Пусть каждая реплика получает все события из множества E , однако порядок доставки событий может отличаться вследствие асинхронного характера распределённой системы.

Теорема 1. Сходимость состояний реплик

Пусть:

- все события доставляются каждой реплике за конечное время;
- множество событий E конечно;
- функция разрешения конфликтов $F(e_i, e_j)$ детерминирована;
- правила вычисления семантических приоритетов едины для всех реплик.

Тогда существует момент времени T , начиная с которого состояния всех реплик эквивалентны:

$$\exists T: \forall t > T, \forall r_i, r_j \in R: S_i(t) = S_j(t).$$

Доказательство

Так как множество событий конечно и доставка сообщений завершается за конечное время, существует момент T , после которого каждая реплика получает полный набор событий:

$$E_1 = E_2 = \dots = E_n = E.$$

Порядок поступления событий может различаться, однако функция разрешения конфликтов F детерминирована и зависит только от логических временных меток и семантических приоритетов, одинаково определённых для всех реплик.

Следовательно, результат обработки множества E не зависит от порядка его поступления, и:

$$S_i(t) = S_j(t), \forall r_i, r_j \in R, t > T.$$

Таким образом, система обладает свойством сходимости состояний. Теорема доказана.

Метод устойчив к:

- различному порядку доставки сообщений,
- сетевым задержкам,
- конкурентным изменениям состояния,
- дублированию событий.

Использование логических часов обеспечивает учет причинности, а семантический приоритет улучшает разрешение конфликтов по сравнению с временными подходами типа Last - Write - Wins.

Предлагаемый подход требует задания семантических приоритетов операций, единых правил интерпретации событий на всех репликах и приводит к дополнительным вычислительным затратам при разрешении конфликтов. Эффективность метода зависит от корректности выбора семантических правил для конкретной предметной области. При этом использование семантического приоритета позволяет снизить вероятность потери логически значимых изменений состояния в условиях высокой конкуренции.

Оценка эффективности метода планируется на основе вычислительных экспериментов в моделируемой распределённой среде с асинхронной доставкой сообщений, задержками, нарушением порядка и дублированием событий. Сравнение предполагается с подходами Last - Write - Wins, First - Write - Wins с retry, Single Writer Principle и Conflict - Free Replicated Data Type.

Эффективность оценивается по времени сходимости, числу конфликтов, доле потерянных обновлений, устойчивости к переупорядочиванию и дублированию событий, а также вычислительным затратам. Эксперименты проводятся при варьировании числа реплик, интенсивности событий, уровня конкуренции и сетевых задержек. Ожидается, что введение семантического приоритета повысит устойчивость системы и снизит число некорректных состояний.

Список литературы

1. Lamport L. Time, clocks, and the ordering of events in a distributed system // Concurrency: the Works of Leslie Lamport. – 2019. – С. 179 - 196.
2. Schwitanski S. et al. An on - the - fly method to exchange vector clocks in distributed - memory programs // 2022 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops (IPDPSW). – IEEE, 2022. – С. 530 - 540.
3. Gomes V. B. F. et al. Verifying strong eventual consistency in distributed systems // Proceedings of the ACM on Programming Languages. – 2017. – Т. 1. – №. OOPSLA. – С. 1 - 28.
4. Gopalan V. Deterministic Consistency Models for Cloud - Hosted Open Source Relational Databases Under Multi - Region Failover // International Journal of Humanities and Information Technology. – 2026. – Т. 8. – №. 1. – С. 46 - 58.
5. Lee E. A. Logical time in actor systems // Concurrent Programming, Open Systems and Formal Methods: Essays Dedicated to Gul Agha to Celebrate His Scientific Career. – Cham: Springer Nature Switzerland, 2025. – С. 371 - 392.
6. Badrinath B. R., Ramamritham K. Semantics - based concurrency control: Beyond commutativity // ACM Transactions on Database Systems (TODS). – 1992. – Т. 17. – №. 1. – С. 163 - 199.

© Асманкин С.А., 2026

УДК - 62

Баглюк Д. В.

студент,

Санкт - Петербургский государственный университет гражданской авиации,
Россия, г. Санкт - Петербург

Лучников И. В.

старший преподаватель,

Санкт - Петербургский государственный университет гражданской авиации,
Россия, г. Санкт - Петербург

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ СВЕТОСИГНАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Введение

Современная авиация предъявляет высокие требования к безопасности полётов и надёжности работы аэродромного оборудования. Одним из важнейших элементов аэродромной инфраструктуры является светосигнальное оборудование, обеспечивающее безопасный взлёт, посадку и руление воздушных судов в тёмное время суток и при неблагоприятных метеословиях.

В настоящее время на аэродромах всё чаще применяются интеллектуальные системы контроля состояния светосигнального оборудования.

Цель данной работы — рассмотреть особенности интеллектуальных систем контроля состояния светосигнального оборудования аэродрома, определить их актуальность и основные направления реализации на современных аэродромах.

Общая характеристика светосигнального оборудования аэродрома

Светосигнальное оборудование аэродрома предназначено для обеспечения визуальной ориентации пилотов при выполнении взлёта, посадки и руления. К основным элементам относятся:

- огни взлётно - посадочной полосы;
- огни рулёжных дорожек;
- огни приближения;
- посадочные огни (PAPI...);
- световые указатели и знаки.

Работа данного оборудования должна быть непрерывной и стабильной. Даже частичный отказ отдельных световых элементов может привести к ухудшению видимости ВПП и повышению риска авиационных происшествий.

Традиционный контроль состояния оборудования выполнялся техническим персоналом вручную, что требовало значительных временных затрат и не всегда позволяло быстро обнаружить неисправность.

Актуальность применения интеллектуальных систем контроля

На сегодняшний день внедрение интеллектуальных систем контроля является актуальным направлением развития аэродромного оборудования. Это связано с увеличением интенсивности воздушного движения и необходимостью повышения уровня безопасности полётов.

Основными причинами актуальности являются:

- необходимость круглосуточного контроля оборудования;
- снижение вероятности отказов;
- сокращение времени поиска неисправностей;
- уменьшение затрат на техническое обслуживание;
- повышение надёжности работы аэродромных систем.

Особенно важна работа таких систем в условиях плохой видимости, тумана, снегопада и сильных осадков, когда светосигнальное оборудование становится одним из главных средств навигации для экипажа воздушного судна.

Интеллектуальные системы позволяют не только фиксировать уже возникшие неисправности, но и прогнозировать возможные отказы оборудования на основе анализа параметров работы.

Реализация интеллектуальных систем контроля

Современные интеллектуальные системы строятся на основе автоматизированных средств диагностики и передачи данных.

В состав таких систем обычно входят:

- датчики контроля состояния оборудования;
- устройства сбора информации;
- программное обеспечение;
- диспетчерские рабочие станции;
- системы оповещения персонала.

Контроль осуществляется в режиме реального времени. Система анализирует параметры работы светосигнального оборудования: напряжение, силу тока, состояние ламп, температуру оборудования и другие показатели.

При возникновении неисправности информация автоматически отображается на рабочем месте оператора.

В современных аэропортах всё чаще используются LED - огни, которые обладают большей надёжностью и меньшим энергопотреблением. Интеллектуальные системы хорошо интегрируются с такими источниками света и позволяют дополнительно контролировать их ресурс работы.

Также перспективным направлением является применение технологий искусственного интеллекта и удалённого мониторинга. Такие решения позволяют анализировать большие объёмы данных и заранее определять вероятность выхода оборудования из строя. Использование интеллектуальных систем особенно эффективно в крупных международных аэропортах, где объём светосигнального оборудования очень велик и ручной контроль становится недостаточно эффективным.

Заключение

Таким образом, интеллектуальные системы контроля состояния светосигнального оборудования играют важную роль в обеспечении безопасности полётов и надёжной работы аэродромов. Их применение позволяет повысить эффективность технического обслуживания, сократить время обнаружения неисправностей и снизить вероятность отказов оборудования.

Список использованной литературы

1. Лучников, И. В. Электросветотехническое обеспечение полетов: учебное пособие / И. В. Лучников, О. А. Соколов. — Санкт - Петербург: СПбГУ ГА им. А.А. Новикова, 2024. — 106 с.
2. Головин, В. А. Светосигнальное оборудование аэродромов: учебное пособие / В. А. Головин. — Москва: Транспорт, 2018. — 256 с.
3. Беляков Г. И. Аэродромное светосигнальное оборудование. - М.: Транспорт, 2018.
4. Жуков В. А. Электросветотехническое обеспечение полётов. - СПб.: Питер, 2020.
5. Козлов А. Н. Аэродромные электрические системы и сети. — М.: Академия, 2019.

© Баглюк Д. В., Лучников И. В., 2026

УДК 681.5:621.783.2

Глазков Г.С., студент,
Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск, Россия
Научный руководитель: Даныкина Г.Б. кандидат технических наук, доцент,
Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск, Россия

КАМЕРНАЯ ПЕЧЬ С ВЫДВИЖНЫМ ПОДОМ ДЛЯ ОТЖИГА РУЛОНОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация

Актуальность. Повышение качества листового проката из алюминиевых сплавов и энергоэффективности тепловых агрегатов для процесса отжига.

Цель. Представление камерной печи с выдвижным подом для отжига рулонов из алюминиевых сплавов как объекта управления и обоснование необходимости разработки компьютерной модели её тепловой работы.

Метод. Выполнен анализ технологического процесса, конструкции печи и её системы отопления. Выделены входные, выходные, управляющие и возмущающие параметры процесса.

Результат. Определены основные характеристики печи как объекта управления, выявлены недостатки существующих систем автоматизации.

Выводы. Отжиг рулонов протекает с существенной разницей температур между поверхностью и центром, что требует контроля максимальной и минимальной температуры. Однако контроль датчиками невозможен, что приводит к необходимости разработки компьютерной модели печи.

Ключевые слова

Отжиг, листовой прокат, алюминиевые сплавы, печь с выдвижным подом, АСУ ТП, компьютерная модель.

Основную долю продукции глубокой переработки алюминия составляют рулоны лент из алюминиевых сплавов. Большинство из них проходят отжиг, который различают по назначению, температуре и длительности. Согласно [1, с. 1], существует три вида отжига:

- полный – для снятия наклепа с горяче- и холоднокатаных лент с целью повышения пластичности.
- частичный – для холоднокатаных лент, обеспечивающий заданные промежуточные состояния нагартовки.
- стабилизационный – при температуре ниже 200 °С, предотвращающий изменение свойств ленты со временем.

Для отжига рулонов обычно применяют садочные печи камерного типа с выдвижным подом (рис 1.). Печь имеет следующие основные элементы конструкции [2, с. 332]:

- стационарная камера – представляет собой жесткий каркас, изнутри футерованный многослойной теплоизоляцией;
- выкатной под – это основание печи, перемещающееся по рельсовому пути с помощью электромеханического привода;
- система электрического нагрева;
- система циркуляции среды.



Рисунок 1. Камерная печь с выдвижным подом для отжига рулонов

Перед загрузкой рулонов печь прогревается, во время загрузки горелки отключаются. Рулоны загружаются на выдвигной под с помощью крана или специального погрузочного оборудования. Под с рулонами перемещается в камеру печи, после чего дверь печи герметично закрывается.

После загрузки начинается нагрев до заданной температуры. Температура отжига зависит от марки алюминиевого сплава и может варьироваться в диапазоне 300–500 °С. Скорость нагрева контролируется, чтобы избежать термических деформаций и неравномерного прогрева. Для равномерного распределения температуры используется система принудительной циркуляции воздуха. В некоторых случаях, применяется защитная атмосфера (азот, аргон), чтобы предотвратить окисление поверхности алюминия.

После достижения заданной температуры рулоны выдерживаются в печи в течение определённого времени. Время выдержки зависит от толщины материала, марки алюминиевого сплава и требуемых свойств материала. В среднем время выдержки составляет от двух до 10 часов.

После завершения выдержки начинается процесс охлаждения. Охлаждение может быть: естественным (рулоны остаются в печи, и печь медленно остывает) и контролируемым (с заданной скоростью охлаждения для предотвращения деформаций и достижения нужной структуры материала).

После охлаждения до безопасной температуры (обычно до 50–70 °С) рулоны выгружаются из печи.

При термической обработке металлов первостепенное значение имеет точное соблюдение необходимой температуры нагрева металла. Поэтому основными требованиями, предъявляемыми к печам для термической обработки, являются возможность точно регулировать температуру в рабочем пространстве и равномерно нагревать металл по всему его сечению.

Камерная печь с выдвигным подом как объект управления характеризуется входными параметрами, управляющими и возмущающими воздействиями, выходными показателями.

Входными параметрами системы, определяющими целевой режим обработки, являются:

- температура отжига, °С;
- время нагрева садки до конечной температуры, ч;
- время выдержки при конечной температуре, ч;
- скорость охлаждения садки, °С / ч;
- масса садки, т;
- геометрия садки (диаметр рулона, мм; толщина листа, мм);
- теплофизические характеристики садки (теплоемкость, Дж / (кг·°С); теплоемкость, Вт / (м·°С)).

К возмущающим воздействиям можно отнести:

- постепенную деградацию или локальное разрушение футеровки, ведущее к росту тепловых потерь;
- неучтенные теплофизические свойства садки или наличие дефектов, изменяющих теплопередачу;
- отказы средств измерений, такие как обрывы цепей термопар;
- выход из строя исполнительных механизмов: поломки вентиляторов циркуляции или нагревательных элементов.

Управляющими воздействиями являются:

- регулирование мощности, подаваемой на нагревательные элементы, путем изменения подаваемого тока, мА;

- управление скоростью вращения циркуляционных вентиляторов посредством аналоговых сигналов, мА.

Выходными показателями являются:

- производительность печи, т / ч;
- процент бракованной продукции, % .

Главная технологическая проблема заключается в том, что нагрев рулонов протекает с существенной разницей температур между поверхностью и центром, что делает необходимым контроль максимальной и минимальной температуры отжига. Однако осуществить этот контроль с помощью датчиков не представляется возможным, что приводит к необходимости разработки компьютерной модели печи. Имитационное моделирование процесса отжига позволит разрабатывать и корректировать действующие режимы для рулонов различной конфигурации и химического состава.

Список использованной литературы:

1. Цукров С. Л. Параметры отжига рулонов из алюминиевых сплавов // Технология легких сплавов. 2016. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/parametry-otzhiga-rulonov-iz-aluminievyyh-splavov> (дата обращения: 08.03.2025).
2. Донцова, Т.В. Конструкции и расчеты технологического оборудования металлургического производства: учеб. пособие / Т. В. Донцова, С. В. Доронин. – Красноярск: Сиб. федер. ун - т, 2011. – 332 с.

© Глазков Г.С., 2026

УДК 004.9:37.018.43

Городнов В.А.

студент 4 курса ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Петrochenко И.В.

студент 4 курса ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Попенов А.Д.

студент 4 курса ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Научный руководитель: Зупарова В.В.

ассистент, ПензГТУ
г. Пенза, Россия

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ТАЙМ - МЕНЕДЖМЕНТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Аннотация

В статье рассматриваются функции и педагогический потенциал цифровых инструментов тайм-менеджмента, интегрируемых в современную образовательную среду. Проводится аналитический обзор их влияния на самоорганизацию обучающихся, продуктивность учебной деятельности и качество распределения временных ресурсов.

Ключевые слова

Тайм-менеджмент, цифровые инструменты, образовательная среда, самоорганизация, производительность, студенты, трекеры задач.

В условиях цифровой трансформации образования рациональное управление временем обучающихся и преподавателей становится стратегическим фактором, напрямую влияющим на результативность учебного процесса и устойчивость мотивации. Цифровые инструменты тайм - менеджмента автоматизируют планирование и контроль выполнения заданий, поддерживают рефлексию по отношению к индивидуальным образовательным траекториям, а их эффективность зависит от степени встраивания в педагогический дизайн и уровня культуры цифрового самоуправления обучающихся [1].

Тайм - менеджмент в образовании понимается как технология организации учебной деятельности, направленная на оптимизацию временных ресурсов, повышение концентрации и снижение стресса. В цифровом формате он реализуется через календари, трекеры задач, напоминания и аналитические сервисы, которые становятся частью экосистемы образовательной организации и поддерживают индивидуальные маршруты и проектную работу студентов. Исследования фиксируют связь владения такими технологиями с успеваемостью, устойчивостью к цейтноту дедлайнов и способностью к самостоятельной работе, при этом подчеркивается необходимость дифференцированного подбора инструментов под тип обучающегося и формат обучения [2].

Анализ источников позволяет выделить ключевые группы цифровых инструментов: календари и планы, обеспечивающие планирование занятий и синхронизацию расписания; трекеры задач и проектов, поддерживающие целеполагание, декомпозицию и приоритизацию; системы учета и аналитики времени, позволяющие выявлять потери и корректировать стратегии; а также приложения для концентрации, минимизирующие цифровые отвлечения и формирующие продуктивные привычки. В совокупности эти решения формируют личного «цифрового помощника» обучающегося, сопровождающего весь цикл учебной деятельности – от постановки целей до самоконтроля и рефлексии [3].

Особое значение цифровые средства тайм - менеджмента приобретают в организации самостоятельной работы студентов как ключевого компонента высшего образования. На этапе целеполагания используются совместные онлайн - документы для фиксации целей и критериев успеха, при планировании – календарные сервисы и трекеры задач для балансировки нагрузки и своевременной реакции на изменения, при исполнении – приложения с визуализацией прогресса, стимулирующие осознанное распределение усилий, а на этапе рефлексии – отчеты систем аналитики времени и цифровые дневники, помогающие выявлять ошибки планирования и устойчивые паттерны прокрастинации [3, 4].

Эффективность цифровых инструментов тайм - менеджмента предлагается оценивать по педагогическим, организационным, психологическим и технологическим критериям. Ключевые эффекты проявляются в улучшении успеваемости и соблюдении сроков, снижении хаотичности расписания, уменьшении стрессовой нагрузки и удобстве интеграции с образовательными платформами. Наряду с этим фиксируются риски цифрового отвлечения, избыточного планирования и информационного шума, что делает критически важными метанавыки самоорганизации, педагогическую поддержку и целостную цифровую экосистему университета.

Перспективы развития связаны с созданием экосистем, в которых тайм - менеджмент интегрирован с системами управления обучением, совместной работы и онлайн - курсами, а также с внедрением решений на основе искусственного интеллекта для адаптивного планирования и динамической корректировки расписания. В дальнейшем необходимы

комплексные исследования влияния цифрового тайм - менеджмента на образовательные результаты с учетом дисциплинарной специфики и цифровой грамотности, а также разработка методических рекомендаций по его интеграции в учебные курсы [4].

Проведенный анализ позволяет утверждать, что цифровые инструменты тайм - менеджмента обладают высоким потенциалом повышения эффективности учебной деятельности, улучшения качества планирования и поддержки самоорганизации студентов. Однако их результативность напрямую зависит от педагогического сопровождения и развития культуры цифрового самоуправления, что требует рассматривать цифровой тайм - менеджмент как интегральный элемент проектирования образовательной среды и важное условие профессионального и личностного развития обучающихся.

Список использованной литературы:

1. Цифровые инструменты для организации самостоятельной работы студентов с применением тайм - менеджмента // Современные технологии управления. 2024. № 1. URL: <https://sovman.ru/article/10310/> (дата обращения: 05.05.2026).
2. Цифровые инструменты тайм - менеджмента в процессе обучения // Проблемы современной экономики. 2020. № 4. URL: <https://m-economy.ru/art.php?nArtId=7980> (дата обращения: 05.05.2026).
3. Агапова Е. Г. Тайм - менеджмент в условиях дистанционного обучения // Education Management Review. 2020. URL: <https://emreview.ru/index.php/emr/article/download/2147/1799> (дата обращения: 05.05.2026).
4. Формирование цифровой экосистемы университета: опыт и перспективы. URL: <https://journalss.org/index.php/mod/article/download/9633/9262/18480> (дата обращения: 05.05.2026).

© Городнов В.А., Петроченко И.В., Попенов А.Д., 2026

УДК 004.9:378

Городнов В.А.

студент 4 курса ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Петроченко И.В.

студент 4 курса ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Попенов А.Д.

студент 4 курса ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Научный руководитель: Зупарова В.В.

ассистент, ПензГТУ
г. Пенза, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ АНАЛИТИКИ В МОБИЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Аннотация

В статье рассматриваются теоретические и прикладные аспекты использования поведенческой аналитики в мобильных образовательных приложениях как инструмента

персонализации и повышения эффективности обучения. Анализируются ключевые метрики пользовательской активности, модели интерпретации цифровых следов и возможности их интеграции в адаптивные учебные сценарии.

Ключевые слова

Поведенческая аналитика, мобильные образовательные приложения, цифровой след, пользовательская активность, персонализация обучения, адаптивные системы.

В условиях цифровой трансформации образования мобильные приложения становятся одним из ведущих каналов организации учебной деятельности, обеспечивая непрерывный доступ к контенту и возможность микролернинга в повседневных контекстах. На этом фоне поведенческая аналитика, основанная на систематическом сборе и интерпретации данных о взаимодействиях пользователя с приложением, приобретает статус ключевого механизма управления качеством образовательного процесса и повышения вовлеченности обучающихся. Использование цифровых следов (логов действий, временных меток, паттернов навигации) позволяет переходить от интуитивной настройки интерфейсов и учебных траекторий к обоснованным решениям, принимаемым на основе эмпирических данных [1].

Поведенческая аналитика в мобильных образовательных приложениях опирается на концепцию data - driven обучения, в рамках которой каждый клик, просмотр, переход и завершение задания рассматриваются как элементы наблюдаемого поведения. На их основе формируется профиль пользователя с характеристиками интенсивности и регулярности взаимодействия, предпочтительных типов активности, характера ошибок и динамики успеваемости, что позволяет выявлять типичные сценарии использования и сегментировать аудиторию.

К ключевым метрикам относятся частота входов, длительность сессий, глубина просмотра материалов, доля завершенных модулей, показатели возвращаемости, а также метрики прогресса и успешности выполнения заданий. Их совокупный анализ дает возможность оценивать вовлеченность, устойчивость интереса и реакцию на изменения структуры контента и интерфейса, при этом интерпретация метрик требует учета контекста и причин наблюдаемого поведения.

Использование поведенческой аналитики тесно связано с разработкой адаптивных образовательных сценариев, когда система динамически подстраивает сложность заданий, тип материалов и темп подачи содержания. Учет данных о предыдущих попытках, времени выполнения и типичных ошибках позволяет рекомендовать повторение тем, добавлять пояснения или предлагать более сложные задачи пользователям с высокими результатами, повышая релевантность материала и снижая риск фрустрации.

Отдельного внимания заслуживает использование поведенческих данных для оптимизации интерфейса и пользовательских сценариев: анализ траекторий навигации, частоты использования элементов, точек «застывания» и отказов позволяет выявлять проблемные зоны дизайна и устранять барьеры учебной деятельности. Поведенческая аналитика в этом случае становится инструментом

непрерывного UX-улучшения, направленного на повышение удобства и снижение когнитивной нагрузки при работе с контентом [2].

Потенциал поведенческой аналитики проявляется и в предиктивной оценке риска отсева и снижения активности: на основе исторических данных о последовательности действий, частоте входов и невыполненных заданиях строятся модели, прогнозирующие вероятность отказа от приложения. Это создает условия для проактивных интервенций – персонализированных напоминаний, мотивационных заданий, адаптации уведомлений и игровых механик, ориентированных на удержание пользователя.

Одновременно внедрение поведенческой аналитики сопровождается методологическими и этическими вызовами, связанными с валидностью интерпретации цифровых следов и необходимостью обеспечивать прозрачность сбора и использования данных, соблюдение конфиденциальности и информационной безопасности, особенно при работе с несовершеннолетними. Важной задачей становится разработка нормативных и методических рамок использования подобных подходов в образовании.

Перспективным направлением является интеграция поведенческой аналитики в единую экосистему образовательных данных (результаты оценивания, сведения из систем управления обучением и внешних платформ), что позволяет строить более точные модели учебной деятельности и дашборды для преподавателей с поведенческими индикаторами риска. Существенный потенциал связано с применением методов машинного обучения для автоматического выявления паттернов, предшествующих успеху или неудаче, и генерации рекомендаций по целенаправленным педагогическим интервенциям [3].

Проведенный анализ показывает, что поведенческая аналитика в мобильных образовательных приложениях обладает значительным потенциалом для повышения эффективности и персонализации обучения, оптимизации интерфейса и управления рисками отсева. Однако максимальная результативность ее применения достигается при сочетании технических решений с продуманным педагогическим дизайном, соблюдением этических норм и развитием аналитической культуры у участников образовательного процесса. В этой логике поведенческая аналитика предстает не только как инструмент маркетингового анализа пользовательской активности, но и как интегральный компонент проектирования качественной цифровой образовательной среды.

Список использованной литературы:

1. Оськин Д.А. Образовательная аналитика как метод искусственного интеллекта для цифровой трансформации образования. – 2023.
2. Ширинкина Е.В. Методы интеллектуального анализа данных и образовательной аналитики // Современное образование. – 2022. – №. 1. – С. 51 - 67.
3. Царькова Е.Г. Учебная аналитика в дистанционном обучении: особенности применения и перспективы развития // Прикладная психология и педагогика. – 2022. – Т. 7. – №. 3. – С. 54 - 66.

© Городнов В.А., Петроченко И.В., Попенов А.Д., 2026

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЁННОГО УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ СКЛАДСКИХ РОБОТОВ

Аннотация

В статье рассматривается задача математического моделирования распределённого управления группой мобильных складских роботов в условиях ограниченного пространства склада. Предлагается модель расчёта требуемого количества роботов на основе элементов теории массового обслуживания, а также математическая модель координации движения мобильных агентов в дискретизированной среде. Особое внимание уделено формализации механизма предотвращения коллизий на основе приоритетного резервирования маршрутов. Предлагаемый подход ориентирован на снижение вычислительной сложности распределённого управления и обеспечение устойчивого движения роботов без использования центрального сервера.

Ключевые слова

Распределённое управление, математическая модель, складские роботы, теория массового обслуживания, предотвращение коллизий, дискретизированное пространство, мобильные роботы.

Современные автоматизированные складские комплексы характеризуются высокой плотностью мобильных робототехнических средств, обеспечивающих транспортировку грузов между зонами хранения, комплектации и выдачи заказов. Повышение интенсивности логистических процессов приводит к необходимости координации большого количества мобильных агентов, одновременно функционирующих в ограниченном пространстве.

Наиболее распространённым подходом к управлению складскими роботами является централизованная архитектура, при которой маршрутизация и предотвращение конфликтов выполняются центральным сервером. Однако увеличение количества роботов приводит к росту вычислительной нагрузки, увеличению задержек передачи данных и снижению отказоустойчивости системы.

В связи с этим актуальной становится задача разработки математических моделей распределённого управления, позволяющих роботам самостоятельно принимать решения о построении маршрутов и предотвращении коллизий на основе локальной информации.

Дополнительной задачей является определение требуемого количества складских роботов для обеспечения заданного уровня обслуживания логистической системы. Во многих существующих исследованиях количество роботов задаётся заранее и не рассматривается как самостоятельная задача оптимизации.

Таким образом, целью исследования является разработка математической модели распределённого управления группой складских роботов, включающей модель расчёта необходимого количества агентов и модель предотвращения коллизий в дискретизированном пространстве склада.

Рассматривается группа однородных мобильных складских роботов:

$$R = \{R_1, R_2, \dots, R_N\}$$

где:

- N — количество роботов в системе.

Предполагается, что:

- все роботы обладают одинаковыми техническими характеристиками;
- каждый робот может выполнять только одну транспортную задачу одновременно;
- после назначения задачи маршрут робота фиксируется;
- пространство склада дискретизировано;
- пересечение маршрутов одновременно движущихся роботов запрещается.

Каждый робот перемещается между узлами транспортной сети склада и выполняет доставку груза между двумя точками.

Модель расчёта требуемого количества роботов

Для оценки необходимого количества роботов используется модель массового обслуживания.

Пусть:

- λ — интенсивность поступления заявок;
- μ — средняя интенсивность обслуживания одним роботом;
- N — количество роботов.

Коэффициент загрузки системы определяется выражением:

$$\rho = \frac{\lambda}{N\mu}$$

Для устойчивой работы системы должно выполняться условие:

$$\rho < 1.$$

Если условие не выполняется, очередь заявок начинает неограниченно возрастать.

Среднее время обслуживания заявки определяется как:

$$T_{avg} = \frac{1}{\mu - \lambda / N}$$

На основании данной модели можно определить минимальное количество роботов, необходимое для обеспечения заданного уровня обслуживания склада.

Математическая модель движения роботов

Пространство склада представляется в виде дискретизированной сетки:

$$G = (V, E)$$

где:

- V — множество узлов пространства;
- E — множество допустимых переходов между узлами.

Положение робота в момент времени определяется координатой:

$$R_i(t) = (x_i(t), y_i(t))$$

Каждый робот формирует маршрут:

$$P_i = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$$

При назначении маршрута узлы, входящие в траекторию движения робота, временно резервируются и становятся недоступными для других агентов.

Множество занятых узлов определяется как:

$$B(t) = \bigcup_{i=1}^N P_i(t)$$

При построении нового маршрута робот обязан учитывать ограничение:

$$P_j \cap B(t) = \emptyset$$

Это означает, что новый маршрут не может пересекать уже зарезервированные участки пространства.

Модель приоритетов движения

Каждому роботу назначается приоритет:

$$Priority(R_i)$$

Приоритет определяется моментом получения задачи.

Если:

$$t_i < t_j$$

то:

$$Priority(R_i) > Priority(R_j)$$

где:

t_i — момент назначения задания роботу R_i ;

t_j — момент назначения задания роботу R_j

Это означает, что маршрут робота R_i обладает более высоким приоритетом и не может быть изменён роботами с меньшим приоритетом.

Таким образом, робот, получивший задачу позже, обязан либо:

- перестроить маршрут;
- ожидать освобождения участка;
- выбрать альтернативный путь.

Модель обмена координатной информацией

Обмен информацией между роботами осуществляется посредством беспроводной сети.

Каждый робот периодически передаёт пакет данных:

$$M_i = \{ID_i, x_i, y_i, v_i, t_i\}$$

где:

- ID_i — идентификатор робота;
- x_i, y_i — координаты;
- v_i — скорость;
- t_i — временная метка.

На основе полученных сообщений формируется локальная карта занятых участков пространства.

Модель предотвращения коллизий

Для прогнозирования конфликтов используется оценка расстояния между роботами:

$$D_{ij}(t) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

Если:

$$D_{ij}(t) < D_{crit}$$

то возникает потенциальная опасность столкновения.

В этом случае робот с меньшим приоритетом выполняет корректировку маршрута. Критическое расстояние определяется как:

$$D_{crit} = v_{max} * \tau + \Delta$$

где:

- v_{max} — максимальная скорость робота;
- τ — время реакции системы;
- Δ — запас безопасности.

В работе предложена математическая модель распределённого управления группой складских роботов, включающая:

1. модель расчёта требуемого количества роботов;
2. модель дискретизированного пространства склада;
3. механизм резервирования маршрутов;
4. модель приоритетного предотвращения коллизий;

Предлагаемый подход позволяет существенно снизить вычислительную сложность управления группой мобильных агентов и обеспечить устойчивое движение роботов без использования центрального сервера управления.

Дальнейшие исследования предполагают экспериментальную реализацию предложенной модели на физических прототипах складских роботов и анализ эффективности алгоритма в условиях реального склада.

Список использованной литературы:

1. В России разработали математическую модель идеального автоматизированного склада // CNews. 26.06.2024.
2. Вкальвают роботы: в МФТИ создали математическую модель идеального автоматизированного склада // 3A Наука. 26.06.2024.
3. Планирование траектории движения складского мобильного робота // CyberLeninka.
4. Модель обработки заявок и распределения задач для роботизированного склада // CyberLeninka.
5. Глобальное планирование маршрута мобильного робота на основе графовых методов // CyberLeninka.
6. Алгоритм движения мобильного робота для складской логистики транспортного предприятия // CyberLeninka.
7. Нейронные сети при планировании маршрута движения мобильного робота // CyberLeninka.
8. Исследование методики планирования движений мобильного робота в известной среде // CyberLeninka.
9. Оптимизация планирования траекторий мобильных роботов при выполнении множества задач в помещении // CyberLeninka.
10. Гибридный алгоритм управления роем гомогенных роботов в многороботной системе // eLibrary.
11. Оптимизация параметров мультиагентной системы децентрализованного управления группой транспортных роботов // eLibrary.
12. Модель принятия решений для многозадачных складских роботов на основе четырехуровневой архитектуры // CyberLeninka.

13. Многоагентные системы: обзор современных подходов к управлению // eLibrary.
14. Анализ эффективности внедрения системы управления складом WMS в логистических компаниях // CyberLeninka.
15. Принципы построения крупных логистических организаций и возможности их применения в условиях роботизации складов // Известия ТулГУ.

© Евлоев И.Т. 2026

УДК 623.12

Жуков А.С.

канд. тех. наук, доцент

ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж, РФ

Калугин Д.А.

курсант

ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж, РФ

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АЭРОДРОМАХ

Аннотация: В статье, рассмотрим необходимость применения защитных укрытий для авиационной, наземной техники, материальных средств и личного состава.

Ключевые слова: авиация, аэродром, удар, противник, ангар, укрытия.

Проблема защиты боевой авиации на аэродромах базирования становится важной в условиях ведущихся локальных войн и вооруженных конфликтах.

В случае ударов противника по аэродрому воздушное судно, стоимостью в десятки миллионов долларов, может быть уничтожено наименьшим по своей стоимости беспилотником.

В настоящее время применяются следующие основные типы защитных укрытий для авиационной, наземной техники, материальных средств и личного состава:

железобетонные защитные укрытия арочного типа;

земляные обвалования;

быстровозводимые укрытия;

подземные авиационные базы.

При этом очевидно, что лучшей защитой будут бетонные укрытия или подземные аэродромы в горах. Но такие укрытия дорогие и их возведение требует большого количества времени и ресурсов.

В мире уже придуманы гораздо более простые укрытия, которые призваны защитить самолеты от воздействия авиационных ударов противника и диверсий. Стоит отметить, что быстровозводимые укрытия мешают и разведке противника. Так как наличие любой крыши над головой уже не позволяет определить находится самолет в укрытии или нет.

7 февраля 2023 года в Иране представили первую в стране подземную авиационную базу ВВС под названием Oghab 44 (рисунок 1). Мероприятие освещалось в иранской прессе, а саму церемонию открытия базы посетило высшее военное руководство страны:

главнокомандующий армией ИРИ Абдулрахим Мусави и начальник генерального штаба ВС генерал - лейтенант Мохаммад Багери.



Рис. 1. Подземная авиационная база Oghab 44 в Иране

По сообщениям иранской прессы, база Oghab 44 (Oгаб - 44) в состоянии принимать все типы истребителей и бомбардировщиков, находящихся на вооружении Ирана. Также здесь базируются и беспилотники ВВС.

Сообщается, что крупная подземная база получит возможность принимать и обслуживать и новые истребители ВВС.

Подземная авиационная база Oghab 44 является одной из тактических подземных авиационных баз ВВС Ирана, которые были построены в разных регионах страны в последние годы. Строительство баз осуществлялось с учетом принципов пассивной обороны и оперативных потребностей армии.

Больше всего данные объекты напоминают подземные базы подводных лодок времен холодной войны. К примеру, подземная база подводных лодок в Балаклаве сейчас является музейным комплексом и доступна для посещения туристами.

Таким образом, подземные укрытия являются очень надежной пассивной защитой от последствий ядерного взрыва: ударной волны, теплового и гамма - излучения, электромагнитного импульса (ЭМИ) и потока нейтронов, в то же время обеспечивая необходимое обслуживание, защищая заправку и загрузку боеприпасов и самих самолетов. Защита от выпадения зараженных осадков в свою очередь обеспечивает возможность защиты самолетов и персонала от воздействия биологического и химического оружия, широко развернутых для оперативного использования в тот период.

Хотя основным предназначением подземных укрытий было обеспечение защиты самолетов, персонала, ГСМ, боеприпасов и вспомогательного оборудования от обычного взрыва, факторов ядерного взрыва, а также химического и / или биологического оружия, они представляют еще одно важное преимущество.

Подземные укрытия обеспечивают скрытность отсутствующих в местах обычного базирования самолетов, а эксплуатационная деятельность может быть замечена разве только когда самолет выкатывают из пещеры непосредственно перед боевым вылетом. Заправка, обслуживание, загрузка, испытания и другие виды деятельности могут остаться незаметными для воздушной, орбитальной и наземной разведок.

Использование подземных укрытий имеет недостатки. Если только пещера природного происхождения не была расширена или изменена, то стоимость туннельных работ может быть значительной, особенно в твердых каменных породах магматических типа, а не мягкого осадочного типа. В то время как первый тип предлагает гораздо лучшую защиту, чем последний, их наличие полностью зависит от местной геологии.

Существуют также другие уникальные вопросы текущего обслуживания. Одним из них является предотвращение проникновения и накопления воды внутри туннеля. Деревья и другая растительность, растущая возле входа или других технологических отверстий, может повредить породу или бетон путем проникновения корней. Паразиты, птицы и летучие мыши могут искать убежище или места гнездования в туннелях, представляя риск заражения персонала, а также потенциальный ущерб для оборудования.

В современном мире авиация играет ключевую роль в глобальной транспортной системе, обеспечивая быстрое и безопасное перемещение людей и грузов по всему земному шару. Однако с ростом объемов воздушных перевозок и увеличением числа авиоперевозчиков возникает необходимость в обеспечении надежной защиты авиационной инфраструктуры, в частности, мест стоянок самолетов. Эти площадки, являясь важными компонентами аэропортовой инфраструктуры, подвержены различным угрозам, таким как:

- природные катастрофы;

- техногенные аварии;

- акты терроризма и другие риски, которые могут привести к значительным потерям как в материальном, так и в человеческом плане.

Защитные сооружения на местах стоянок самолетов представляют собой важный элемент системы обеспечения безопасности, способствуя минимизации последствий возможных угроз. С учетом разнообразия рисков, с которыми сталкиваются аэропорты, необходимо проводить комплексный анализ существующих защитных сооружений, их эффективности и применения современных технологий. В данной работе будет осуществлен всесторонний анализ перспектив применения защитных сооружений на местах стоянок самолетов, что позволит выявить ключевые аспекты, влияющие на безопасность и защиту авиационной инфраструктуры.

В современных условиях, когда авиационная отрасль стремительно развивается, а требования к безопасности и защите объектов инфраструктуры становятся все более строгими, важность защитных сооружений на местах стоянок самолетов не может быть переоценена. Эти сооружения представляют собой неотъемлемую часть системы обеспечения безопасности на аэродромах и в аэропортах, где находятся воздушные суда, подверженные различным угрозам, включая террористические акты, вандализм, а также природные и техногенные катастрофы. В данном разделе данной работы мы рассмотрим теоретические основы проектирования и функционирования защитных сооружений на местах стоянок самолетов, а также проанализируем их роль в системе обеспечения безопасности.

Защитные сооружения на местах стоянок самолетов могут быть классифицированы по различным критериям, включая их назначение, конструктивные особенности и уровень защиты. В первую очередь, следует выделить физические барьеры, такие как заборы, стены и укрытия, которые препятствуют несанкционированному доступу к воздушным судам. Эти сооружения могут быть выполнены из различных материалов: металла, бетона,

кирпича и других, что позволяет адаптировать их под специфические условия эксплуатации. При проектировании таких барьеров необходимо учитывать не только их прочность и устойчивость к внешним воздействиям, но и возможность быстрой эвакуации в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Одним из ключевых аспектов проектирования защитных сооружений является их способность противостоять различным видам угроз. Например, в условиях повышенного риска террористических актов требуется учитывать возможность применения взрывных устройств, что требует использования материалов, обладающих высокой прочностью и способных поглощать ударную волну. В этом контексте важно также учитывать аспекты, связанные с проектированием укрытий для самолетов, которые могут быть как временными, так и постоянными. Такие укрытия должны обеспечивать защиту не только от физического воздействия, но и от неблагоприятных погодных условий, что особенно актуально в регионах с суровыми климатическими условиями.

Кроме того, защитные сооружения должны быть интегрированы в общую систему безопасности аэродрома. Это подразумевает наличие системы видеонаблюдения, сигнализации и других технических средств, которые позволяют оперативно реагировать на потенциальные угрозы. Важно, чтобы все элементы системы безопасности были взаимосвязаны и работали в едином режиме, что позволит минимизировать время реакции на инциденты и повысить общую эффективность защиты. Также следует учитывать, что защитные сооружения должны быть доступны для экстренных служб, что требует продуманного проектирования путей доступа и эвакуации.

Не менее важным аспектом является соблюдение норм и стандартов, действующих в области авиационной безопасности. В разных странах существуют свои требования к проектированию и эксплуатации защитных сооружений, которые основываются на международных нормах и рекомендациях. Например, Международная организация гражданской авиации (ИКАО) разрабатывает рекомендации, касающиеся минимальных требований к безопасности на аэродромах, включая защитные сооружения. Эти рекомендации охватывают широкий спектр вопросов, включая проектирование, эксплуатацию, а также регулярное обследование и техническое обслуживание защитных сооружений.

Теоретические основы проектирования защитных сооружений также включают в себя анализ рисков, который позволяет выявить наиболее уязвимые места и угрозы, с которыми может столкнуться аэродром. Этот процесс включает в себя оценку вероятности возникновения различных угроз, а также их потенциального воздействия на безопасность стоянок самолетов. На основе проведенного анализа разрабатываются меры, направленные на минимизацию рисков, что может включать как физические барьеры, так и организационные меры, такие как обучение персонала и разработка процедур реагирования на чрезвычайные ситуации.

Важным аспектом является также взаимодействие защитных сооружений с окружающей средой. При проектировании необходимо учитывать не только архитектурные и конструктивные особенности, но и влияние на экосистему, а также соответствие местным нормам и требованиям. Например, в некоторых регионах могут действовать ограничения на высоту сооружений, что требует тщательного подхода к проектированию. Кроме того,

необходимо учитывать возможные последствия для местной флоры и фауны, что может потребовать проведения экологической экспертизы.

В заключение защитные сооружения на местах стоянок самолетов играют ключевую роль в обеспечении безопасности воздушных судов и их экипажей. Их проектирование и эксплуатация требуют комплексного подхода, который включает в себя анализ рисков, соблюдение норм и стандартов, а также интеграцию с другими системами безопасности. В условиях современных угроз и вызовов, с которыми сталкивается авиационная отрасль, важность этих сооружений будет только возрастать, что подчеркивает необходимость их постоянного совершенствования и адаптации к меняющимся условиям.

Анализ перспектив применения защитных сооружений на местах стоянок самолетов» подводит итоги проведенного исследования, которое охватывает ключевые аспекты, связанные с обеспечением безопасности и защиты воздушных судов на местах их стоянки. В ходе работы были рассмотрены теоретические основы защитных сооружений, современные технологии и оборудование, оценка их эффективности, а также практический опыт применения и рекомендации по оптимизации использования таких сооружений.

Современная авиационная отрасль сталкивается с множеством вызовов, связанных как с увеличением объемов перевозок, так и с необходимостью обеспечения безопасности транспортных процессов. Защитные сооружения на местах стоянок самолетов играют важную роль в этом контексте, поскольку они не только защищают воздушные суда от внешних угроз, но и способствуют повышению общей безопасности на аэродромах. В ходе анализа теоретических основ защитных сооружений было установлено, что такие конструкции могут быть разнообразными по своему назначению и функциональности. Они могут включать в себя как физические барьеры, так и более сложные системы, которые интегрируются с современными технологиями наблюдения и контроля.

Современные технологии защиты мест стоянок самолетов стремительно развиваются, и это связано с постоянным увеличением требований к безопасности. Внедрение инновационных решений, таких как системы видеонаблюдения с высоким разрешением, датчики движения и системы контроля доступа, позволяет значительно повысить уровень защиты. Эти технологии позволяют оперативно реагировать на потенциальные угрозы и минимизировать риски, связанные с актами вандализма, террористическими атаками или стихийными бедствиями. Важным аспектом является и использование автоматизированных систем, которые могут в реальном времени анализировать обстановку и принимать решения о необходимости вмешательства.

Оценка эффективности применения защитных сооружений на местах стоянок самолетов показала, что такие конструкции действительно способны снижать вероятность возникновения инцидентов и минимизировать ущерб как для воздушных судов, так и для инфраструктуры аэродрома в целом. Однако эффективность этих сооружений во многом зависит от их проектирования, качества материалов и технологий, используемых при строительстве. Кроме того, важно учитывать специфические условия эксплуатации, такие как климатические особенности региона, уровень угроз и типы воздушных судов, которые будут находиться на стоянке.

Практический опыт применения защитных сооружений демонстрирует, что в ряде случаев недостаточная защита может привести к серьезным последствиям. Изучение конкретных примеров, как успешно реализованных проектов, так и случаев, когда

защитные сооружения не оправдали ожиданий, позволяет выделить ключевые факторы, влияющие на их эффективность. Важно отметить, что недостаточная подготовка персонала, отсутствие регулярного технического обслуживания и недостаточная интеграция с другими системами безопасности могут значительно снизить уровень защиты.

Рекомендации по оптимизации использования защитных сооружений на местах стоянок самолетов включают в себя комплексный подход к проектированию и эксплуатации таких объектов. Необходимо учитывать не только физические характеристики сооружений, но и внедрение современных информационных технологий, которые позволят повысить уровень безопасности. Важно также проводить регулярные тренировки для персонала, ответственного за безопасность, чтобы обеспечить быструю реакцию на возможные угрозы.

Кроме того, стоит обратить внимание на необходимость постоянного мониторинга состояния защитных сооружений и их адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации. Это может включать в себя обновление технологий, модернизацию оборудования и пересмотр стратегий безопасности. Важно, чтобы защитные сооружения не только соответствовали современным требованиям, но и были готовы к вызовам будущего.

Таким образом, анализ перспектив применения защитных сооружений на местах стоянок самолетов показывает, что такие конструкции являются необходимым элементом системы безопасности в авиации. Их эффективное использование требует комплексного подхода, включающего как технические, так и организационные меры. В условиях постоянного роста угроз и изменений в авиационной отрасли, важно не только сохранять существующий уровень безопасности, но и постоянно его повышать, адаптируя защитные сооружения к новым вызовам.

В заключение, можно сказать, что защитные сооружения на местах стоянок самолетов – это не только вопрос безопасности, но и вопрос экономической целесообразности. Инвестиции в защиту воздушных судов могут существенно снизить риски и минимизировать возможные убытки в случае возникновения инцидентов. Поэтому, принимая во внимание все вышеизложенные аспекты, можно утверждать, что будущее защитных сооружений на местах стоянок самолетов будет определяться их способностью адаптироваться к новым требованиям и вызовам, а также интеграцией с другими системами безопасности.

Список использованной литературы:

1. Астапчик С. А. и др. Инженер - механик. № 3. 2005. – 2005. URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/123079/Inzhener_mekhanik5_3.pdf?sequence=1 (дата обращения: 21.11.2025).
2. Крылов В. В. Факторы, влияющие на устойчивость подземного сооружения в условиях повышенной сейсмоопасности // Совершенствование организации и методики образовательного процесса при реализации программ военного обучения. Материалы III межвузовской научно - методической конференции. Владивосток: электронное изд. УВЦ ДВФУ. 2019 г. - 224 с. – 2019. – С. 67. URL: <http://its.vvsu.ru/files/4EE19820-9694-40C5-AC7C-6D5AC5EB4843.pdf#page=67> (дата обращения: 21.11.2025).
3. Макаренко С. И., Афонин И. Е. Моделирование боевых действий авиации и оценки их эффективности—анализ работ, моделей, актуальных направлений исследований // Системы

управления, связи и безопасности. – 2024. – № 3. – С. 78 - 125. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-boevykh-deystviy-aviatsii-i-otsenki-ih-effektivnosti-analiz-rabot-modeley-aktualnykh-napravleniy-issledovaniy> (дата обращения: 21.11.2025).

© Жуков А.С., Калугин Д.А., 2026

УДК 623.12

Жуков А.С.

канд. тех. наук, доцент

ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж, РФ

Калугин Д.А.

курсант

ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж, РФ

СТРОИТЕЛЬСТВО СОВРЕМЕННЫХ УКРЫТИЙ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА АЭРОДРОМАХ ОПЕРАТИВНО - ТАКТИЧЕСКОЙ АВИАЦИИ

Аннотация: В статье, рассмотрим необходимость строительства современных укрытий для воздушных судов.

Ключевые слова: авиация, аэродром, удар, противник, ангар, укрытия, специальная военная операция.

Современные реалии военных конфликтов и необходимость обеспечения безопасности воздушных судов оперативно - тактической авиации требуют особого внимания к вопросам строительства укрытий. С учетом опыта специальной военной операции (СВО), становится очевидным, что традиционные подходы к проектированию и строительству укрытий не всегда отвечают современным требованиям. В условиях динамично меняющейся обстановки и постоянного развития технологий, укрытия для воздушных судов должны обеспечивать не только защиту от внешних угроз, но и соответствовать требованиям функциональности, комфорта и оперативности.

Ключевым аспектом, который необходимо учитывать при проектировании укрытий, является их способность противостоять разнообразным угрозам, включая удары высокоточных боеприпасов, воздействие химических и биологических факторов, а также необходимость обеспечения защиты от радиации. В связи с этим, укрытия должны быть спроектированы с использованием современных технологий и материалов, которые обеспечивают необходимый уровень защиты и долговечности. Важно отметить, что укрытия должны быть не только защищенными, но и функциональными, что подразумевает наличие всех необходимых условий для обслуживания и подготовки воздушных судов к выполнению боевых задач.

Анализ опыта СВО показывает, что успешное строительство укрытий для воздушных судов требует комплексного подхода, который включает в себя изучение существующих технологий, материалов и методов проектирования. Важно учитывать не только технические характеристики укрытий, но и их интеграцию в общую систему обеспечения

безопасности и боевой готовности авиации. При этом необходимо опираться на опыт, накопленный в ходе различных военных операций, что позволит избежать ошибок прошлого и создать более эффективные решения для защиты воздушных судов.

Важным аспектом является и обеспечение безопасности укрытий, которое включает в себя как физическую защиту, так и защиту от возможных внутренних угроз, таких как пожары или аварии. Для этого необходимо разрабатывать и внедрять современные системы мониторинга и контроля, которые позволят своевременно реагировать на возникающие угрозы и предотвращать возможные последствия. Также следует учитывать, что укрытия должны быть спроектированы с учетом эргономики и удобства для персонала, что позволит повысить эффективность работы и снизить риски, связанные с человеческим фактором.

Технологии и материалы, используемые для строительства укрытий, также играют ключевую роль в обеспечении их надежности и долговечности. В последние годы наблюдается активное развитие новых строительных технологий, таких как использование композитных материалов, 3D - печать и модульное строительство, которые позволяют значительно сократить сроки возведения укрытий и снизить затраты. Эти технологии открывают новые возможности для проектирования и строительства укрытий, позволяя создавать более эффективные и адаптивные решения, соответствующие современным требованиям.

Проектирование и строительство укрытий для воздушных судов требует комплексного подхода, включающего в себя не только технические, но и организационные аспекты. Необходима четкая координация между различными службами и ведомствами, а также привлечение специалистов из различных областей, таких как архитектура, инженерия, безопасность и логистика. Это позволит создать укрытия, которые будут не только защищенными, но и эффективными с точки зрения эксплуатации и обслуживания.

В данной статье будет проведен анализ современных укрытий для воздушных судов оперативно - тактической авиации, с акцентом на опыт, полученный в ходе СВО. Будут рассмотрены требования к безопасности и функциональности укрытий, а также современные технологии и материалы, используемые в их строительстве. Особое внимание будет уделено практическим аспектам проектирования и строительства укрытий, что позволит выработать рекомендации по созданию эффективных решений для защиты воздушных судов в современных условиях.

Таким образом, данная статья направлена на исследование актуальных вопросов, связанных со строительством укрытий для воздушных судов, и призвана внести вклад в развитие теории и практики в данной области. В условиях постоянного изменения военной обстановки и появления новых угроз, создание современных укрытий становится неотъемлемой частью обеспечения безопасности и боевой готовности авиации, что подчеркивает актуальность выбранной темы.

Актуальность исследования «Строительство современных укрытий для воздушных судов оперативно - тактической авиации (с учетом опыта СВО)» обусловлена возрастающей необходимостью защиты воздушных судов от современных угроз, включая удары с воздуха и наземные атаки, что становится особенно очевидным на фоне конфликтов, в которых активно применяется авиация. В условиях динамично меняющейся военно - политической обстановки и применения новых технологий, исследование

особенностей современных укрытий, а также анализ опыта специальной военной операции (СВО) позволяют выявить эффективные решения для обеспечения безопасности и функциональности таких объектов. Рассмотрение требований к укрытиям, применение современных технологий и материалов, а также практические аспекты проектирования и строительства укрытий является ключевым для создания надежной инфраструктуры, способной гарантировать сохранность воздушных судов и их боевую готовность в условиях современного боя.

В статье «Строительство современных укрытий для воздушных судов оперативно - тактической авиации (с учетом опыта СВО)» объектом исследования являются укрытия для воздушных судов, предназначенные для защиты авиационной техники от различных угроз, включая воздушные атаки и неблагоприятные погодные условия. Предметом исследования выступают современные технологии, материалы и проектные решения, которые обеспечивают безопасность и функциональность таких укрытий, а также анализируются практические аспекты их строительства с учетом опыта, полученного в ходе специальной военной операции (СВО). Работа направлена на выявление оптимальных подходов к проектированию и строительству укрытий, что позволяет повысить эффективность защиты воздушных судов и адаптировать существующие конструкции к современным требованиям.

Целью исследования в работе «Строительство современных укрытий для воздушных судов оперативно - тактической авиации (с учетом опыта СВО)» является разработка оптимальных решений для создания эффективных и безопасных укрытий, отвечающих современным требованиям защиты воздушных судов. Задачи исследования включают анализ существующих особенностей укрытий, изучение опыта строительства в условиях специальной военной операции, формулирование требований к безопасности и функциональности конструкций, а также оценку современных технологий и материалов, применяемых в строительстве. Кроме того, работа акцентирует внимание на практических аспектах проектирования и возведения таких укрытий, что позволит обеспечить надежную защиту авиационной техники в условиях современных угроз.

В современных условиях военных конфликтов, особенно в рамках операций, проводимых с использованием оперативно - тактической авиации, вопросы защиты воздушных судов становятся особенно актуальными. Укрытия для воздушных судов, предназначенные для обеспечения их безопасности и сохранности в условиях боевых действий, должны учитывать различные факторы, включая географические условия, типы угроз, а также технологические достижения в области строительства и материаловедения. Одной из ключевых особенностей современных укрытий является их способность защищать авиационную технику от различных видов угроз, таких как прямые попадания боеприпасов, осколки, а также воздействие химических и биологических факторов. В связи с этим, проектирование и строительство укрытий для воздушных судов требует комплексного подхода, который включает в себя как инженерные, так и тактические аспекты.

Современные укрытия для авиации разрабатываются с учетом опыта предыдущих военных конфликтов, в том числе и в рамках специальной военной операции (СВО), что позволяет учитывать реальные условия ведения боевых действий и специфические угрозы, с которыми сталкиваются воздушные суда. Одной из главных задач укрытий является

обеспечение максимальной безопасности техники при минимальных затратах на строительство и эксплуатацию. В этом контексте важным аспектом является выбор места для строительства укрытия, которое должно быть не только защищено от возможных атак, но и удобно для доступа технического персонала и обеспечения быстрого реагирования в случае необходимости.

При проектировании укрытий необходимо учитывать не только угрозы, исходящие от противника, но и факторы окружающей среды. Например, укрытия должны быть устойчивыми к воздействию неблагоприятных погодных условий, таких как сильные дожди, снегопады, а также к природным катаклизмам, таким как землетрясения или наводнения. В этом контексте важным является использование современных строительных технологий и материалов, которые обеспечивают долговечность и надежность конструкций. Например, использование армированного бетона, стальных конструкций и композитных материалов позволяет создавать укрытия, которые способны выдерживать значительные нагрузки и сохранять свою целостность в условиях боевых действий.

Еще одной важной особенностью современных укрытий является их многофункциональность. Укрытия должны не только обеспечивать защиту воздушных судов, но и выполнять дополнительные функции, такие как хранение боеприпасов, техническое обслуживание и ремонт авиационной техники. Это требует от проектировщиков создания гибких и адаптивных конструкций, которые могут быть легко модифицированы в зависимости от изменяющихся условий и требований. Например, укрытия могут быть оснащены современными системами вентиляции, отопления и кондиционирования, что позволяет поддерживать оптимальные условия для работы персонала и хранения техники.

Технологические достижения в области автоматизации и информационных технологий также находят свое применение в проектировании укрытий для воздушных судов. Современные укрытия могут быть оснащены системами видеонаблюдения, датчиками движения и другими средствами охраны, что позволяет оперативно реагировать на возможные угрозы и повышает уровень безопасности. Кроме того, использование информационных технологий позволяет оптимизировать процессы управления укрытиями, что в свою очередь способствует более эффективному использованию ресурсов и снижению затрат на эксплуатацию.

С точки зрения архитектурного проектирования, современные укрытия для воздушных судов часто представляют собой комплексные сооружения, включающие в себя не только основные защитные конструкции, но и вспомогательные здания и сооружения, такие как склады, мастерские, административные помещения и зоны отдыха для персонала. Это позволяет создать комфортные условия для работы и отдыха военнослужащих, что в свою очередь положительно сказывается на общей боеспособности подразделений.

Важным аспектом является также интеграция укрытий в общую инфраструктуру аэродрома или базы. Укрытия должны быть расположены таким образом, чтобы обеспечить максимальную эффективность операций по взлету и посадке, а также минимизировать время на техническое обслуживание и заправку воздушных судов. Это требует тщательной проработки логистических маршрутов и взаимодействия между различными подразделениями, что является важной частью общей стратегии обеспечения боеспособности авиационных сил.

В условиях современных конфликтов также становится актуальным вопрос о мобильности укрытий. В некоторых случаях может возникнуть необходимость перемещения укрытий в зависимости от изменения обстановки на фронте или перераспределения сил. Это требует от проектировщиков создания легких и модульных конструкций, которые можно быстро и эффективно разбирать и собирать. Использование контейнерных технологий и мобильных укрытий позволяет значительно повысить оперативность и гибкость применения авиационных сил, что является важным фактором в условиях динамичной боевой обстановки.

Не менее важным аспектом является экономическая эффективность строительства и эксплуатации укрытий для воздушных судов. В условиях ограниченных ресурсов необходимо находить оптимальный баланс между стоимостью строительства, эксплуатационными расходами и уровнем защиты. Это требует от проектировщиков и строителей применения современных методов проектирования и управления проектами, которые позволяют минимизировать затраты и сократить сроки строительства без ущерба для качества и безопасности.

Таким образом, современные укрытия для воздушных судов оперативно - тактической авиации представляют собой сложные инженерные сооружения, которые должны отвечать множеству требований и обеспечивать защиту авиационной техники в условиях современных военных конфликтов. Важнейшими аспектами проектирования и строительства таких укрытий являются учет реальных угроз, многофункциональность, использование современных технологий и материалов, а также экономическая эффективность. В условиях динамично меняющейся боевой обстановки укрытия должны быть гибкими, адаптивными и способными обеспечивать максимальную безопасность и эффективность использования авиационных сил.

В заключении данной работы, посвященной строительству современных укрытий для воздушных судов оперативно - тактической авиации с учетом опыта специальной военной операции (СВО), следует подвести итоги проведенного анализа и выделить ключевые аспекты, которые имеют значительное значение для дальнейшего развития данной области. В ходе исследования были рассмотрены особенности современных укрытий, проанализирован опыт СВО, определены требования к безопасности и функциональности укрытий, исследованы технологии и материалы, а также рассмотрены практические аспекты проектирования и строительства.

Современные укрытия для воздушных судов оперативно - тактической авиации представляют собой сложные инженерные сооружения, которые должны обеспечивать защиту авиационной техники от различных угроз, включая воздушные атаки, артиллерийский обстрел и другие виды воздействия. Основной задачей таких укрытий является создание безопасной среды для базирования и обслуживания воздушных судов, что в свою очередь напрямую влияет на готовность и эффективность применения авиации в боевых условиях. Важным аспектом является также возможность быстрого развертывания и подготовки судов к вылету, что требует от укрытий высокой функциональности и удобства в использовании.

Анализ опыта СВО показал, что в условиях современных конфликтов особое внимание уделяется скорости реакции и адаптивности укрытий. Применение модульных конструкций, которые могут быть быстро возведены и демонтированы, позволяет

оперативно реагировать на изменяющиеся условия боевой обстановки. Важным выводом из анализа является необходимость интеграции новых технологий и подходов в проектирование и строительство укрытий, что позволит значительно повысить их эффективность и защитные свойства. Опыт, полученный в ходе СВО, указывает на то, что традиционные методы строительства укрытий могут быть усовершенствованы с учетом современных вызовов, таких как использование высокотехнологичных материалов и систем защиты.

Требования к безопасности и функциональности укрытий для воздушных судов являются ключевыми при их проектировании. Укрытия должны не только защищать технику, но и обеспечивать комфортные условия для персонала, который обслуживает воздушные суда. Это включает в себя наличие систем вентиляции, отопления, а также возможности для быстрого доступа к технике. Безопасность укрытий также должна быть обеспечена за счет применения современных материалов, способных выдерживать значительные нагрузки и воздействия, что подтверждается опытом эксплуатации укрытий в различных климатических условиях и при различных уровнях угроз.

Технологии и материалы, используемые для строительства укрытий, играют важную роль в их эффективности. В последние годы наблюдается тенденция к использованию композитных материалов, которые обладают высокой прочностью и легкостью. Это позволяет не только снизить вес конструкции, но и повысить ее устойчивость к воздействию внешних факторов. Кроме того, применение современных технологий, таких как 3D - печать, может существенно ускорить процесс строительства и снизить затраты. Важно также учитывать экологические аспекты, используя материалы, которые минимизируют негативное воздействие на окружающую среду.

Практические аспекты проектирования и строительства укрытий для воздушных судов требуют комплексного подхода, включающего не только технические характеристики, но и организационные моменты. Необходимо учитывать специфику размещения укрытий, их интеграцию в общую инфраструктуру аэродрома, а также взаимодействие с другими элементами системы обеспечения безопасности. Важно, чтобы проектирование укрытий велось с учетом мнения специалистов различных областей, включая инженеров, архитекторов, а также военных экспертов, что позволит создать эффективные и безопасные решения.

В заключение, можно отметить, что строительство современных укрытий для воздушных судов оперативно - тактической авиации требует постоянного обновления знаний и технологий, а также адаптации к новым условиям и вызовам. Опыт, полученный в ходе СВО, служит важным ориентиром для дальнейших исследований и разработок в данной области. Учитывая динамичное развитие технологий и изменяющиеся требования к безопасности, необходимо продолжать работу над совершенствованием проектирования и строительства укрытий, что в конечном итоге позволит повысить боевую готовность и эффективность применения авиации в современных условиях. Таким образом, данная работа подчеркивает важность комплексного подхода к решению задач, связанных с защитой воздушных судов, и открывает новые горизонты для дальнейших исследований и практических разработок в этой области.

Список использованной литературы:

1. Гнатюк Ю. М. Полвека в гражданской обороне. – 2015.
2. Григорьев М. Н., Дигусов Н. Н., Нерестюк И. М. Логистический синтез облика воздушного судна для комплексного снабжения летательных аппаратов вне постоянного их места базирования. – 2017.
3. Макаренко С. И., Афонин И. Е. Моделирование боевых действий авиации и оценки их эффективности–анализ работ, моделей, актуальных направлений исследований // Системы управления, связи и безопасности. – 2024. – №. 3. – С. 78 - 125.

© Жуков А.С., Калугин Д.А., 2026

УДК - 62

Злыдарь А. В.

студент, Санкт - Петербургский государственный университет гражданской авиации,
Россия, г. Санкт - Петербург

Лучников И. В.

старший преподаватель, Санкт - Петербургский государственный университет
гражданской авиации,
Россия, г. Санкт - Петербург

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ЛАЗЕРНЫЕ И АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ АЭРОДРОМОВ

Введение

Современная авиация требует высокого уровня безопасности полётов, особенно при ограниченной видимости, что делает аэродромное светосигнальное оборудование ключевым элементом инфраструктуры. Традиционные системы освещения имеют ограничения по энергоэффективности и адаптивности.

Проблема исследования заключается в повышении эффективности и надёжности светотехнических систем за счёт внедрения инновационных технологий. Актуальность темы связана с ростом требований к безопасности и развитием «умных» аэропортов. Перспективными являются лазерные и адаптивные системы освещения.

Лазерные системы освещения аэродромов

Лазерные источники света представляют собой одно из наиболее перспективных направлений развития светотехнического оборудования. В отличие от традиционных источников, лазеры обладают высокой направленностью светового потока, что позволяет значительно снизить потери энергии.

К основным преимуществам лазерных систем можно отнести:

- высокую яркость и дальность видимости;
- низкое энергопотребление;
- устойчивость к неблагоприятным погодным условиям (туман, осадки);
- длительный срок службы.

Кроме того, лазерные системы могут обеспечивать более чёткую визуализацию границ взлётно - посадочной полосы и рулёжных дорожек, что особенно важно при посадке в условиях ограниченной видимости.

Однако существуют и ограничения:

- высокая стоимость оборудования;
- необходимость обеспечения безопасности для зрения пилотов и персонала;
- отсутствие широкого нормативного регулирования.

На данный момент лазерные технологии находятся преимущественно на стадии экспериментального внедрения.

Адаптивные системы освещения

Адаптивные системы представляют собой интеллектуальные комплексы, способные изменять параметры освещения в зависимости от текущих условий эксплуатации.

Ключевые особенности таких систем:

- автоматическая регулировка яркости в зависимости от видимости;
- возможность дистанционного управления;
- интеграция с метеорологическими и навигационными системами;
- использование датчиков и программного обеспечения для анализа ситуации в реальном времени.

Например, при ухудшении погодных условий система может автоматически увеличивать интенсивность огней, а при хорошей видимости — снижать её, что позволяет экономить электроэнергию.

Сравнение с традиционными технологиями

Сравнение технологий можно представить в виде таблицы:

Система	Преимущества	Недостатки
Традиционные	Высокая энергоэффективность, надёжность, доступность	Средняя управляемость, ограниченная адаптация к условиям
Лазерные	Очень высокая энергоэффективность, высокая яркость	Высокая стоимость, требования безопасности
Адаптивные	Интеллектуальное управление, автоматическая регулировка, интеграция с системами	Высокая сложность реализации и обслуживания, высокая стоимость

Данная таблица показывает, что перспективные технологии развиваются не изолированно, а дополняют существующие решения, формируя комплексные системы освещения аэродромов.

Проблемы внедрения и перспективы развития

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение новых технологий сталкивается с рядом проблем:

- высокая стоимость модернизации аэродромной инфраструктуры;
- необходимость сертификации и соответствия международным стандартам;
- недостаток практического опыта эксплуатации.

В перспективе ожидается снижение стоимости оборудования и расширение нормативной базы, что позволит ускорить внедрение данных решений. Также важную роль играет развитие цифровых технологий и автоматизированных систем управления.

Заключение

Перспективные технологии, такие как лазерные и адаптивные системы освещения, обладают значительным потенциалом для повышения эффективности и безопасности работы аэродромов. Они позволяют улучшить видимость, снизить энергозатраты и обеспечить более гибкое управление светосигнальным оборудованием.

В то же время их широкое внедрение требует решения ряда технических и организационных задач. В ближайшие годы можно ожидать постепенного перехода к интеллектуальным системам освещения, которые станут неотъемлемой частью инфраструктуры современных аэродромов.

Список использованной литературы

1. Лучников, И. В. Электросветотехническое обеспечение полетов: учебное пособие / И. В. Лучников, О. А. Соколов. — Санкт - Петербург: СПбГУ ГА им. А.А. Новикова, 2024. — 106 с.
2. Головин, В. А. Светосигнальное оборудование аэродромов: учебное пособие / В. А. Головин. — Москва: Транспорт, 2018. — 256 с.
3. Фролов, А. В. Автоматизация аэродромных систем: учебное пособие / А. В. Фролов. — Москва: Машиностроение, 2019. — 228 с.
4. Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация). Методические рекомендации по эксплуатации светосигнального оборудования аэродромов. — Москва, 2021. — 145 с.
5. Баранов, С. П. Современные технологии аэродромного освещения / С. П. Баранов // Транспорт Российской Федерации. — 2022. — № 4. — С. 45–49.

© Злыдарь А. В., Лучников И. В., 2026

УДК 623.618.3

Иванов Н.Г.

канд. тех. наук, доцент

Лобанов Э.С.

курсант

ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж, РФ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИДЕНТИФИКАЦИИ АВИАЦИОННО - ТЕХНИЧЕСКОГО ИМУЩЕСТВА

Аннотация: в настоящей статье рассматриваются вопрос обоснования возможности применения современных информационных технологий в процессах учета, содержания и движения авиационно - технического имущества.

Ключевые слова: радиочастотная идентификация, авиационно - техническое имущество, метки, считыватель.

Радиочастотная идентификация — это технология автоматического ввода данных, что делает возможным быстрое бесконтактное считывание информации с небольших радио -

меток на расстоянии и при отсутствии прямой видимости с помощью стационарных и мобильных считывателей.

Стандартная система радиочастотной идентификации (РЧИ) состоит из:

метки (tag) – устройства, способные хранить и передавать данные. В памяти меток содержится их уникальный идентификационный код. Некоторые метки имеют перезаписываемую память;

считыватели (reader) – приборы, которые читают информацию с меток и записывают в них данные. Эти устройства могут быть как постоянно подключенными к учетной системе, так и работать автономно;

учетная система – программное обеспечение, которое накапливает и анализирует полученную с меток информацию и связывает все элементы в единую систему.

Идентификация объектов производится по уникальному цифровому коду, считываемому из памяти электронной метки, прикрепляемой к объекту идентификации. Считыватель содержит в своем составе передатчик и антенну, посредством которых излучается электромагнитное поле определенной частоты. Попавшие в зону действия считывающего поля радиочастотные метки «отвечают» собственным сигналом, содержащим информацию (идентификационный номер запасных частей и агрегатов, пользовательские данные и т. д.). Сигнал улавливается антенной считывателя, информация расшифровывается и передается в компьютер для обработки (рисунок 1).



Рисунок 1. Процесс идентификации объекта способом РЧИ

В настоящее время существует огромное многообразие меток (рисунок 2), классификация которых приведена в таблице 1. Поэтому подходящее исполнение можно подобрать для любой цели, в зависимости от поставленной задачи.

Таблица 2 – Классификация меток

По типу питания	Активные – используют для передачи данных энергию встроенного элемента питания (зона чтения до 100 метров)
	Пассивные – используют энергию, излучаемую считывателем (дальность до 8 метров). Пассивные метки меньше и легче активных, имеют фактически неограниченный срок службы

По видам памяти	«RO» (Read Only) – данные записываются только один раз сразу при изготовлении. Такие метки пригодны только для идентификации. Никакую новую информацию в них записать нельзя, и их практически невозможно подделать
	«WORM» (Write Once Read Many) – кроме уникального идентификатора такие метки содержат блок однократно записываемой памяти, которую в дальнейшем можно многократно читать
	«RW» (Read and Write) – такие метки содержат идентификатор и блок памяти для чтения или записи информации. Данные в них могут быть перезаписаны большое число раз
По исполнению (определяется целями и условиями использования меток)	Самоклеющиеся бумажные или лавсановые метки
	Стандартные пластиковые карты
	Дисковые метки
	Различные виды брелоков
	Специальное исполнение для жестких условий эксплуатации



Рисунок 2. Многообразие меток

Приборы для считывания данных с меток (рисунок 3) также бывают нескольких типов, классификация которых приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Классификация считывателей

Стационарные	а) Крепятся неподвижно на стенах, порталах и в других подходящих местах; б) Могут быть выполнены в виде ворот, вмонтированы в стол или закреплены рядом с конвейером на пути следования имущества; в) Обычно обладают большей зоной чтения и мощностью и способны одновременно обрабатывать данные с нескольких десятков меток;
--------------	--

	г) Напрямую подключены к компьютеру, на котором установлена программа контроля и учета.
Переносные	а) Обладают сравнительно меньшей дальностью действия и не имеют постоянной связи с программой контроля и учета; б) Мобильные считыватели имеют внутреннюю память, в которую записываются данные с прочитанных меток (потом эту информацию можно загрузить в компьютер); в) Способны записывать данные в метку (например, информацию о произведенном контроле); г) В зависимости от частотного диапазона метки, дистанция устойчивого считывания и записи данных в них будет различна.



Рисунок 3. Пример считывателей

После внедрения РЧИ в ВС РФ мы получим ряд следующих преимуществ:

1. Автоматизированная инвентаризация имущества. С помощью считывателя сравниваются фактические данные с данными в учетной системе: наличие и состояние авиационно - технического имущества (АТИ) на определенный момент времени. Пока инвентаризация не выполнена, АТИ не участвует в других операциях. Указывается дата и время проведения инвентаризации, номер входящего документа на текущую дату с добавлением комментариев.

2. Приемка АТИ по количеству и качеству. Рациональная организация всего процесса. Назначение принять новое АТИ на склад, провести проверку по количеству, соответствия фактического наличия АТИ данным сопроводительных и расчетных документов. Также проверка возможна по качеству и комплектации указанных в условиях поставки требований. Для этого необходимо провести первичную инвентаризацию – нанести метки на предмет учета и привязать к идентификатору информацию о АТИ. Вводятся наименование АТИ, группа номенклатуры и другие характеристики.

3. Списание недостачи при потере, порче или ошибках учета. Инвентаризация без потерь, все учтено. Проводится при фактическом списании или потреблении объекта учета. При выполнении операции у каждой позиции в учетных документах данной процедуры изменяется количество. При этом указывается дата, время списания и его причина. При необходимости добавляется комментарий.

4. Ввод начальных и просмотр текущих остатков. Корректные показатели с приемки до отгрузки. Ввод начальных остатков – операция ввода первоначальной информации об учете и закреплении за складом еще не привязанного к нему АТИ. Записи в учетных

документах фильтруются по полному и краткому наименованию или классам. Текущие остатки представлены показателями по количеству объектов и количеству позиций на доступных складах. Определяется уровень загрузки в процентах от суммарного количества позиций. Возможен просмотр журнала истории последних действий на доступных складах, где указаны: тип, номер, статус, дата и время создания операции или выполнения её шага, наименование отправителя и получателя АТИ.

5. Транспортировка и перемещение между складами. Надежные внутренние и внешние операции. Позволяет автоматизировать перемещение с одного склада на другой, либо между подразделениями.

6. Формирование своевременной отчетности. Систематизированный контроль действий и перемещений. Отчеты делятся на стандартные (предложенные системой) и пользовательские, которые создаются на основе новых шаблонов. Каждый стандартный отчет содержит параметры: наименование и идентификатор RFID - метки, автора документа и дату добавления, активность по группам пользователей. В программном комплексе можно добавить новый шаблон отчетов, просмотреть и изменить информацию о нем, выбрав для формирования необходимые параметры единиц учета. Характеризующие физические свойства класса экземпляра или номенклатуры, назначаются пользователем по своему усмотрению для ввода дополнительной информации. Так же устанавливаются привилегии на просмотр отдельных пользователей или групп. Отчеты создаются автоматически по расписанию, либо вручную за определенный период времени. Для удобства применяются фильтры и встроенный механизм контекстного поиска.

Список использованной литературы:

1. Дилигенская А.Н. Учебное пособие «Идентификация объектов управления» (г. Самара) 2009 г.

2. Буряк Ю.И. «Методы и средства автоматической идентификации изделий (агрегатов, деталей), применяемых в авиационной промышленности в задаче обеспечения безопасности полета».

3. Анализ перспектив применения технологии RFID для задачи управления поставками и складскими ресурсами // Т - Comm. - 2009. - №6. - стр. 36 - 41.

© Иванов Н.Г., Лобанов Э.С., 2026

УДК 623.618.3

Иванов Н.Г.

канд. тех. наук, доцент

Лобанов Э.С.

курсант

ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж, РФ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ RFID - СИСТЕМЫ УЧЕТА АВИАЦИОННО - ТЕХНИЧЕСКОГО ИМУЩЕСТВА НА СКЛАДЕ

Аннотация: в настоящей статье рассматриваются вопрос оценки эффективности RFID - системы учета авиационно - технического имущества на складе.

Ключевые слова: RFID - система, точность учета, эффективность, оценка, снижение затрат,

Для оценки эффективности RFID - системы учета авиационно - технического имущества (АТИ) на складе можно использовать следующие критерии:

Точность учета.

Точность учета с помощью RFID - системы обычно оценивается путем сравнения фактического наличия товаров на складе с данными, полученными через RFID технологию. Для этого проводится инвентаризация, в ходе которой сканируются RFID метки на каждом имуществе, и информация о них сравнивается с базой данных.

Преимущества точности учета с помощью RFID - системы:

1. Автоматизация процесса:

RFID технология позволяет сканировать метки на товарах автоматически, минимизируя вероятность человеческих ошибок.

2. Быстрота и эффективность:

RFID - системы способна сканировать несколько меток одновременно и на большие расстояния, что ускоряет процесс инвентаризации и повышает точность учета.

3. Возможность удаленного контроля:

RFID технология позволяет контролировать наличие МЦ на складе даже издалека, что обеспечивает более оперативное реагирование на изменения.

4. Меньше потерь и ошибок:

Благодаря более точному учету с помощью RFID - системы, возможности потерь и ошибок в учете значительно снижаются.

Однако для достижения максимальной точности учета с помощью RFID - системы важно правильно настроить оборудование, обучить персонал и поддерживать актуальную базу данных. Также следует учитывать возможные помехи и препятствия, которые могут повлиять на качество сканирования меток.

Скорость и эффективность инвентаризации: оценка времени, затрачиваемого на проведение инвентаризации с использованием RFID технологии по сравнению с традиционными методами.

Сокращение потерь и краж: оценка снижения потерь и краж МЦ на складе благодаря более точному учету и контролю через RFID - системы.

Улучшение процессов поставок и отгрузок: оценка ускорения процессов поставок и отгрузок благодаря более точной и оперативной информации, предоставляемой RFID - системой.

Снижение затрат: оценка экономической выгоды от внедрения RFID - системы на складе, включая снижение затрат на ручной учет и инвентаризацию.

Возможность интеграции с другими системами: оценка возможности интеграции RFID - системы с другими информационными системами авиационной части для обеспечения единой цепочки поставок и учета.

Удобства использования: оценка удобства и простоты использования RFID - технологии для сотрудников склада и другим работников службы.

Надежность и безопасность: оценка защищенности данных, передаваемых через RFID - систему, а также надежность работы самой системы.

Учитывая эти критерии, можно провести комплексную оценку эффективности RFID - системы учета авиационно - технического имущества на складе и принять решение о ее дальнейшем использовании или модификации.

В качестве экономического критерия обоснования выбора технических решений по складу примем показатель человек - час (человек - день).

Для оценки экономического эффекта от внедрения RFID - системы учета АТИ на складе определим изменение эксплуатационных расходов по складу.

Эксплуатационные расходы представляют собой часть всех издержек обращения склада. Они состоят из затрат, связанных со складской переработкой продукции, выплаты заработной платы, затрат на текущий и средний ремонт машин и механизмов, их амортизацию, а также затрат на электроэнергию, смазочные, горючие, обтирочные материалы [1]. Существует три основных метода определения годовых эксплуатационных расходов по складам: метод составления сметы расходов, метод расходных ставок и метод функций. Наиболее удобным для проведения инженерных расчетов является метод, при котором годовые эксплуатационные расходы представляются как сумма пяти составляющих, каждая из которых зависит только от одной величины [2]:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 \quad (1)$$

где A_1 - все годовые эксплуатационные расходы, (зависящие от численности работников склада по категориям (включая расходы на зарплату основную и дополнительную, отчисления на соцстрах, часть цеховых расходов, зависящих от штатов работников, и выплату из общественных фондов потребления в размере 35 % от зарплаты), A_2 - все годовые эксплуатационные расходы, зависящие от стоимости оборудования склада, т.е. расходы, связанные с амортизацией, содержанием и ремонтом оборудования (включая и часть цеховых расходов), A_3 - все годовые эксплуатационные расходы, зависящие от стоимости здания и сооружений, и связанные с амортизацией, содержанием и ремонтом складского здания и сооружений, A_4 - все годовые эксплуатационные расходы, зависящие от площадей различных участков склада (расходы на освещение разных участков склада), A_5 - все годовые эксплуатационные расходы, зависящие от мощности механизмов склада (расходы на силовую электроэнергию).

С использованием этой методики годовые эксплуатационные расходы (тыс. руб.) по складу (при работе склада в одну смену 260 дней в году) легко могут быть определены с точностью, достаточной для инженерных расчетов, по следующему выражению [2]:

$$\Xi = 3p + 0,14\P_M + 0,22\P_D + 0,31\text{ЭП} + 0,13\text{КШ} + 0,22\text{КО} + 0,08\text{AB} + 0,05\text{K}_{\text{ад}} + 0,052\text{C} + 0,070\P + (0,26\text{S}_1 + 0,4\text{S}_2 + 0,53\text{S}_3 + 25,1\sum N_i + 12,6\sum N_j)10^{-3}, \quad (2)$$

где p - списочное число работников склада, P_M , P_D - стоимость металлических и деревянных поддонов, применяемых в складе, ЭП - стоимость самоходных электропогрузчиков и электротележек, КШ - стоимость кранов, кранов - штабелеров и электроталей, КО - стоимость конвейеров и подъемников, AB - стоимость устройств автоматизации склада; C - стоимость стеллажей, ОП - стоимость оборудования для

обнаружения и тушения пожара; S_1, S_2, S_3 - площади зоны хранения грузов, приемно-отправочных экспедиций и служебно - технических помещений, m^2 , N_i, N_j - мощности одноmotorных механизмов непрерывного действия и многоmotorных механизмов циклического действия, кВт.

Более половины складских затрат приходится на затраты на труд (рисунок 1) [3].

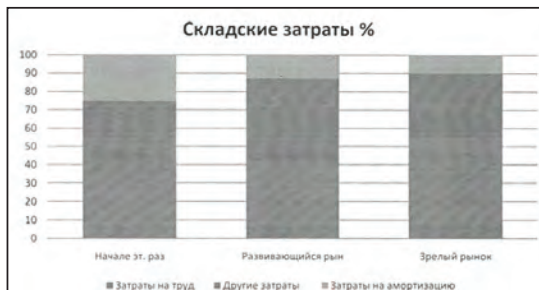


Рисунок 1. Распределение складских затрат

Экономический эффект от использования RFID системы учета АТИ будет наблюдаться в том случае, когда снижение затрат на труд будет больше, чем затраты на техническое обслуживание системы.

Расчет экономического эффекта от использования RFID системы учета АТИ на складе (Δ) можно произвести по следующему выражению:

$$\Delta = p \cdot n \cdot m \cdot c \cdot t \cdot a - b \cdot S, (3)$$

где p - списочное число работников склада, n - количество недель функционирования системы, m - количество дней выдачи АТИ со склада в неделю, c - размер оплаты одного человека - часа, t - среднее время отбора имущества одного дня выдачи АТИ, a - коэффициент эффективности использования RFID - системы на складе, b - коэффициент затрат на техническое обслуживание RFID - системы, S - стоимость оборудования.

Для проведения расчетов по выражению (4) примем следующие гипотетические данные: $p=1,2...10, n=54, m=3, c=150$ руб, $t=2$ ч., $a=0,5, b=0,05, S=250000$ руб.

Расчет поведем для единого склада с количеством работников $p=1,2...10$ и для группы складов с $p=1-2$.

Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты расчета экономической эффективности RFID - системы для единого склада и группы складов

Количество работников	Экономический эффект RFID - системы единого склада	Экономический эффект RFID - системы группы складов
1	11200	11200
2	33500	33500

3	55800	44700
4	78100	67000
5	100400	78200
6	122700	100500
7	145000	111700
8	167300	134000
9	189600	145200
10	211900	167500

На основе данных таблицы 1 построим график зависимости экономической эффективности RFID - системы для единого склада и группы складов от количества работников (Рисунок 2).

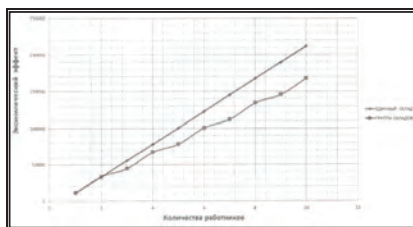


Рисунок 2. График зависимости экономической эффективности RFID – системы для единого склада и группы складов от количества работников

На основе анализа рисунка 2 можно сформулировать следующие вывод, что, при заданных начальных условиях, предлагаемые RFID - системы для единого склада и группы складов экономически эффективны. Экономическая эффективность возрастает прямо пропорционально числу работников склада.

Определим срок окупаемости капитальных затрат на установку RFID - системы на складе АТИ по следующему выражению:

$$T = \frac{S}{\Delta^*} \quad (4)$$

где T - срок окупаемости капитальных затрат, S - стоимость RFID - системы склада.

Результаты расчета срока окупаемости RFID - системы единого склада и группы складов АТИ представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты расчета срока окупаемости RFID - системы единого склада и группы складов АТИ

Количество работников	Срок окупаемости RFID - системы единого склада, год	Срок окупаемости RFID - системы группы складов, год
1	23,39	23,39

2	9,01	9,01
3	6,13	12,62
4	4,89	9,01
5	4,20	11,07
6	3,77	9,01
7	3,46	10,46
8	3,24	9,01
9	3,07	10,12
10	2,94	9,01

На основе данных таблицы 2 построим график зависимости срока окупаемости RFID - системы для единого склада и группы складов от количества работников (Рисунок 3).

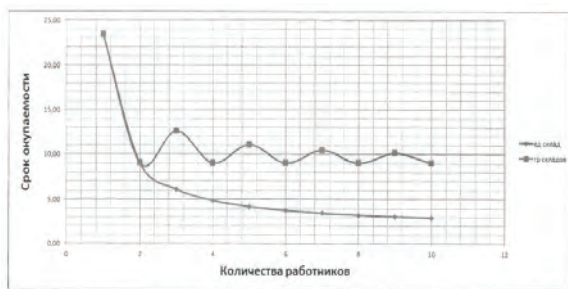


Рисунок 3. График зависимости срока окупаемости RFID – системы для единого склада и группы складов от количества работников

Из анализа рисунка 3 можно сделать вывод, что срок окупаемости единого склада оборудованного RFID - системой учета АТИ составит от 23 до 3 года в зависимости от числа работников. Срок окупаемости RFID - системы группы складов находится в пределах от 23 до 9 лет. Таким образом, предлагаемая система экономически обоснована. Необходимо отметить, что разработка методики проведения инвентаризации АТИ на складе с использованием предлагаемой RFID - системы позволит повысить экономическую эффективность. Кроме того, RFID - система позволит снизить число ошибок персонала при выдачи АТИ и не допустить выдачу АТИ с истекшими сроками хранения которое может негативно повлиять на уровень безопасности полетов в авиационной части.

Список использованной литературы:

1. Управление материальными ресурсами. Логистические принципы: учебник для студентов вузов железнодорожного транспорта / Ю.В. Пересветов. – Москва: Учебно - методический центр по образованию на ж. - д. транспорте, 2007. 126с.
2. Маликов О.Б., Малкович А.Р. Склады промышленных предприятий. Справочник. Машиностроение. Ленинградское отделение, 1989. – 601с.

3. Терешкина Т.Р., Назарова А.Н. Логистика складирования. Учебное пособие / ВШТЭ СПб ГУПТД, СПб., 2017. - 52 с.

4. Анализ перспектив применения технологии RFID для задачи управления поставками и складскими ресурсами // Т - Comm. - 2009. - №6. - стр. 36 - 41.

© Иванов Н.Г., Лобанов Э.С., 2026

УДК - 004.8:332.3

Избасова Г.Ш.

магистр землеустройства

Западно - Казахстанский инновационно -
технологический университет (ЗКИТУ)

г. Уральск, Казахстан

ЗНАЧЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

Аннотация

Современное развитие общества характеризуется внедрением технологий искусственного интеллекта в различные сферы, включая управление земельными ресурсами, что способствует повышению эффективности землепользования, планирования и принятия решений. Цель исследования — определить роль ИИ с учётом социально - этических аспектов. Рассматриваются возможности анализа данных, мониторинга и прогнозирования, а также риски конфиденциальности, алгоритмической предвзятости и социального неравенства. Предлагаются подходы к ответственному использованию ИИ на основе прозрачности, этики и вовлечения заинтересованных сторон при соблюдении принципов устойчивого развития.

Ключевые слова: искусственный интеллект, управление земельными ресурсами, алгоритмическая прозрачность, исследовательская этика, устойчивое развитие.

Izbassova G.Sh.

Master of Land Management

West Kazakhstan Innovation and
Technology University (WKITU)

Uralsk, Kazakhstan

Abstract

Modern societal development is characterized by the integration of artificial intelligence (AI) technologies across various sectors, including land management. This integration enhances the efficiency of land use, planning, and decision - making processes. The purpose of this study is to determine the role of AI while accounting for socio - ethical aspects. The article examines the capabilities of data analysis, monitoring, and forecasting, alongside risks related to data privacy, algorithmic bias, and social inequality. The author proposes approaches for the responsible use of

AI based on transparency, ethics, and stakeholder engagement, all while adhering to the principles of sustainable development.

Keywords: artificial intelligence, land management, algorithmic transparency, research ethics, sustainable development.

Введение

Современный этап развития характеризуется цифровой трансформацией, в которой искусственный интеллект становится важным инструментом управления, в том числе в сфере землеустройства. Его применение позволяет обрабатывать большие объёмы данных, выявлять закономерности и повышать обоснованность управленческих решений.

Использование спутниковых технологий и интеллектуальных алгоритмов расширяет возможности мониторинга земель, оценки состояния почв и прогнозирования урожайности, способствуя рациональному использованию ресурсов и повышению эффективности сельского хозяйства.

Вместе с тем широкое внедрение ИИ требует учёта социально - этических аспектов, включая прозрачность алгоритмов, защиту данных и справедливость принимаемых решений [1,2].

Материалы и методы исследований

Этические аспекты применения ИИ в управлении земельными ресурсами. Все обсуждение этических вопросов основано на искажении данных, что требует алгоритмической справедливости в управлении земельными ресурсами, управляемом ИИ. Проблемы возникают с алгоритмом, который целенаправленно ориентирован на увеличение сельскохозяйственного производства, ускорение сохранения биоразнообразия и оптимизацию планирования землепользования. Такие алгоритмы подвергаются критике ввиду того, что способны интенсифицировать существующее неравенство, приводя к несправедливым результатам при принятии решений по управлению земельными ресурсами [4]. Иными словами, модели искусственного интеллекта, основанные на исторических данных, могут отражать неравенство в праве собственности на землю и доступе к ресурсам, несправедливо отдавая предпочтение крупным плантациям с налаженной инфраструктурой сбора данных, при этом маргинализируя мелких фермеров, у которых нет таких данных, что увеличивает неравенство в доступе к земле и разрыв в производительности сельского хозяйства. Природоохранная головоломка, полученная с помощью искусственного интеллекта, часто искажается из-за необъективных данных, когда алгоритм может определять приоритетность районов для охраны дикой природы на основе моделей пригодности среды обитания. Таким образом, актуализируется вопрос об обучении моделей ИИ учитывать традиционные методы управления земельными ресурсами, при которых коренные общины принимают решения, поскольку модели могут упускать из виду культурно значимые природоохранные зоны, что может нарушить жизнедеятельность местных жителей, вызвать экологическую несправедливость и подорвать доверие к природоохранным инициативам [1,2]. В связи с этим, при управлении ИИ возникает множество социально - этических вопросов, такие как, проблемы, связанные с алгоритмами выдачи кредитов, используемыми для финансирования сельского хозяйства, моделями зонирования, влияющими на развитие урбанизации, и даже системами

прогнозирования лесных пожаров, которые могут усугубить неравенство, если модели обучены на основе необъективного набора данных [4,6]

Ограниченная прозрачность может привести к непониманию логического обоснования решений по управлению земельными ресурсами на основе искусственного интеллекта. Это приведет к отсутствию точности и прозрачности, что потенциально чревато серьезными последствиями, поскольку местное сообщество будет отчужденным, не услышанным и уязвимым перед несправедливыми результатами, генерируемыми моделями искусственного интеллекта. Это может усугубить отсутствие доверия и затруднить сотрудничество, помешать эффективной практике управления земельными ресурсами и подорвать те самые цели, к достижению которых стремится ИИ [5,9,10]. Таким образом, необходима обязательная прозрачность, которая устраняет пробелы и способствует ответственному развитию ИИ для управления земельными ресурсами с помощью объяснимых методов ИИ, вовлечения местного сообщества и человеческих ресурсов, а также алгоритмов и данных с открытым исходным кодом, которые используют возможности ИИ. [4]

Результаты и их обсуждение

Исследования воздействия на окружающую среду и социальную сферу. Исследования показывают, что в будущем ИИ повысит эффективность, оптимизирует использование ресурсов и улучшит процесс принятия решений. Однако развитие этой технологии заставляет задуматься о потенциальных проблемах в области окружающей среды и социальных рисках, которые жизненно важны для благополучия социума. Искусственный интеллект оказывает значительное воздействие на окружающую среду, вызывая опасения по поводу парадокса автоматизации, который может быть положительным с точки зрения повышения производительности в сельскохозяйственной сфере, что вновь поднимает проблему чрезмерной эксплуатации земельных и водных ресурсов, которая носит негативный характер. Кроме того, это может способствовать развитию монокультурных методов ведения сельского хозяйства, поддерживаемых алгоритмами оптимизации, управляемыми искусственным интеллектом, которые могут привести к снижению плодородия почв и биоразнообразия, влияя на долгосрочную устойчивость [1,5,6]. Следует отметить, что первостепенное значение имеет проблема добычи полезных ископаемых. В области разведки и добычи полезных ископаемых были созданы различные системы и модели ИИ, на основе которых освоение ресурсов приводит к ухудшению состояния окружающей среды в результате вырубки лесов, загрязнения окружающей среды и разрушения природных экосистем. Решения, принимаемые на основе искусственного интеллекта, влияют на изменение климата, поскольку крупномасштабная инфраструктура и обработка данных требуют больших затрат энергии, что может привести к значительному увеличению выбросов парниковых газов. Как известно, выбросы парниковых газов потенциально негативно сказываются на окружающей среде, оказывая влияние на практику управления земельными ресурсами. Кроме того, социальные последствия, вызванные решениями, основанными на ИИ, включают в себя перемещение либо ликвидацию рабочих мест, когда автоматизация привела к потере рабочих мест в наземных секторах, таких как сельское хозяйство, лесоводство и землеустройство, что свидетельствует о существующем неравенстве и вызывает социальные волнения в обществе, зависящих от этих профессий. Аналогичным образом, искусственный интеллект привел к миграции населения, когда

крупномасштабные проекты землепользования, оптимизируемые моделями, вынудили людей из местных регионов переселяться в другие территории, поскольку больше не могут быть традиционными землепользователями, что подрывает их культурные традиции и средства к существованию. Все это в совокупности привело к размыванию традиционных знаний и чрезмерной зависимости от решений, основанных на искусственном интеллекте, при управлении земельными ресурсами, что повлияло на культурное наследие. Таким образом, искусственный интеллект требует соблюдения социально - этических норм, которые помогут определить приоритеты устойчивого развития, оценить социальные последствия и способствовать интеграции с традиционными знаниями. Искусственный интеллект является эффективным инструментом управления земельными ресурсами, однако его использование сопровождается серьёзными рисками в области [1,6]

Конфиденциальность данных. Системы ИИ собирают и анализируют информацию о землепользовании, включая данные о границах участков и сельскохозяйственной деятельности, что требует надёжной защиты и анонимизации. Дополнительные риски связаны с развитием систем мониторинга на основе беспилотных летательных аппаратов и спутниковых технологий, которые могут восприниматься как вмешательство в традиционные практики землепользования. Также возникает проблема конфликта интересов, когда собранные данные используются для целевого маркетинга, что может повлиять на независимость принимаемых решений. Неправомерное использование данных способно привести к утечкам информации и распространению дезинформации, оказывая влияние на сельскохозяйственные рынки и управление земельными ресурсами. В связи с этим особое значение имеют защита персональных данных, прозрачность алгоритмов и международное сотрудничество в сфере управления данными. [2,4]

Ответственность исследовательской практики. Ответственное применение искусственного интеллекта требует соблюдения социально - этических норм и междисциплинарного взаимодействия специалистов, органов власти и местных сообществ, что способствует учёту реальных потребностей и повышению доверия к технологиям.

Важную роль играет развитие этической грамотности через образовательные программы и научные мероприятия, формирующие ответственное использование ИИ. [1,2]

Заключение

Эффективное применение искусственного интеллекта в управлении земельными ресурсами возможно лишь при условии интеграции социально - этических принципов в процессы его разработки и использования. Ключевыми условиями являются обеспечение прозрачности и подотчётности алгоритмов, защита конфиденциальности данных, развитие нормативно - правовой базы, а также активное вовлечение всех заинтересованных сторон.

Важную роль играет эффективное управление данными, включающее их анонимизацию и контроль использования. Не менее значимой является обязательная оценка экологических и социальных последствий внедрения технологий искусственного интеллекта на всех этапах их применения.

Таким образом, искусственный интеллект может выступать в качестве действенного инструмента устойчивого и справедливого управления земельными ресурсами при условии его ориентации на общественные интересы и соблюдение принципов устойчивого развития.

Список использованной литературы

1. Хорошилов А.В. Применение искусственного интеллекта в управлении земельными ресурсами // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. — 2020. — № 5. — С. 12–18.
2. Сидорова Е.Н., Кузнецов Д.А. Этические аспекты использования искусственного интеллекта // Вестник информационных технологий. — 2021. — № 3. — С. 50–52.
3. Иванов П.С. Цифровизация сельского хозяйства и устойчивое развитие // 6. Экономика сельского хозяйства России. — 2022. — № 7. — С. 30–32.
4. Смирнова Л.Г. Прозрачность алгоритмов и доверие к ИИ // Информационное общество. — 2023. — № 2. — С. 30–33.
5. Петров И.А. Использование геоинформационных систем и ИИ в землеустройстве // Геодезия и картография. — 2021. — № 4. — С. 18–24.
6. Кузьмина О.С. Влияние цифровизации на аграрный сектор экономики // Аграрная наука. — 2022. — № 6. — С. 40–47.

© Избасова Г.Ш. 2026

УДК 69.009

Константинов Е. Б.

магистрант НИУ МГСУ г. Москва, РФ

Научный руководитель: Синенко С.А.

д.т.н., профессор, профессор НИУ МГСУ

г. Москва, РФ

КРИТЕРИИ, ОГРАНИЧЕНИЯ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАКАЗЧИКА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ

Аннотация

Актуальность представленного исследования обусловлена особым значением методологического обоснования осуществления функций технического заказчика, с учетом всестороннего анализа критериев, факторов и ограничений технического заказчика (ТЗ) при строительстве.

Целью является определение критериев, ограничений, факторов, влияющих на осуществление функции технического заказчика при строительстве физкультурно - оздоровительного комплекса (ФОК) и кафе в бизнес - центре «ISCITY» в г. Москве.

В результате проведенного анализа критериев, ограничений, факторов, влияющих на осуществление функции технического заказчика при строительстве (ФОК) и кафе в составе действующего бизнес - центра «ISCITY» в г. Москве были выявлены наиболее актуальные на сегодняшний день критерии и факторы, которые легли в основу моделирования процедур технического заказчика.

Ключевые слова

Технический заказчик (ТЗ), деятельность технического заказчика, критерии, ограничения, факторы, влияющие на осуществление функции технического заказчика,

строительство физкультурно - оздоровительного комплекса, методологическое обоснование осуществления функций технического заказчика.

Введение

В качестве главной задачи исследования ставится разработка и апробация на реальном объекте (ФОК и кафе в БЦ «ICITY») методики выбора организационно - технологических решений и модели осуществления функций технического заказчика, адаптированных к условиям строительства на застроенной территории.

Разработанная методика и модель позволяют техническому заказчику на практике снижать административные издержки, сокращать продолжительность согласований с УК и повышать качество строительного контроля в условиях плотной застройки, что подтверждается расчётными показателями эффективности.

Однако, для разработки модели процедур технического заказчика необходимо исследование критериев, ограничений и факторов, влияющих на осуществление функции технического заказчика при строительстве объектов.

Основная часть

Эффективность реализации инвестиционно - строительного проекта по возведению физкультурно - оздоровительного комплекса (ФОК) и кафе в составе действующего бизнес - центра «ICITY» в значительной степени определяется качеством выполнения функций технического заказчика (ТЗ). В отличие от типового строительства на свободном участке, данный проект реализуется в условиях застроенной территории, что накладывает дополнительные требования к составу, последовательности и продолжительности процедур ТЗ.

Перечень процедур технического заказчика при строительстве ФОК и кафе в БЦ «ICITY» представлен в Таблице 1.

Таблица 1 - Перечень процедур технического заказчика
при строительстве ФОК и кафе в БЦ «ICITY»

Этап	Код процедуры	Наименование процедуры	Результат / Документ
1. Инициирование	1.1	Анализ инвестиционной привлекательности с учётом расположения в БЦ	Инвестиционный меморандум
	1.2	Оценка ограничений, налагаемых УК бизнес - центра	Реестр ограничений (шум, доступ, логистика)
	1.3	Формирование бюджета на функции ТЗ (по Приказу №13 / пр)	Штатное расписание (1–3 чел.)
2. Планирование	2.1	Получение исходно - разрешительной документации (ИРД)	ГПЗУ, ТУ от ресурсоснабжающих организаций
	2.2	Согласование проектной документации с УК БЦ	Письменное согласование стройгенплана, графиков

	2.3	Разработка и согласование графика производства работ с учётом ограничений БЦ	Календарный план с «тихими» окнами
	2.4	Проверка ПД на соответствие требованиям ФОК (нагрузки, гидроизоляция, вентиляция)	Заклучение о готовности ПД
	2.5	Формирование матрицы ответственности (RACI) между ТЗ, подрядчиком и УК	Матрица RACI
3. Реализация (строительный контроль)	3.1	Входной контроль материалов и оборудования	Акт входного контроля
	3.2	Операционный контроль критических операций (армирование, бетонирование, гидроизоляция чаши бассейна)	Журнал операционного контроля
	3.3	Геодезический контроль с применением лазерного сканирования	Протокол геодезических измерений
	3.4	Контроль соблюдения ограничений УК БЦ (шум, доступ, логистика)	Еженедельный отчёт УК
	3.5	Освидетельствование скрытых работ (гидроизоляция, врезка в сети БЦ)	Акт освидетельствования скрытых работ
	3.6	Приёмочный контроль этапов работ	Акт приёмки выполненных работ
4. Завершение	4.1	Формирование исполнительной документации (в т.ч. в электронном виде)	Комплект ИД
	4.2	Организация пусконаладочных работ (ПНР) инженерных систем ФОК и кафе	Протоколы ПНР
	4.3	Получение разрешения на ввод объекта в эксплуатацию	Разрешение на ввод
	4.4	Передача объекта в эксплуатацию УК БЦ с подписанием акта приёмки - передачи	Акт приёмки - передачи
5. Гарантийный период	5.1	Мониторинг выявленных дефектов в течение гарантийного срока	Реестр гарантийных замечаний
	5.2	Контроль устранения дефектов подрядчиком	Акт устранения дефектов

Осуществление функций технического заказчика производится под влиянием критериев, ограничений и факторов.

Под критерием в данном исследовании понимается количественный или качественный показатель, позволяющий оценить степень достижения целей осуществления функций технического заказчика при строительстве.

На основе анализа нормативных требований (Приказ Минстроя №13 / пр, СП 48.13330.2019) [2, 3] и экспертного опроса выделены следующие критерии (таблица 2):

Таблица 2 – Критерии оценки эффективности процедур технического заказчика

Код критерия	Наименование критерия	Единица измерения	Целевое значение
K1	Длительность согласования с УК БЦ	дней	≤ 7 дней
K2	Доля процедур, охваченных операционным контролем	%	≥ 85 %
K3	Количество пропущенных дефектов на 1000 м ²	шт.	≤ 2
K4	Время оформления акта освидетельствования скрытых работ	часов	≤ 24 часов
K5	Доля документооборота в электронном виде	%	≥ 80 %
K6	Отклонение фактической стоимости функций ТЗ от сметной	%	$\leq \pm 10$ %

Данные критерии используются в дальнейшем для расчёта интегрального показателя эффективности Кс.

Под ограничениями понимаются объективно существующие и не подлежащие изменению в рамках проекта условия, которые сужают множество допустимых организационно - технологических решений. Для объекта ФОК и кафе в БЦ «ISCITY» установлены следующие группы ограничений:

А. Регламентные ограничения УК БЦ

- запрет на выполнение шумных работ с 23:00 до 07:00 (ежедневно);
- запрет на производство работ в выходные дни без письменного разрешения;
- обязательное использование общих подъездов и зон разгрузки (невозможность организации отдельной стройплощадки);
- ограничение по высоте грузового транспорта (до 2,5 м для въезда на подземный пандус);
- обязательное ношение сигнальных жилетов и пропускной режим;

Б. Ресурсные ограничения

- штатная численность ТЗ - от 1 до 3 человек (согласно Приказу Минстроя №13 / пр при смете до 600 млн руб.) [2];
- бюджет на функции ТЗ утверждён до начала строительства и не может быть увеличен более чем на 10 % ;
- один инженер ТЗ одновременно сопровождает от 5 до 15 объектов (отраслевая практика);

В. Нормативно - правовые ограничения

- обязательное членство в СРО и наличие специалистов в НРС (ФЗ №309 – ФЗ с 2026 г.) [4];
- требования Мосгосстройнадзора к составу исполнительной документации;
- обязательность соблюдения СП 48.13330.2019 «Организация строительства» [3];

Г. Технические ограничения объекта

- невозможность усиления существующих конструкций БЦ без остановки его работы;
- ограниченная несущая способность перекрытий для складирования материалов;
- единая система вентиляции и электроснабжения с действующим БЦ.

В отличие от ограничений, факторы могут изменяться (полностью или частично) в процессе реализации проекта и учитываться при выборе организационно - технологических решений.

При формировании классификации факторов, влияющих на осуществление функции технического заказчика при строительстве ФОК и кафе в БЦ «ISCITY», исходное теоретическое множество включало более 40 потенциальных факторов, выявленных в ходе анализа научной литературы [1], нормативно - правовых актов и экспертных интервью. К ним относились: макроэкономические условия, климатические факторы, политика ресурсоснабжающих организаций, психологическая совместимость в коллективе ТЗ, уровень коррупции в регионе, наличие судебных споров с соседними землепользователями, технология производства отдельных видов работ и др.

Однако включение всех выявленных факторов в организационно - технологическую модель и методику выбора решений нецелесообразно и научно некорректно по следующим основаниям. Отбор осуществлялся на основе четырёх обязательных критериев, указанных в таблице 3.

Таблица 3 – Критерии отбора факторов

Критерий	Содержание
К1. Управляемость	Фактор может быть изменён или учтён действиями технического заказчика (или застройщика) в рамках проекта. Исключены факторы, не зависящие от ТЗ (например, общефедеральные изменения налогового законодательства в период строительства).
К2. Количественная измеримость	Для фактора предложено аналитическое выражение или индекс, позволяющее выполнить расчёт (см. столбец 5 табл. 2.2). Исключены качественные факторы без формализации («настроение инспектора», «лояльность УК»).
К3. Специфичность для объекта	Фактор значимо проявляется именно при строительстве ФОК и кафе в застроенном БЦ, а не при типовом строительстве на свободном участке.
К4. Подтверждение экспертами	Фактор получил среднюю оценку значимости не ниже 2,5 по результатам экспертного опроса (Приложение 3) или был указан как критический не менее чем тремя экспертами.

Таким образом, сокращение перечня факторов с теоретически возможных, выполнено по научно обоснованным критериям (управляемость, количественная измеримость, специфичность для объекта, экспертное подтверждение). Оставленные факторы являются критическими для процедур технического заказчика при строительстве ФОК и кафе в БЦ

«ICITY», а исключённые либо нерелевантны, либо дублируют другие, либо не могут быть формализованы в рамках организационно - технологической модели.

Заключение

Таким образом, при анализе критериев, ограничений, факторов, влияющих на осуществление функции технического заказчика при строительстве ФОК и кафе в составе действующего бизнес - центра «ICITY» в г. Москве были выявлены наиболее актуальные на сегодняшний день критерии, была проведена классификация факторов влияния на процедуры ТЗ, а также выбраны четыре наиболее значимые группы факторов, что позволило автору создать целостную базу для моделирования процедур технического заказчика.

Список использованной литературы:

1. Лапидус, А. А. Особенности деятельности инжиниринговых организаций / А. А. Лапидус, С. В. Назыпова. - Текст: непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. - 2024. - № 10. - С. 51–57. - DOI: 10.33622 / 0869 - 7019.2024.10.51 - 57.
2. Приказ Минстроя России от 15.01.2024 N 13 / пр "О внесении изменений в Методику определения затрат на осуществление функций технического заказчика, утвержденную приказом Министерства строительства и жилищно - коммунального хозяйства Российской Федерации от 2 июня 2020 г. N 297 / пр" (Зарегистрировано в Минюсте России 16.02.2024 N 77291 // URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_470069/
3. СП 48.13330.2019 «Организация строительства» // URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=433409>
4. Федеральный закон от 31.07.2025 N 309 - ФЗ (ред. от 28.12.2025) "О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации" - Текст электронный // Консультант Плюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_511113/
© Константинов Е. Б., 2026

УДК 519.6

Мотлич П.А.

кандидат технических наук, начальник лаборатории,

Павлова О.В.

старший научный сотрудник,

Боженев В.К.

старший научный сотрудник

ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

г. Мытищи, Московская обл., Россия

ГИБРИДНЫЙ МЕТОД ТИХОНОВСКОЙ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ И РОЯ ЧАСТИЦ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ИЗДЕЛИЙ В УСЛОВИЯХ МАЛЫХ ВЫБОРОК

Аннотация

Предложен гибридный метод идентификации параметров цифровых двойников изделий, сочетающий регуляризацию Тихонова и алгоритм роя частиц (PSO). Метод предназначен для некорректных обратных задач в условиях малых выборок и высоких шумов.

Реализована двухэтапная схема: глобальный поиск PSO с последующим локальным уточнением регуляризацией.

Ключевые слова

Цифровой двойник, идентификация параметров, метод роя частиц, регуляризация Тихонова, некорректная задача, доверительные интервалы.

Идентификация параметров математических моделей – одна из ключевых задач при создании цифровых двойников изделий. От точности оценок параметров зависит достоверность прогнозов поведения объекта в реальных условиях.

Однако классические методы идентификации сталкиваются с серьезными трудностями. Натурные эксперименты сопряжены со значительными материальными затратами. Объем выборок мал – нередко имеется всего несколько измерений. Измерительная информация содержит шумы, уровень которых может быть значительным. Кроме того, существует систематическое расхождение между моделью и реальностью. В нормативной документации данное расхождение определяется как «погрешность неадекватности» [1].

Указанные факторы делают задачу идентификации параметров цифрового двойника некорректно поставленной. Как показано в классической монографии [2], малые возмущения входных данных могут приводить к неограниченно большим ошибкам в оценках параметров. Для решения некорректных задач применяется регуляризация Тихонова. Регуляризация – математический прием, который добавляет к условию точного соответствия модели данным дополнительное требование: искомые параметры не должны быть слишком большими или нефизичными. Это позволяет сделать решение устойчивым к малым ошибкам в измерениях [2]. Однако классическая регуляризация – метод локальный. Его применение может приводить к остановке в локальных, а не глобальных оптимумах, если целевая функция многоэкстремальна.

Альтернативой выступают эвристические методы глобальной оптимизации. Например, метод роя частиц (particle swarm optimization, PSO). Метод роя частиц имитирует поведение стаи птиц. В пространстве параметров движется множество частиц. Каждая частица – один возможный набор параметров. Частицы запоминают свое лучшее положение (личный опыт) и обмениваются информацией о лучшем положении, найденном всей стаей (коллективный опыт). С течением времени рой сходится к наилучшему решению. PSO не требует вычисления производных. Как отмечено в обзоре [3], метод эффективен для поиска глобального оптимума в многоэкстремальных задачах. Вместе с тем PSO, в отличие от регуляризации, не обеспечивает прямого оценивания неопределенности полученных оценок и не позволяет построить ковариационную матрицу параметров.

Анализ литературы показывает: сочетание регуляризации и роя частиц – перспективное направление. Так, в работе [4] предложен гибридный алгоритм Тихонов - PSO для идентификации параметров источника выброса опасных газов. Авторы преобразуют нелинейную обратную задачу дисперсии к линейному виду и применяют линейный Тихонов - PSO. Результаты демонстрируют: гибридный метод успешно идентифицирует одновременно мощность и координаты источника. Доверительные интервалы, получаемые в рамках регуляризации, оказываются более обоснованными по сравнению с использованием одного PSO [4].

В отечественной литературе метод роя частиц и его модификации подробно рассмотрены в работах Казаковой [3, 5]. В них анализируются способы инициализации роя, методы гибридизации и различные приложения PSO.

В работе [6] метод роя частиц с масштабируемой сетью применен для калибровки инерциальных датчиков без демонтажа. PSO здесь минимизирует многомерную целевую функцию, построенную на принципе постоянства модуля вектора ускорения свободного падения.

В работе [7] предложен метод APSO - SPC. Он интегрирует усовершенствованный PSO (APSO) и метод стохастических коллокаций. Это нужно для оценивания неопределенности параметров, вызванной случайными погрешностями измерений. APSO - SPC точно оценивает средние значения и стандартные отклонения неопределенных параметров.

Анализ приведенных работ показал, что совместное использование PSO и регуляризации применяется в разных предметных областях. Однако для задач идентификации параметров цифровых двойников изделий в условиях малых выборок адаптированного метода ранее не предлагалось. Настоящая работа восполняет этот пробел.

Рассмотрим обратную задачу идентификации параметров цифрового двойника. Пусть имеется математическая модель, связывающая вектор неизвестных параметров θ с

$$y = G(\theta) + \xi, \quad (1)$$

вектором измерений y соотношением (1).

где G – нелинейный оператор модели, ξ – шум измерений, который предполагается гауссовским с нулевым математическим ожиданием. В условиях малых выборок и высокой размерности данная задача является некорректной. В качестве регуляризованного решения принимается аргумент

минимума функционала (2):

$$\hat{\theta} = \arg \min \{ \|G(\theta) - y\|^2 + \alpha \|L \cdot \theta\|^2 \}, \quad (2)$$

где L – матрица стабилизирующего функционала (в простейшем случае единичная), $\alpha > 0$ – параметр регуляризации. Однако целевой функционал может иметь множество локальных минимумов.

Для выбора параметра α применяется L - критерий. Строится кривая в логарифмических координатах ($\log \|G(\hat{\theta}_\alpha) - y\|, \log \|L \cdot \hat{\theta}_\alpha\|$) и выбирается точка максимальной кривизны. В качестве верифицирующего метода дополнительно используется обобщенная перекрестная проверка.

В основе предлагаемого подхода лежит двухэтапная процедура.

Этап 1. Глобальный поиск PSO.

Формируется рой из $M = 30$ частиц, каждая из которых представляет собой один набор параметров. Обновление позиций осуществляется по формулам (3) и (4):

$$v_i(t+1) = \omega \cdot v_i(t) + c_1 r_1 (p_{\text{лучш},i} - \theta_i) + c_2 r_2 (g_{\text{лучш}} - \theta_i), \quad (3)$$

$$\theta_i(t+1) = \theta_i(t) + v_i(t+1). \quad (4)$$

Параметры алгоритма: $\omega = 0.7$ (коэффициент инерции), $c_1 = c_2 = 1.5$ (когнитивный и социальный коэффициенты), r_1, r_2 – равномерно распределенные случайные числа в интервале от 0 до 1. Целевая функция на данном этапе – невязка модели без регуляризации.

Критерий остановки – стабилизация $g_{лучш}$ (изменение менее 10^{-5} на протяжении 20 итераций), либо достижение максимального числа итераций (например, 200).

Этап 2. Локальное уточнение регуляризаций.

В найденной PSO области оптимума запускается регуляризованный алгоритм Левенберга - Марквардта с параметром α , выбранным по L - критерию.

На этом этапе:

вычисляются уточненные оценки $\hat{\theta}_{\text{опт}}$;

вычисляется ковариационная матрица $\text{Cov}(\hat{\theta}) = \sigma^2 (J^T \cdot J + \alpha \cdot L^T \cdot L)^{-1}$, где J – матрица Якоби;

определяются доверительные интервалы: $\hat{\theta}_j \pm t_{1-\gamma/2, m-n} \sqrt{[\text{Cov}(\hat{\theta})]_{jj}}$.

Для задач, в которых оператор G может быть линеаризован или преобразован к линейному виду, предлагается модификация «линейный Тихонов - PSO» по аналогии с [4]. Исходная нелинейная модель преобразуется к линейной форме (5):

$$y = H \cdot \theta + \xi. \quad (5)$$

Далее PSO находит оценку $\hat{\theta}_{\text{рч}}$, затем L - критерием вычисляется параметр регуляризации α , после чего решается регуляризованная задача (6):

$$\hat{\theta}_{\text{рег}} = (H^T \cdot H + \alpha \cdot L^T \cdot L)^{-1} \cdot H^T \cdot y \quad (6)$$

и строятся доверительные интервалы. Линейный Тихонов - PSO обладает более высокой вычислительной эффективностью по сравнению с нелинейным, а доверительные интервалы имеют более строгое статистическое обоснование.

Для проверки работоспособности метода рассмотрим модельную задачу. Идентифицируем два параметра θ_1, θ_2 экспоненциальной модели (7):

$$y(t) = \theta_1 e^{\theta_2 t} + \xi(t). \quad (7)$$

Зададим «истинные» значения: $\theta_1^{\text{ист}} = 2,0, \theta_2^{\text{ист}} = 0,5$.

По десяти равноотстоящим точкам t_i вычислим теоретические значения. Затем добавим гауссовский шум с $\sigma = 0.1$. Уровень шума составляет около 10 % от амплитуды сигнала. Объем выборки мал – всего 10 точек. Это характерно для задач с ограниченными экспериментальными данными.

Выполним 50 запусков для каждого из трех методов: классический PSO без регуляризации, чистая регуляризация Тихонова и предлагаемый гибридный метод. Расчеты выполним при различных начальных приближениях и различных реализациях шума. Для чистой регуляризации параметр α выбирался по L - критерию – так же, как на втором этапе гибридного метода.

Сравнение относительных погрешностей идентификации показало: гибридный метод снижает ошибку определения параметров в 3–5 раз по сравнению с классическим PSO и примерно в 2 раза – по сравнению с чистой регуляризацией. Кроме того, только гибридный подход позволяет строить обоснованные доверительные интервалы. Доля попаданий истинных значений в построенные доверительные интервалы составила 94 % . Для классического PSO такая возможность отсутствует. Для чистой регуляризации доля попадания истинного значения в доверительный интервал составила 72 % , что ниже номинального уровня 95 % . Преимущество гибрида сохраняется во всем диапазоне

уровней шума (от 2 % до 20 %). Относительный выигрыш возрастает с увеличением зашумленности данных.

Следует отметить, что у предложенного гибридного метода есть ограничения:

чувствительность к параметрам PSO. Выбор коэффициентов ω, c_1, c_2 влияет на сходимость. Приведенные значения ($\omega = 0,7, c_1 = c_2 = 1,5$) – типичные. Однако для конкретных задач может потребоваться дополнительная настройка;

отсутствие гарантии глобального оптимума. Для снижения риска целесообразно увеличить число частиц и количество итераций;

выбор стабилизирующего функционала. В работе использован простейший случай. При наличии априорной информации о гладкости параметров может потребоваться применение L в виде матрицы;

предположение о гауссовости шума. Для негауссовских распределений доверительные интервалы, основанные на t – распределении, теряют строгость.

Выводы

1. Гибридный метод Тихонов - PSO сочетает глобальную сходимость роя частиц и устойчивость с оценкой неопределенности регуляризации Тихонова.
2. Проведенный численный эксперимент показал: гибридный метод превосходит как чистый PSO, так и чистую регуляризацию по точности идентификации. Снижение ошибки – в 3–5 раз и в 2 раза соответственно.
3. Построенные гибридным методом доверительные интервалы обеспечивают долю попаданий истинных значений параметра на уровне 94 %. Это свидетельствует о корректности процедуры оценивания неопределенности.
4. Применение L - критерия для выбора α обеспечивает автоматизацию метода. Это делает его пригодным для практического использования.
5. Метод эффективен при малом объеме выборки (10 точек) и высоком уровне шума (до 20 %).
6. Сформулированные ограничения метода позволяют выбирать область его применимости.

Список использованной литературы

1. Р 50.2.004 - 2000. ГСИ. Определение характеристик математических моделей зависимостей между физическими величинами при решении измерительных задач. Основные положения. – М.: Госстандарт России, 2000. – 12 с.
2. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1979. – 285 с.
3. Казакова Е.М. Краткий обзор методов оптимизации на основе роя частиц // Вестник КРАУНЦ. Физико - математические науки. – 2022. – Т. 39, № 2. – С. 150–174.
4. Parameter identification for continuous point emission source based on Tikhonov regularization method coupled with particle swarm optimization algorithm // Journal of Hazardous Materials. – 2017. – Vol. 325. – P. 239–250.
5. Казакова Е.М. Применение метода роя частиц в задачах оптимизации // Известия Кабардино - Балкарского научного центра РАН. – 2022. – № 5. – С. 48–57.
6. Scale - free PSO for in - run and infield inertial sensor calibration // Measurement. – 2019. – Vol. 147.

7. Zhong P., Wu X., Zhu L., Yang A. A new APSO - SPC method for parameter identification problem with uncertainty caused by random measurement errors // AIMS Mathematics. – 2025. – Vol. 10, No. 2. – P. 3848–3865.

© Мотлич П.А., Павлова О.В., Боженов В.К., 2026

УДК 004

Озеров Т.И.

студент ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Мязин Н.И.

студент ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Шумилин А.А.

студент ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Научный руководитель: Зупарова В.В.

ассистент, ПензГТУ
г. Пенза, Россия

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В РОССИИ

Аннотация

В статье рассматривается искусственный интеллект как ключевой инструмент трансформации научных исследований в условиях цифровизации, анализируются направления его применения в российской науке. Выявлены преимущества внедрения ИИ и ограничения, включая нехватку ресурсов, кадров и зависимость от зарубежных технологий. Определены перспективы развития ИИ как основы технологического суверенитета России.

Ключевые слова

искусственный интеллект, научные исследования, цифровизация науки, машинное обучение, большие данные, технологический суверенитет, цифровая экономика, инновационное развитие, нейронные сети, государственная поддержка ИИ.

Современная наука переживает период глубокой трансформации, обусловленной стремительным развитием цифровых технологий. Одним из наиболее значимых факторов этой трансформации выступает искусственный интеллект (ИИ), кардинально меняющий методологию, инструментарий и саму логику научного познания. Если ещё десятилетие назад ИИ рассматривался преимущественно как перспективное, но узкоспециализированное средство автоматизации отдельных задач, то сегодня он превращается в системообразующий элемент научной деятельности [1].

В российском контексте данная тема приобретает особую актуальность. С одной стороны, Россия располагает мощной математической и инженерной школой,

формирующей прочный фундамент для развития технологий ИИ. С другой страна сталкивается с рядом системных ограничений: дефицитом вычислительной инфраструктуры, кадровым разрывом, зависимостью от зарубежных аппаратных и программных платформ, усиленной санкционным давлением после 2022 года. Преодоление этих ограничений и реализация инновационного потенциала ИИ в научной сфере становятся стратегическими задачами государственной политики в области цифрового развития.

Принципиальное отличие современного этапа развития науки от предшествующих состоит в экспоненциальном росте объёмов генерируемых данных, обработка которых традиционными методами становится практически невозможной. По различным оценкам, объём научных данных, производимых глобальным исследовательским сообществом, удваивается каждые два - три года. В этих условиях ИИ выступает не вспомогательным инструментом, а фундаментальным методологическим сдвигом, формирующим так называемую «четвёртую парадигму науки».

Применение методов машинного обучения и глубоких нейронных сетей позволяет выявлять скрытые закономерности в массивах данных, недоступные традиционному аналитическому инструментарию. Технологии обработки естественного языка (NLP) обеспечивают автоматический анализ корпусов научных публикаций, выявление исследовательских трендов и синтез знаний из разрозненных источников. Генеративные модели открывают возможности для автоматизированного формирования научных гипотез и оптимизации экспериментального дизайна.

Российские научные центры и университеты активно развивают компетенции в области Big Data - аналитики. Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» реализует проекты по применению ИИ для обработки данных ядерных экспериментов и геномных исследований. Яндекс совместно с ведущими вузами страны развивает инструменты анализа больших данных, находящие применение в академической среде [2].

Направление моделирование и прогнозирование является одним из наиболее развитых в российском научном контексте. В области климатологии и метеорологии Гидрометцентр России, и Институт вычислительной математики РАН используют методы ИИ для совершенствования моделей прогнозирования погоды и климатических изменений. В физике высоких энергий российские учёные, участвующие в международных коллаборациях, применяют нейросетевые методы для анализа данных детекторов элементарных частиц.

Медицина и биомедицинские исследования. Данная область демонстрирует, пожалуй, наибольшую практическую отдачу от применения ИИ в российской науке. Разработки в области анализа медицинских изображений (рентгенограмм, снимков МРТ и КТ) с помощью алгоритмов компьютерного зрения позволили достичь точности диагностики, сопоставимой с квалифицированными врачами - специалистами. Компании «Сбер» (платформа «Салют»), «Яндекс» и ряд специализированных медтех - стартапов разработали отечественные решения в области ИИ - диагностики.

Применение робототехники совместно с алгоритмами ИИ для автоматизации лабораторных экспериментов («роботы - учёные») находится на начальной стадии внедрения в российских исследовательских центрах, однако ряд пилотных проектов реализуется в рамках федеральных научно - исследовательских программ.

Экономика и социальные науки. В данной сфере ИИ применяется для эконометрического моделирования, анализа финансовых рынков, прогнозирования макроэкономических показателей. Центральный банк России, Минэкономразвития и ряд академических институтов интегрируют методы машинного обучения в аналитические процессы.

Интеграция искусственного интеллекта в исследовательский процесс порождает комплекс измеримых преимуществ, способных качественно изменить эффективность российской науки.

Прежде всего, ИИ обеспечивает кратное ускорение исследовательского цикла. Задачи, требовавшие ранее месяцев ручной обработки данных, решаются алгоритмами за часы или минуты. В области молекулярного моделирования система AlphaFold, разработанная DeepMind, продемонстрировала способность предсказывать трёхмерную структуру белков с точностью, сопоставимой с экспериментальными методами. Задача, над которой биохимики работали десятилетиями. Аналогичные по значимости прорывы возможны и в других областях при условии доступа к сопоставимым вычислительным ресурсам [3].

Во - вторых, применение ИИ снижает влияние человеческого фактора на результаты исследований. Алгоритмы не подвержены когнитивным искажениям, усталости и субъективности суждений, что особенно критично при анализе статистически значимых массивов данных и проведении диагностических процедур.

В - третьих, ИИ расширяет горизонт научного поиска, позволяя обнаруживать неочевидные межотраслевые связи и формировать гипотезы на стыке дисциплин, именно там, где традиционно возникают наиболее значимые научные открытия.

Искусственный интеллект представляет собой не технологическую надстройку над традиционной наукой, а качественно новую методологическую парадигму, преобразующую саму природу научного исследования. В российском контексте развитие ИИ - ориентированной науки является одновременно ответом на глобальные технологические тренды и условием сохранения конкурентоспособности отечественной исследовательской системы в условиях нарастающей международной конкуренции.

Реализация этого потенциала требует согласованных усилий государства, академического сообщества и технологических компаний: последовательного инвестирования в вычислительную инфраструктуру, целенаправленной подготовки исследователей нового типа, формирования культуры открытых научных данных и развития отечественных ИИ - платформ как основы технологического суверенитета в научной сфере.

Страны, которые сумеют органично интегрировать ИИ в национальные исследовательские экосистемы, получат устойчивое конкурентное преимущество в экономике знаний. Для России этот путь означает не просто технологическую модернизацию науки, но и формирование нового облика национальной инновационной системы.

Список использованной литературы:

1. Ольга Грибова «Как «Яндекс» внедряет искусственный интеллект в образование» / Ольга Грибова [Электронный ресурс] // Коммерсантъ: [сайт]. — URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7327008> (дата обращения: 28.04.2026).

2. Будущее рынка ИИ в России: тренды и прогнозы на 2025–2030 годы / Хабр / [Электронный ресурс] // Хабр: [сайт]. — URL: <https://habr.com/ru/companies/bothub/articles/965002/> (дата обращения: 01.05.2026).

3. Искусственный интеллект в России: технологии и рынки / Л. М. Гохберг (рук. авт. колл.), Ю. В. Туровец, К. О. Вишневецкий и др.; науч. ред. Л. М. Гохберг; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. – 148 с. – 400 экз. – ISBN 978 - 5 - 7598 - 3019 - 1 (в обл.). – ISBN 978 - 5 - 7598 - 3106 - 8 (e-book).

© Озеров Т.И., Мязин Н.И., Шумилин А.А., 2026

УДК 004

Озеров Т.И.
студент ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Мязин Н.И.
студент ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Шумилин А.А.
студент ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Научный руководитель: Зупарова В.В.
ассистент, ПензГТУ
г. Пенза, Россия

РОЛЬ УНИВЕРСИТЕТОВ В РАЗВИТИИ НАУЧНЫХ ИНИЦИАТИВ В РОССИИ

Аннотация

В статье анализируется роль университетов как ключевых институтов развития научных инициатив в России. Рассмотрены функции вузов в подготовке кадров, генерации знаний, развитии научной инфраструктуры и взаимодействии с государством и бизнесом. Выявлены системные проблемы университетской науки и определены стратегические перспективы её развития в контексте инновационной экономики.

Ключевые слова

университеты, научные инициативы, инновации, подготовка кадров, тройная спираль, научная инфраструктура, государственная поддержка науки, инновационная экономика, технопарки.

В условиях перехода к экономике знаний университеты перестают быть исключительно образовательными учреждениями, превращаясь в ключевые институты генерации и трансфера знаний. В России, где государство последовательно реализует курс на инновационное развитие, роль вузов в формировании научного потенциала страны приобретает принципиальное стратегическое значение [1].

Университет в современной научной системе выполняет двойственную функцию: он одновременно воспроизводит научные кадры и генерирует новое знание. Аспирантура, научные школы и исследовательские группы формируют непрерывную цепочку воспроизводства исследовательских компетенций. Именно в вузовской среде происходит

первичная социализация молодого учёного: освоение методологии, встраивание в научное сообщество, формирование исследовательской идентичности.

В России данная функция реализуется через систему федеральных университетов, национальных исследовательских университетов (НИУ) и опорных вузов. Статус НИУ, присвоенный 29 университетам, предполагает повышенные требования к публикационной активности, объёму НИОКР и качеству подготовки исследователей. Ведущие вузы страны: МГУ, СПбГУ, МФТИ, НИУ ВШЭ - формируют научные школы мирового уровня, результаты которых представлены в высокорейтинговых международных изданиях [2].

Вместе с тем эффективность воспроизводства научных кадров в российских вузах остаётся неравномерной: концентрация исследовательского потенциала в нескольких крупных центрах, а именно в Москве, Санкт - Петербурге, Новосибирске, контрастирует со слабостью региональной университетской науки, что создаёт структурные дисбалансы в национальной инновационной системе.

Развитие научной инфраструктуры вузов является необходимым материальным условием проведения конкурентоспособных исследований. Центры коллективного пользования оборудованием, университетские технопарки, инжиниринговые центры и стартап - студии формируют экосистему, в которой академическое знание трансформируется в инновационный продукт.

Концептуальной основой взаимодействия университетов с внешней средой служит модель «тройной спирали» (Г. Ицковиц, Л. Лейдесдорф): динамическое взаимодействие университета, государства и индустрии порождает синергетический инновационный эффект, недостижимый при изолированном развитии каждого из акторов. В российской практике данная модель реализуется через программы Национального технологического инициативы, соглашения о стратегическом партнёрстве вузов с крупными корпорациями («Росатом», «Ростех», Сбер), а также через механизмы базовых кафедр предприятий в университетах [3].

Поддержка научных инициатив студентов и молодых учёных осуществляется через гранты Российского научного фонда (РНФ), стипендии Президента и Правительства РФ, конкурсы УМНИК Фонда содействия инновациям. Программа «Приоритет - 2030» обеспечивает долгосрочное финансирование стратегических исследовательских проектов ведущих вузов, стимулируя концентрацию ресурсов на прорывных направлениях.

Несмотря на позитивные тенденции, университетская наука в России сталкивается с рядом системных ограничений. Хроническое недофинансирование остаётся главным структурным барьером: расходы на НИОКР в России составляют около 1 % ВВП, существенно уступая показателям стран - технологических лидеров. Бюрократизация научной деятельности - избыточная отчётность, сложность администрирования грантов, отвлекает исследователей от содержательной работы.

Острой остаётся проблема утечки кадров: молодые учёные, получившие качественное образование в российских вузах, нередко продолжают карьеру за рубежом ввиду более привлекательных условий труда и исследовательской среды. Санкционные ограничения после 2022 года существенно сузили возможности международного научного сотрудничества, доступа к зарубежным базам данных и участия в совместных исследовательских проектах.

Государственная политика реагирует на эти вызовы через комплекс программных инструментов. Помимо упомянутой программы «Приоритет - 2030», реализуется федеральная программа развития образования, предусматривающая модернизацию научной инфраструктуры вузов. Перспективным направлением является выстраивание горизонтальных сетей межуниверситетского сотрудничества внутри страны, способных

компенсировать сужение международных связей и обеспечить рациональное распределение компетенций между вузами различных регионов.

Университеты являются незаменимым институциональным фундаментом научного развития России. Они одновременно воспроизводят исследовательские кадры, генерируют новое знание и обеспечивают его трансфер в экономику через механизмы взаимодействия с государством и индустрией. Системное преодоление финансовых, бюрократических, кадровых барьеров при последовательной государственной поддержке способно качественно усилить вклад университетской науки в инновационное развитие страны. Сильный университет – это необходимое условие сильной науки и конкурентоспособной национальной экономики.

Список использованной литературы:

1. «Приоритет - 2030» / [Электронный ресурс] // МИНОБРНАУКИ РОССИИ: [сайт]. — URL: <https://minobrnauki.gov.ru/action/priority2030> / (дата обращения: 02.05.2026).
2. Батракова Л. Г. Инновационное развитие регионов России по модели «тройной спирали» // Социально - политические исследования. 2020. № 3 (8). С. 67–80. DOI 10.20323 / 2658 - 428X - 2020 - 3 - 8 - 67 - 80
3. Технопарки России – 2024: ежегодный бизнес - навигатор / К.В. Емельянов, А.И. Зайончковский, А.М. Занятова, Е.И. Кравченко, М.С. Серёгин; Редакционная коллегия: А.Н. Козловский, И.А. Куликов, М.А. Лабудин; Ассоциация кластеров, технопарков и ОЭЗ России.; – Москва: АКИТ РФ, 2024 – 100 с.: ил. – ISBN 978 - 5 - 6044817 - 9 - 0: 1500 экз
© Озеров Т.И., Мязин Н.И., Шумилин А.А., 2026

УДК 004.421.2:004.4

Озеров Т.И.

студент 4 курса ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Мязин Н.И.

студент 4 курса ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Шумилин А.А.

студент 4 курса ПензГТУ,
г. Пенза, Россия

Научный руководитель: Зупарова В.В.

ассистент, ПензГТУ
г. Пенза, Россия

МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Аннотация

В статье рассматриваются методы интеллектуального анализа данных, применяемые для исследования производительности вычислительных систем, серверов и высокопроизводительных вычислительных комплексов. Акцент сделан на возможностях использования кластеризации, классификации, регрессионного моделирования и

стохастических моделей для выявления аномалий, прогнозирования метрик и оптимизации распределения вычислительных ресурсов.

Ключевые слова

Интеллектуальный анализ данных, производительность вычислительных систем, кластеризация, классификация, регрессия, мониторинг, суперкомпьютерные ресурсы.

В условиях роста масштабов и гетерогенности вычислительных систем анализ их производительности приобретает стратегическое значение, так как связан с надежностью сервисов, временем отклика и рациональным использованием ресурсов. Традиционные разовые нагрузочные тесты и статические измерения недостаточны для высоконагруженных систем с большими объемами телеметрии и логов, поэтому методы интеллектуального анализа данных позволяют перейти от пассивного мониторинга к извлечению знаний из эксплуатационной информации и обоснованной оптимизации конфигурации и режимов работы [1].

Интеллектуальный анализ производительности опирается на методы Data Mining и машинного обучения, выявляющие скрытые закономерности в многомерных выборках мониторинговых данных, где производительность описывается показателями пропускной способности, времени отклика, утилизации ресурсов и устойчивости к пиковым нагрузкам. Анализ требует учета системных метрик (CPU, память, диск, сеть) и прикладных параметров (время выполнения заданий, число сессий, типы запросов). Ключевую роль играет кластеризация, группирующая задания, сессии и узлы по профилям нагрузки и выделяющая аномальные запуски, что помогает выявлять узкие места, нестабильные узлы и уточнять модели прогнозирования; классификация используется для разметки заданий по интенсивности и риску деградации, упрощая планирование и балансировку ресурсов [2].

Регрессионные модели, обученные на исторических данных, предсказывают длительность задач, ожидаемую нагрузку и время ожидания, позволяя планировщикам эффективнее распределять задания и снижать простой; в корпоративных системах они применяются для оценки времени отклика приложений и баз данных при изменении конфигурации. Существенное место занимает обнаружение аномалий и предиктивная аналитика, ориентированные на раннее выявление отклонений в поведении системы (скачки времени выполнения, нестандартные паттерны использования ресурсов, деградация пропускной способности), что достигается за счет кластеризации с выделением выбросов, алгоритмов на основе плотности и расстояний, а также обучаемых моделей, встроенных в мониторинг и позволяющих перейти к проактивному управлению [2, 3].

Отдельное направление связано с использованием стохастических сетей Петри и марковских моделей для формализованного анализа эффективности и надежности вычислительных систем. Стохастические сети Петри позволяют описывать параллелизм, очереди и конкуренцию за ресурсы, а их изоморфизм марковским цепям с непрерывным временем дает возможность рассчитывать показатели производительности и сравнивать альтернативные архитектурные решения еще на этапе проектирования. В сочетании с данными мониторинга параметры таких моделей могут уточняться, повышая точность оценок и практическую значимость результатов.

Современные системы мониторинга серверов и кластеров формируют богатые потоки данных, которые становятся базой для встроенных модулей интеллектуального анализа производительности. Интеграция методов кластеризации, классификации, регрессии и обнаружения аномалий в такие системы обеспечивает автоматическое выявление проблемных участков, прогнозирование деградации и выработку рекомендаций по оптимизации конфигураций, что уже демонстрируется в практиках анализа

производительности корпоративных и многопользовательских платформ. Перспективы развития связаны с созданием адаптивных систем управления производительностью, где методы машинного обучения встроены в контуры автоматике и в режиме реального времени настраивают параметры конфигурации, планирования и распределения задач, совмещая классические модели теории массового обслуживания и стохастических сетей Петри с обучаемыми моделями [4].

Проведенный анализ позволяет заключить, что методы интеллектуального анализа данных обладают высоким потенциалом в задачах исследования и оптимизации производительности вычислительных систем, обеспечивая переход от фрагментарного мониторинга к комплексной прогностической аналитике. Их результативность напрямую зависит от степени интеграции в системы мониторинга и управления, а также от компетенций специалистов в области анализа данных и архитектуры вычислительных систем, что задает актуальную повестку дальнейших исследований и практических разработок.

Список использованной литературы:

1. Применение методов интеллектуального анализа данных для оценки производительности высокопроизводительных вычислительных систем // Информационно измерительные и управляющие системы. URL: https://www.imt-journal.ru/archive/public/downloadFromArticle?article_id=351&file_id=475 (дата обращения: 05.05.2026).
2. Анализ эффективности и надежности вычислительных систем с использованием стохастических сетей Петри // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2020. № 8–9. URL: https://izv.etu.ru/assets/files/izvestiya-8-9_2020-5-10.pdf (дата обращения: 05.05.2026).
3. Введение в интеллектуальный анализ данных: учеб. пособие. URL: <https://files01.core.ac.uk/download/287483193.pdf> (дата обращения: 05.05.2026).files01.
4. What is Data Mining? Data Mining Techniques // AWS. URL: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/data-mining-techniques/> (дата обращения: 05.05.2026).

© Озеров Т.И., Мязин Н.И., Шумилин А.А., 2026

УДК 620.19

Окил А.М.А. студент 4 курса ДГТУ,
г. Ростов - на - Дону, РФ

Научный руководитель: Бойко А.А.
Кандидат технических наук, ДГТУ
г. Ростов - на - Дону, РФ

АНАЛИЗ СОСТАВА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И РАСЧЕТ РЕЖИМА РАЗБЕГА И ВЗЛЁТА ДИСТАНЦИОННО - ПИЛОТИРУЕМЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация

В статье проведён анализ состава системы управления дистанционно пилотируемых летательных аппаратов (ДПЛА), рассмотрены ключевые компоненты и их взаимодействие. Выполнен расчёт режима разбега и взлёта с учётом аэродинамических, массовых и силовых характеристик.

Ключевые слова

Дистанционно пилотируемые летательные аппараты, система управления, разбег, взлёт, аэродинамические характеристики.

Развитие технологий беспилотной авиации требует углублённого изучения процессов управления и динамики полёта дистанционно - пилотируемых летательных аппаратов (ДПЛА). Важнейшими этапами полёта являются разбег и взлёт, от которых зависит безопасность и эффективность дальнейшей эксплуатации аппарата.

Задачи исследования:

- проанализировать состав и функции системы управления ДПЛА;
- определить основные параметры, влияющие на режим разбега и взлёта;
- выполнить расчёт траектории разбега и параметров взлёта;
- предложить рекомендации по оптимизации режимов взлёта.

Состав системы управления ДПЛА

Система управления ДПЛА включает следующие основные подсистемы:

Навигационная система: инерциальные измерительные блоки (IMU); спутниковые навигационные системы (GPS / ГЛОНАСС); датчики высоты, скорости и курса.

Система автоматического управления (САУ): контроллер полёта; алгоритмы стабилизации и навигации; регуляторы высоты, скорости и курса.

Система энергообеспечения: аккумуляторы; преобразователи напряжения; система распределения питания.

Бортовая вычислительная система: микроконтроллеры; процессоры обработки данных; память для хранения полётных заданий.

Расчёт режима разбега и взлёта. Исходные данные:

Для расчёта приняты следующие параметры типового ДПЛА: масса взлётная $m=25$ кг; площадь крыла $S=1,5$ м²; коэффициент подъёмной силы $CY=1,2$; коэффициент лобового сопротивления $CX=0,08$; тяга двигателя $T=150$ Н; плотность воздуха $\rho=1,225$ кг / м³; коэффициент трения качения $\mu=0,03$.

Расчёт скорости отрыва

Скорость отрыва $V_{отр}$ определяется из условия равенства подъёмной силы и веса аппарата: $21\rho V_{отр}^2 SCY=mg$, откуда $V_{отр}=\sqrt{\frac{mg}{21\rho SCY}}$. Подставляя значения, получаем: $V_{отр}=\sqrt{\frac{25\cdot 9,81}{21\cdot 1,225\cdot 1,5\cdot 1,2}}\approx 16,3$ м / с.

3.3. Расчёт ускорения на разбеге

Ускорение a на разбеге определяется уравнением движения: $ma=T-F_{сопр}-F_{тр}$, где $F_{сопр}$ — сила лобового сопротивления, $F_{тр}$ — сила трения качения.

Сила лобового сопротивления: $F_{сопр}=21\rho V^2 SCX$. Сила трения: $F_{тр}=\mu(mg-FY)$, где подъёмная сила $FY=21\rho V^2 SCY$.

На начальном этапе разбега ($V\approx 0$) ускорение максимально: $a_{нач}=\frac{T}{m}-\mu g$
 $=\frac{150}{25}-0,03\cdot 25\cdot 9,81\approx 5,7$ м / с².

3.4. Расчёт длины разбега

Длина разбега $L_{разб}$ рассчитывается по формуле: $L_{разб}=\frac{a_{ср} V_{отр}^2}{2}$, где $a_{ср}$ — среднее ускорение на разбеге. Приблизённо принимая $a_{ср}\approx 4,5$ м / с², получаем: $L_{разб}=\frac{4,5\cdot 16,3^2}{2}\approx 29,5$ м.

3.5. Расчёт угла набора высоты

После отрыва угол набора высоты θ определяется из уравнения:

$T - F_{\text{сопр}} = mg \sin \theta$. При $F_{\text{сопр}} \approx 10 \text{ Н}$, $\theta \approx 8^\circ$.

Анализ результатов

Проведённый расчёт показал, что для ДПЛА с заданными параметрами:

- скорость отрыва составляет 16,3 м / с;
- длина разбега — около 29,5 м;
- угол набора высоты после отрыва — около 8° .

Анализ состава системы управления ДПЛА показал, что её эффективность определяется согласованной работой навигационной системы, САУ, канала связи и исполнительных механизмов. Расчёт режима разбега и взлёта позволил определить ключевые параметры, влияющие на безопасность и эффективность взлёта.

Список используемой литературы

1. Anderson J. D. Introduction to Flight. — 8th ed. — McGraw, 2022.
2. Stengel R. F. Flight Dynamics. — Princeton University Press, 2021.
3. Журнал «Беспилотная авиация», № 3, 2023. — С. 45–52.

© Бойко А.А., Окил А.М.А. 2026

УДК 620.19

Окил А.М.А. студент 4 курса ДГТУ,
г. Ростов - на - Дону, РФ

Научный руководитель: Бойко А.А.,
Кандидат технических наук, ДГТУ
г. Ростов - на - Дону, РФ

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ НЕСУЩЕГО ВИНТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ТИПА «КВАДРОКОПТЕР»

Аннотация

В статье рассматривается моделирование системы управления приводом несущего винта квадрокоптера. Представлена математическая модель динамики вращения винта, описаны алгоритмы управления скоростью вращения двигателей. Выполнено компьютерное моделирование в среде MATLAB / Simulink, проанализированы переходные процессы и устойчивость системы.

Ключевые слова

Квадрокоптер, система управления, привод несущего винта, математическое моделирование, ПИД регулятор, MATLAB / Simulink.

Квадрокоптеры находят широкое применение в различных сферах: от любительской аэрофотосъёмки до промышленной инспекции и доставки грузов. Эффективность и стабильность полёта зависят от точности управления приводами несущих винтов.

Цель работы разработать и исследовать математическую модель системы управления приводом несущего винта квадрокоптера, выполнить компьютерное моделирование и проанализировать характеристики системы.

Задачи исследования: разработать математическую модель привода несущего винта; синтезировать алгоритм управления скоростью вращения двигателя; выполнить моделирование в программной среде; проанализировать переходные процессы и устойчивость;

Математическая модель привода несущего винта

Привод несущего винта включает: бесколлекторный эл.двигатель постоянного тока; электронный регулятор скорости (ESC); несущий винт.

Модель электродвигателя

Уравнение динамики электродвигателя: $J \frac{d\omega}{dt} = M_{эм} - M_{нагр}$, где: J — момент инерции ротора и винта, кг·м²; ω — угловая скорость вращ., рад / с; $M_{эм}$ — электромагн. момент, Н·м; $M_{нагр}$ — момент нагр., Н·м.

Электромагн. Мом.: $M_{эм} = kmI$, где: km — коэфф. Мом., Н·м / А; I ток якоря, А.

Уравнение электрического контура: $U = RI + L \frac{dI}{dt} + ke\omega$, где: U — напр. пит., В; R — сопр. обмотки, Ом; L — индукт. обмотки, Гн; ke — коэфф. Пр., В·с / рад.

Модель несущего винта Аэродинамический момент сопротивления:

$M_{нагр} = k_{винт} \omega^2$, где $k_{винт}$ — коэфф. аэродинамического сопр. винта.

Тяга винта: $T = kT \omega^2$, где kT — коэффициент тяги.

Синтез системы управления

Для управления скоростью вращения применяется ПИД - регулятор:

$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$, где: $u(t)$ — упр. воздействие (напряжение);

$e(t)$ — ошибка регулирования ($\omega_{зад} - \omega$); K_p, K_i, K_d — коэфф. пропорциональной, интегральной и дифференц. составляющих.

Компьютерное моделирование

Моделирование выполнено в среде MATLAB / Simulink. Используются блоки:

Transfer Fcn — для моделирования двигателя; PID Controller — для реализации ПИД - регулятора; Scope — для визуализации сигналов; Step — для задания ступенчатого воздействия.

Параметры модели: $J = 0,001$ кг·м²; $km = 0,1$ Н·м / А; $ke = 0,1$ В·с / рад; $R = 0,5$ Ом;

$L = 0,001$ Гн; $k_{винт} = 0,0001$ Н·м·с² / рад².

Коэффициенты ПИД - регулятора: $K_p = 2,0$; $K_i = 1,0$; $K_d = 0,1$.

Результаты моделирования

Получены следующие характеристики: время переходного процесса: $t_p \approx 0,3$ с;

перерегулирование: $\sigma \approx 15$ % ; установившаяся ошибка: $e_{уст} \approx 0,5$ % .

Анализ результатов

Анализ результатов моделирования позволил сделать следующие выводы:

1. ПИД - регулятор обеспечивает приемлемое качество управления скоростью вращения винта.
2. Увеличение K_p сокращает время переходного процесса, но может вызвать перерегулирование.
3. Интегральная составляющая K_i устраняет установившуюся ошибку.
4. Дифференциальная составляющая K_d демпфирует колебания.

В ходе исследования разработана математическая модель привода несущего винта квадрокоптера; синтезирована система управления на основе ПИД - регулятора; выполнено компьютерное моделирование в MATLAB / Simulink; проанализированы динамические характеристики системы; предложены рекомендации по настройке параметров управления.

Результаты моделирования подтверждают работоспособность предложенной системы управления. Дальнейшие исследования могут быть направлены на: моделирование всего квадрокоптера как многомерной системы; учёт внешних возмущений (ветер, турбулентность); разработку адаптивных и робастных алгоритмов управления.

Список используемой литературы

1. MATLAB Documentation. Simulink User's Guide. — MathWorks, 2024.
2. Anderson J. D. Introduction to Flight. — 8th ed. — McGraw, 2022.
3. Журнал «Беспилотная авиация», № 4, 2023. — С. 32–39.

© Бойко А.А., Окил А.М.А. 2026

УДК 004.932.2

Пашко А.Д., кандидат технических наук, доцент
Заведующий кафедрой ТУ УГМК, г. Верхняя Пышма, РФ

Алтунин Л.С.

Аспирант 1 курса Московский университет «Синергия», г. Москва, РФ

АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОГРЕШНОСТЕЙ И МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ В СИСТЕМАХ ВИЗУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА

Аннотация

В статье рассматриваются основные источники погрешностей систем визуального мониторинга, включая геометрические искажения оптики, шумы сенсоров, эффекты дискретизации, нестабильность освещения и окклюзии. Проведена классификация систем по назначению, условиям эксплуатации и архитектуре. Выполнен сравнительный анализ традиционных и нейросетевых методов калибровки камер и обнаружения объектов. Представлены методы повышения точности измерения размеров и координат: субпиксельная локализация, эталонные маркеры, многокадровое усреднение, стереозрение и оценка неопределенности по GUM. На основе выявленных ограничений сформулированы задачи дальнейших исследований.

Ключевые слова

Визуальный мониторинг, погрешности измерений, калибровка камер, машинное зрение, субпиксельная локализация, нейросетевые детекторы, неопределенность измерений.

Pashko A.D.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Head of the Department of TU UGMK, Verkhnyaya Pyshma, Russian Federation

Altunin L.S.

1st year postgraduate student, Moscow University "Synergy", Moscow, Russian Federation

ANALYSIS OF ERROR SOURCES AND METHODS FOR IMPROVING ACCURACY IN VISUAL MONITORING SYSTEMS

Annotation

The article discusses the main sources of errors in visual monitoring systems, including geometric optical distortions, sensor noise, sampling effects, lighting instability and occlusion. The

classification of systems according to purpose, operating conditions and architecture is carried out. A comparative analysis of traditional and neural network methods of camera calibration and object detection has been performed. Methods for improving the accuracy of measuring dimensions and coordinates are presented: subpixel localization, reference markers, multi - frame averaging, stereo vision, and GUM uncertainty estimation. Based on the identified limitations, the tasks of further research are formulated.

Keywords

Visual monitoring, measurement errors, camera calibration, machine vision, subpixel localization, neural network detectors, measurement uncertainty.

Введение

Системы визуального мониторинга широко применяются в промышленности, логистике, безопасности и других областях для контроля геометрических параметров, обнаружения дефектов и отслеживания положения объектов. Ключевым требованием к таким системам является высокая точность измерений и достоверность обнаружения. Однако реальные условия эксплуатации – нестабильное освещение, запыленность, вибрации, частичное перекрытие объектов – а также ограничения аппаратной части (дисторсия оптики, шумы сенсора, дискретизация) приводят к возникновению систематических и случайных погрешностей.

Цель данной работы – систематизировать источники погрешностей, проанализировать существующие методы их компенсации и определить направления повышения точности систем визуального мониторинга.

Основная часть

1. Классификация систем визуального мониторинга и требования к точности

Системы визуального мониторинга классифицируются по нескольким признакам (рис. 1).

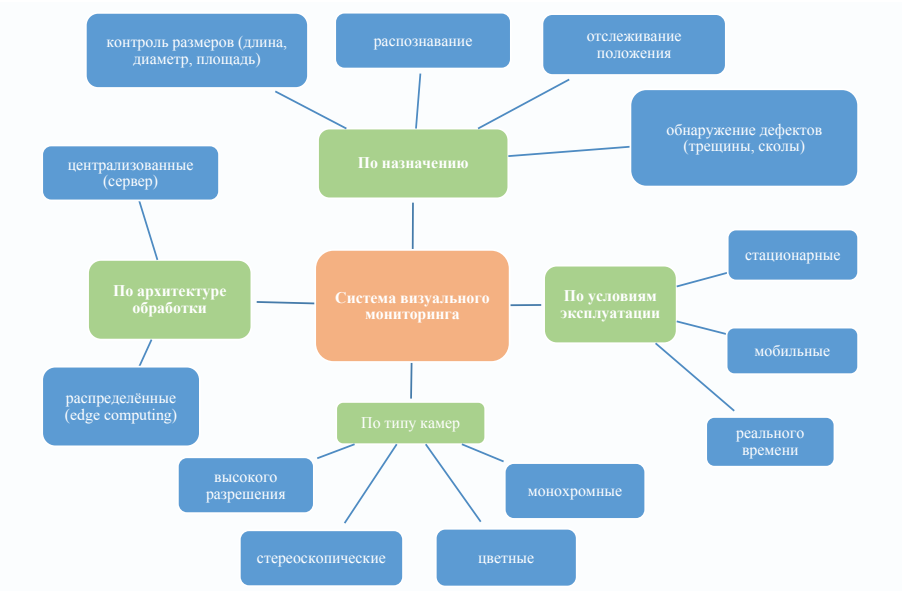


Рисунок 1. Классификация систем визуального мониторинга

По назначению: системы контроля размеров (измерение длины, диаметра, площади); системы обнаружения дефектов (трещины, сколы); системы отслеживания положения; системы распознавания.

По условиям эксплуатации: стационарные (камеры закреплены); мобильные (камеры на подвижных платформах); системы реального времени (частота 25–60 Гц).

По типу камер: монохромные, цветные, стереоскопические, высокого разрешения.

По архитектуре обработки: централизованные (сервер) и распределённые (edge computing).

Требования к точности включают абсолютную и относительную погрешность (например, для контроля диаметра вала $\pm 0,05$ мм при поле 50 мм – относительная погрешность $\leq 0,1$ %), воспроизводимость (не более 1 / 3 допуска), чувствительность, вероятность правильного обнаружения ($\geq 99,5$ % при ложных срабатываниях $\leq 0,1$ %), время реакции (десятки миллисекунд).

2. Основные источники погрешностей

Геометрические искажения оптики. Радиальная дисторсия («бочка» или «подушка») и тангенциальная дисторсия вызывают нелинейное смещение координат, достигающее нескольких процентов от размера кадра. Перспективные искажения возникают при съёмке под углом.

Модель радиальной дисторсии описывается формулами:

$$x_{dist} = x(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) \quad (1)$$

$$y_{dist} = y(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) \quad (2)$$

где $r^2 = x^2 + y^2$, k_1, k_2, k_3 – коэффициенты дисторсии.

Шумы сенсора: темновой (зависит от температуры), фотонный (пуассоновский), считывания (гауссовский), фиксированного узора. Шумы затрудняют выделение границ и вызывают ложные обнаружения.

Эффекты дискретизации: погрешность квантования координат до $\pm 0,5$ пикселя, лестничный эффект на наклонных границах, потеря субпиксельных деталей.

Изменение освещения: неравномерность, блики, тени, дрейф гистограммы.

Окклюзии: потеря информации о контуре, искажение формы, неопределённость оценки площади.

3. Методы калибровки камер и коррекции искажений

Калибровка позволяет перейти от пиксельных координат к метрическим. Выделяют три группы методов:

- Традиционные (фотограмметрические) – используют калибровочные объекты (шахматная доска, круги). Эталон – алгоритм Чжана [1], реализованный в OpenCV. Позволяет оценить матрицу внутренних параметров и коэффициенты дисторсии. Среднеквадратичная ошибка проекции – 0,05–0,5 пикселя.

- Самокалибровка – не требует объекта, основана на эпиполярной геометрии. Точность ниже, но применима в динамических средах.

- Нейросетевые методы – прямая регрессия параметров, оценка карты смещений. Требуют больших размеченных наборов данных.

Коррекция искажений выполняется обратным отображением (backward mapping) с билинейной или бикубической интерполяцией.

4. Алгоритмы обнаружения объектов

Классические методы: HOG+SVM (гистограммы ориентированных градиентов и машина опорных векторов) – вычисляет вектор признаков (3780 для окна 64×128) и передаёт в SVM. Достоинства: интерпретируемость, работа на малых выборках. Недостатки: чувствительность к масштабу и поворотам [2].

SIFT (Scale - Invariant Feature Transform) – выделяет ключевые точки, инвариантные к масштабу и повороту, формирует 128 - мерные дескрипторы. Устойчив к аффинным преобразованиям, но вычислительно сложен [3].

Нейросетевые детекторы: одностадийные (YOLO) – обрабатывают изображение за один проход, скорость до 100–200 FPS на GPU, точность mAP 45–60 % ; двухстадийные (Faster R - CNN) – сначала выделяют области - кандидаты (RPN), затем классифицируют, точность 50–65 %, скорость 5–15 FPS [4].

Сравнение алгоритмов обнаружения объектов приведено в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнение алгоритмов обнаружения объектов

Критерий	HOG+SVM, SIFT	YOLO	Faster R - CNN
Точность (mAP)	30–40 %	45–60 %	50–65 %
Скорость (FPS)	10–20	100–200	5–15
Мелкие объекты	плохо	средне	хорошо
Окклюзии	низкая	средняя	высокая
Требования к данным	десятки	тысячи	тысячи

5. Методы повышения точности измерения размеров и координат

Субпиксельная локализация: интерполяция интенсивностей (точность 0,05–0,1 пикселя), метод моментов (0,01–0,05 пикселя для круглых объектов), подгонка параметрических моделей (прямой, окружности, B - сплайнов).

Использование эталонных маркеров (ArUco, AprilTag) позволяет выполнять калибровку в реальном времени, компенсировать температурные дрейфы и вибрации.

Многокадровое усреднение уменьшает дисперсию шума в $\sqrt{N}$ раз, но неприемлемо для быстрых процессов.

Компенсация температурных дрейфов и вибраций: материалы с низким КТР, моделирование дрейфов, датчики температуры, виброизоляция, короткие выдержки.

Стереозрение – две калиброванные камеры позволяют восстановить трёхмерные координаты, устранить перспективные искажения. Ошибка 0,05–0,1 мм на глубине 1 м.

Оценка неопределённости по GUM: идентификация источников, оценка неопределённости типа А и Б, расчёт суммарной и расширенной неопределённости ($k=2$, доверительная вероятность 95 %). Это позволяет сертифицировать систему [5].

Схема комплексного повышения точности приведена на рисунке (рис. 2)

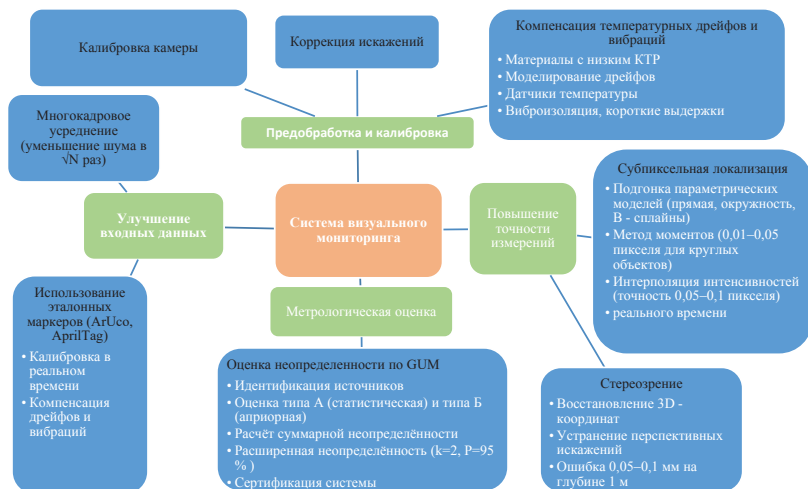


Рисунок 2. Комплексный подход к повышению точности измерений

Целью комплексного подхода является повышение точности измерений (погрешность $<0,1\%$, субпиксельная точность).

Заключение

Проведённый анализ показал, что основные источники погрешностей систем визуального мониторинга – геометрические искажения, шумы, дискретизация, нестабильность освещения и окклюзии. Существующие методы калибровки и коррекции (Чжана, самокалибровка, нейросетевые) снижают систематические погрешности, но не устраняют случайные. Классические алгоритмы обнаружения (HOG+SVM, SIFT) уступают нейросетевым (YOLO, Faster R - CNN) по точности, но выигрывают в интерпретируемости. Для повышения точности измерений эффективны субпиксельная локализация, эталонные маркеры, многокадровое усреднение, стереозрение и оценка неопределённости по GUM.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку адаптивных методов предобработки, модификацию нейросетевых детекторов для улучшения локализации и создание методики комплексной метрологической аттестации.

Список использованной литературы

1. Zhang Z. A Flexible new technique for camera calibration // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2000. – Vol. 22, No. 11. – P. 1330–1334.
2. Dalal N., Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection // Proc. IEEE CVPR. – 2005. – P. 886–893.
3. Lowe D.G. Distinctive image features from scale - invariant keypoints // International Journal of Computer Vision. – 2004. – Vol. 60, No. 2. – P. 91–110.
4. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You only look once: Unified, real - time object detection // Proc. IEEE CVPR. – 2016. – P. 779–788.

5. Garrido - Jurado S., Muñoz - Salinas R., Madrid - Cuevas F.J., Marín - Jiménez M.J. Automatic Generation and Detection of Highly Reliable Fiducial Markers Under Occlusion // Pattern Recognition. 2014. Vol. 47, No. 6. P. 2280–2292.
6. Ren S., He K., Girshick R., Sun J. Faster R - CNN: Towards real - time object detection with region proposal networks // IEEE TPAMI. – 2017. – Vol. 39, No. 6. – P. 1137–1149.
7. Селянкин В.В. Компьютерное зрение. Анализ и обработка изображений: учебное пособие для вузов. — 4 - е изд., стер. — Санкт - Петербург: Лань, 2026. — 152 с. — ISBN 978 - 5 - 507 - 51201 - 0.
8. Ненашев В.А. Компьютерное зрение. Анализ, обработка и моделирование: учеб. пособие. — Санкт - Петербург: ГУАП, 2022. — 78 с.
9. Борисова И.В. Компьютерное зрение. Цифровая обработка и анализ изображений. — 2022.
10. Исаченко А.С., Алейников Д.П., Стародубцева Д.А., Чашин Н.С. Техническое зрение в машиностроении: учебное пособие. — Иркутск, 2025: Иркутский национальный исследовательский технический университет.
11. Peng Z., Zhou J., Wang H., et al. A Comprehensive Survey on Visual Perception Methods for Intelligent Inspection of High Dam Hubs // Sensors. 2024. Vol. 24.
12. Куранов И.А., Манцыгин С.А., Нестеров В.А. Имитационная модель оценки погрешности системы технического зрения // Известия Томского политехнического университета. 2021. Т. 332, № 4.
13. Heikkilä J., Silvén O.A Four - step Camera Calibration Procedure with Implicit Image Correction // Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 1997. P. 1106–1112.
14. Поляков А.Р., Корнилова А.В., Кириленко И.А. Автоматическая калибровка и синхронизация камеры и MEMS - датчиков // Труды ИСП РАН. 2018. Т. 30, № 4. С. 169–182.

© Пашко А.Д., 2026, Алтунин Л.С., 2026

УДК - 519.872:004.85

Поносов Г.А.

бакалавр 4 курса РТУ МИРЭА,

г. Москва, Россия

Матчин В.Т.

старший преподаватель РТУ МИРЭА,

г. Москва, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Аннотация

Настоящая работа представляет собой исследование современных работ на стыке теории систем массового обслуживания (СМО) и методов машинного обучения (МО). Выделены

ключевые направления: прогнозирование характеристик СМО (задержек, перегрузок, длины очереди) с использованием нейронных сетей; оптимизация управления очередями методами глубокого обучения с подкреплением; решение обратных задач (оценивание параметров и состояний); гибридные подходы, основанные на графовых нейронных сетях. Обсуждаются перспективы и нерешенные проблемы, включая интерпретируемость моделей и обобщение на негауссовские потоки.

Ключевые слова

Системы массового обслуживания, машинное обучение, нейронные сети, обучение с подкреплением, оценивание параметров

Ponosov G.A.

4th - year bachelor's student of RTU MIREA,
Moscow, Russia

Matchin V.T.

senior lecturer of RTU MIREA,
Moscow, Russia

MACHINE LEARNING APPLICATION IN QUEUEING THEORY

Annotation

This paper presents research of publications at the intersection of queueing theory and machine learning (ML) methods. It identifies the following key directions: forecasting queueing system performance characteristics (delays, overloads, queue lengths) using neural networks; optimizing queue control via deep reinforcement learning; solving inverse problems (parameter and state estimation); and hybrid approaches based on graph neural networks, among others. Prospects and open problems are discussed, including model interpretability and generalization to non - Gaussian arrival processes.

Keywords

Queueing systems, machine learning, neural networks, reinforcement learning, parameter estimation.

Введение

Теория массового обслуживания (ТМО) на протяжении десятилетий служит основным инструментом анализа и проектирования телекоммуникационных сетей, вычислительных систем, производственных линий, логистических и транспортных узлов, а в последние годы — также облачных платформ и сетей 5G / 6G. Однако классические аналитические методы, опирающиеся на марковские предположения или пуассоновские входные потоки, все чаще сталкиваются с ограничениями при переходе к реалистичным, существенно немарковским и нестационарным сценариям.

Параллельное бурное развитие технологий машинного обучения создало предпосылки для нового синтеза: все большее число исследователей обращаются к нейросетевым и статистическим моделям как к дополнению, а в ряде случаев и к альтернативе классическому анализу СМО.

Цель настоящего обзора — дать целостную картину текущего состояния данного междисциплинарного поля, систематизировав основные результаты и обозначив актуальные направления будущих исследований.

Моделирование и прогнозирование характеристик систем массового обслуживания

Классические аналитические модели (Эрланга, Поллачека–Хинчина) дают точные оценки для стационарных марковских систем, однако при появлении нестационарности, коррелированных потоков, приоритетов или ненадёжных приборов их погрешность резко возрастает. В ответ на это возникло направление, использующее машинное обучение для быстрого и точного предсказания производительности.

Одной из прорывных работ стала модель MBRNN (Moment - Based Recurrent Neural Network), предложенная для очереди $G(t) / GI / 1$. Нейросеть опирается на моменты распределений интервалов поступления и обслуживания и способна предсказывать переходное распределение длины очереди со средней ошибкой менее 3 %, сокращая время вычислений с часов имитационного моделирования до долей секунды. [1]

В развитие этой идеи был создан метод NeuralINQ, нацеленный на немарковские системы с уходом клиентов (abandonment). Он обучается на синтетических данных, рекуррентно оценивает время ожидания в конечном окне и демонстрирует превосходство над классическими тяжелотрафиковыми флюидными аппроксимациями, работая на четыре порядка быстрее имитации. [2]

Параллельно с этим российские учёные из ИПУ РАН исследовали многофазные СМО с MAP - потоком и подтвердили эффективность комбинации имитационного моделирования и машинного обучения при анализе широкополосных беспроводных сетей. [3]

Завершая обзор данного направления, следует упомянуть обширное сравнительное исследование 2024 года, опубликованное в IEEE Transactions on Engineering Management. Оно показало, что для многоканальных систем без серьёзных нарушений классических предположений аналитические модели часто не уступают, а то и превосходят ML по точности, требуя при этом заметно меньше вычислительных ресурсов. Однако при высокой доле приоритетного трафика именно машинное обучение выходит на первый план, обеспечивая более адекватные предсказания. [4]

Оптимизация и управление с помощью обучения с подкреплением

Прогнозирование характеристик — лишь первый шаг; не менее востребованной задачей является автоматическое управление очередями в реальном времени. Глубокое обучение с подкреплением (Deep RL) стало здесь основным инструментом, позволяя синтезировать адаптивные политики маршрутизации, диспетчеризации и балансировки нагрузки.

Фундаментальной в этом направлении считается работа Dai и Gluzman (2022, Stochastic Systems), где алгоритм Proximal Policy Optimization (PPO) был адаптирован для марковских процессов принятия решений с бесконечным пространством состояний и критерием долгосрочных средних затрат. Предложенные авторами процедуры снижения дисперсии позволили обученным политикам превзойти классические эвристики в широком диапазоне нагрузок. [5]

Развивая идеи безмодельного управления, фреймворк RL - QN показал, что оптимальную политику можно выучить вообще без априорного знания модели системы. В то же время специализированная архитектура Switch - Type Policy Network (STN) преодолела проблему переобучения, характерную для стандартных полносвязных сетей, и

продемонстрировала лучшую обобщаемость в новых средах. Для задачи активного управления очередью маршрутизаторов был предложен RL - метод QueuePilot, который обеспечивает высокую утилизацию при низких задержках даже в условиях малых буферов — сценарии, где классические алгоритмы AQM (RED, CoDel) часто пасуют. [6]

Наконец, всё большее внимание уделяется внедрению ограничений на стабильность очереди непосредственно в функцию вознаграждения. Такой подход, апробированный для сетей с граничными вычислениями, позволяет RL - агенту оптимизировать передачу данных, не рискуя уйти в область неустойчивого поведения системы. [7]

Обратные задачи: оценка параметров и состояний

В реальных системах интенсивности потоков и распределения времени обслуживания редко известны заранее, поэтому важным направлением становится обратная задача — восстановление внутренних характеристик СМО по наблюдаемым данным (временам ожидания, длинам очередей и т.п.). Здесь машинное обучение выступает конкурентом традиционным статистическим методам.

Обширный аналитический фундамент был заложен обзором Asanjarani, Nazarathy и Taylor, систематизировавшим классические и байесовские подходы к оцениванию параметров и состояний в очередях. На этом фоне выделяется метод робастного вывода Bandi и Han (2024, Operations Research), позволяющий по истории времени ожидания построить множество, которое с высокой вероятностью содержит неизвестное распределение времени обслуживания, — и всё это без параметрических предположений о характере потока. [8]

В тех случаях, когда часть клиентов покидает очередь, не дождавшись обслуживания (balking), задача усложняется. Сравнительное исследование показало, что Random Forest превосходит как байесовские методы, так и метод максимального правдоподобия (MLE), обеспечивая лучшую точность и скорость оценки трафика в таких условиях. При этом ML - инструментарий находит применение и для более сложных топологий: нейронные сети успешно аппроксимируют стационарное распределение в тандемных системах, а нелинейные модели на основе supervised learning предсказывают заполненность конечного буфера с коэффициентом детерминации R^2 выше 90 % для одного узла. [9]

Таким образом, машинное обучение не только ускоряет численное решение обратных задач, но и позволяет получать статистически обоснованные оценки в ситуациях, где классические методы теряют эффективность из-за неполной наблюдаемости или сложности модели.

Гибридные подходы: синтез классической ТМО и машинного обучения

Понимание того, что чисто «чёрный ящик» часто неприемлем на практике, а аналитические модели ограничены в выразительности, привело к расцвету гибридных архитектур, в которых строгость теории массового обслуживания дополняется гибкостью ML. Такие системы сохраняют интерпретируемость и надёжность, одновременно адаптируясь к сложным реалистичным сценариям.

Наиболее ярким примером служат графовые нейросети, обогащённые признаками из ТМО. Модель RouteNet - Fermi способна предсказывать задержку, джиттер и потери пакетов в крупных сетях (до 300 узлов) со средней относительной ошибкой около 6,2 %, существенно превосходя чисто аналитические методы. Её идейное развитие — QT - RouteNet — улучшило обобщение на ещё большие топологии за счёт дообучения на

робастных признаках, извлечённых из теории очередей; именно этот подход стал победителем ITU Graph Neural Networking Challenge. [10] Другая GNN - модель, TwinNet, нацелена на выявление сложных взаимосвязей между топологией сети, политикой маршрутизации и входящим трафиком, что делает её полезной для задач проектирования. [11]

В области микросервисов интеграция Layered Queueing Networks (LQN) с графовыми нейросетями привела к созданию LQ - GNN — инструмента, точно оценивающего время отклика распределённых приложений. [12] На более высоком уровне абстракции предложен гибридный фреймворк, объединяющий аналитическую модель $M / G / 1 / K$ с методами ML для балансировки нагрузки при строгих ограничениях на время отклика. [13] Наконец, практическая ценность синтеза подтверждается интеллектуальными системами обработки заявок, где NLP - модели уровня BERT комбинируются с классическими моделями СМО ($M / M / 1$, Erlang - C). Такая архитектура позволила на 50 % сократить время обработки запросов и повысить точность маршрутизации до 95 %. [14]

Как видно, гибридный подход не только повышает точность и масштабируемость решений, но и служит мостом между теоретической строгостью и требованиями промышленной эксплуатации.

Заключение

Анализ актуальных публикаций свидетельствует о стремительном становлении нового междисциплинарного поля на стыке теории массового обслуживания и машинного обучения. Пройдя стадию разрозненных экспериментов, направление вступило в фазу зрелости, которая характеризуется появлением систематических обзоров, монографий и формированием единых методологических фреймворков. Ключевые достижения охватывают весь спектр задач: от быстрых нейросетевых аппроксимаций нестационарных очередей до эффективных политик управления на основе глубокого RL, превосходящих классические эвристики; от гибридных GNN - архитектур, обогащенных признаками ТМО, до робастных методов оценивания параметров в условиях неполной наблюдаемости.

Главный вывод, который можно сделать на основании рассмотренных работ — машинное обучение не заменяет классическую теорию очередей, а кардинально расширяет её возможности — именно в тех областях, где аналитические методы исторически упирались в непреодолимые ограничения: нестационарность, немарковские потоки, высокая размерность и неполная информация.

Наиболее перспективными магистралями ближайших лет становятся: обслуживание LLM и систем машинного вывода, где специфика нагрузки порождает принципиально новые классы задач планирования; создание объяснимых и подотчётных гибридных систем, способных работать в ответственных приложениях; автоматизированное построение моделей очередей непосредственно из потоковых данных; и перенос наработанных методов в прикладные области. Решение этих задач определит эволюцию направления в ближайшем будущем и, вероятно, приведёт к появлению нового поколения инструментов, в котором строгость теории массового обслуживания и адаптивность машинного обучения сольются в единый инженерный аппарат.

Список использованной литературы:

1. Sherzer E., Baron O., Krass D., Resheff Y. Approximating $G(t) / GI / 1$ queues with deep learning // European Journal of Operational Research. – 2025. – Vol. 322, no. 3. – P. 889–907. – DOI: 10.1016/j.ejor.2024.12.009.

2. Garyfallos S., Liu Y., Barlet - Ros P., Cabellos - Aparicio A. NeuraliNQ: a neural network method for the transient performance analysis in non - Markovian Queues // Queueing Systems. – 2025. – Vol. 109, no. 4. – DOI: 10.1007 / s11134 - 025 - 09952 - 3.
3. Вишневский В. М., Ларионов А. А., Мухтаров А. А., Соколов А. М. Исследование многофазных систем массового обслуживания с помощью методов машинного обучения // Проблемы управления. – 2024. – № 4. – С. 13–25. – DOI: 10.25728 / pu.2024.4.2.
4. Cohen I., Chocron E., Feigin P. Delay Prediction for Managing Multiclass Service Systems: An Investigation of Queueing Theory and Machine Learning Approaches // IEEE Transactions on Engineering Management. – 2024. – Vol. 71. – P. 4469–4479. – DOI: 10.1109 / TEM.2022.3225737.
5. Dai J. G., Gluzman M. Queueing Network Controls via Deep Reinforcement Learning // Stochastic Systems. – 2022. – Vol. 12, no. 1. – P. 30–67. – DOI: 10.1287 / stsy.2021.0081.
6. Wigmore J., Shrader B., Modiano E. A Novel Switch - Type Policy Network for Resource Allocation Problems: Technical Report // arXiv:2501.11136. – 2025. – DOI: 10.48550 / arXiv.2501.11136.
7. Han L., Zeng T., Zhao J., Bao X., Liu G., Liu Y. Queue Stability - Constrained Deep Reinforcement Learning Algorithms for Adaptive Transmission Control in Multi - Access Edge Computing Systems // Algorithms. – 2025. – Vol. 18, no. 8. – Art. 498. – DOI: 10.3390 / a18080498.
8. Bandi C., Han E., Proskynitopoulos A. Robust queue inference from waiting times // Operations Research. – 2024. – Vol. 72, no. 2. – P. 459–480. – DOI: 10.1287 / opre.2022.0091.
9. Alfa A. S., Abu Ghazaleh H. Machine Learning Tool for Analyzing Finite Buffer Queueing Systems // Mathematics. – 2025. – Vol. 13, no. 3. – P. 346. – DOI: 10.3390 / math13030346.
10. Ferriol - Galmés M., Rusek K., Suárez - Varela J. et al. RouteNet - Fermi: Network Modeling with Graph Neural Networks // IEEE / ACM Transactions on Networking. – 2023. – Vol. 31, no. 6. – P. 2556–2570. – DOI: 10.1109 / TNET.2023.3269983.
11. Ferriol - Galmés M., Paillisse J., Suárez - Varela J. et al. Building a Digital Twin for network optimization using Graph Neural Networks // Computer Networks. – 2022. – Vol. 217. – Art. 109329. – DOI: 10.1016 / j.comnet.2022.109329.
12. Richart M., Contreras A., Muñoz A., Serrat J. LQ - GNN: A Graph Neural Network Model for Response Time Prediction of Microservice - Based Applications in the Computing Continuum // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. – 2025. – Vol. 36, no. 12. – P. 2566–2577.
13. Редругина Н. М., Тарабанов И. Ф. Синтез аналитических моделей и методов машинного обучения для балансировки нагрузки при строгих ограничениях на время отклика // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2025. – Т. 13, № 2. – С. 43–51. – DOI: 10.31854 / 2307 - 1303 - 2025 - 13 - 2 - 43 - 51. – EDN: FMMVHK.
14. Хитрова Т. И., Федотов Н. А. Современные методы автоматизации обработки заявок на основе искусственного интеллекта и теории массового обслуживания // System Analysis & Mathematical Modeling. – 2025. – Т. 7, № 4. – С. 550–562. – DOI: 10.17150 / 2713 - 1734.2025.7(4).550 - 562. – EDN: RGIMMS.

Рзянкин И.С.

ведущий инженер - программист Научной библиотеки,
Сибирский федеральный университет
Красноярск, Россия

Научный руководитель: Носков М.В.

доктор физико - математических наук, профессор
Кафедра прикладной математики и анализа данных,
Сибирский федеральный университет
Красноярск, Россия

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ RETRIEVAL - КОНТЕКСТА В СИСТЕМАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА

Аннотация

В статье рассматриваются методы формирования retrieval - контекста в системах интеллектуального поиска, использующих retrieval - ориентированные архитектуры и генеративные языковые модели. Показано влияние качества retrieved - фрагментов на достоверность генерации ответа. Предложен гибридный подход, сочетающий BM25 и векторный поиск с последующей фильтрацией и повторным ранжированием результатов. Экспериментальная проверка на библиотечном корпусе показала повышение релевантности retrieval - контекста и снижение доли нерелевантных фрагментов по сравнению с отдельным использованием лексического и векторного retrieval.

Ключевые слова

Интеллектуальный поиск, retrieval - augmented generation, retrieval - контекст, hybrid retrieval, BM25, векторный поиск, генеративные языковые модели, информационный поиск, семантический поиск, библиотечные информационные системы.

1. Введение

В последние годы развитие интеллектуальных поисковых систем всё чаще связано с использованием retrieval - ориентированных архитектур, объединяющих алгоритмы информационного поиска и генеративные языковые модели. Такие решения применяются при работе с научными публикациями, цифровыми архивами, библиотечными фондами и корпоративными базами знаний, где пользователю требуется не только подбор релевантных документов, но и получение содержательного ответа на естественном языке. Наиболее распространённым подходом данного класса является Retrieval - Augmented Generation, предполагающий предварительное извлечение текстовых фрагментов, используемых далее в процессе генерации ответа [1, с. 1].

Опыт практического применения retrieval - ориентированных систем показывает, что достоверность итогового ответа зависит не только от параметров языковой модели, но и от качества retrieval - контекста [2, с. 6]. Попадание в контекст нерелевантных, повторяющихся либо плохо согласованных между собой фрагментов способно приводить к снижению точности генерации и появлению фактологических ошибок [3, с. 12]. Особенно остро подобные проблемы проявляются при обработке крупных текстовых массивов,

включающих научные статьи, аннотации, отчёты и иные документы со сложной терминологией и неоднородной структурой.

Для извлечения контекста в современных retrieval - системах используются как лексические методы поиска, в том числе BM25, так и подходы, основанные на векторных представлениях текста [4, с. 4–5; 5, с. 4]. Лексический поиск показывает высокую эффективность при наличии точных терминологических совпадений, однако его возможности ограничены при обработке запросов со сложными семантическими связями. Векторные методы позволяют учитывать смысловую близость текстов [5, с. 1–2], но при этом могут извлекать тематически сходные фрагменты, недостаточно релевантные содержанию конкретного запроса. В связи с этим широкое распространение получили hybrid retrieval - подходы, комбинирующие преимущества лексического и семантического поиска [6, с. 146–147].

Несмотря на активное развитие retrieval - augmented архитектур, задачи формирования retrieval - контекста по - прежнему остаются недостаточно исследованными. Во многих системах retrieved - фрагменты передаются языковой модели без дополнительной фильтрации, оценки согласованности и повторного ранжирования [7, с. 2–3]. Подобные ограничения затрудняют использование retrieval - ориентированных систем в научной и образовательной среде, где принципиальное значение имеют достоверность ответа и возможность проверки используемых источников.

Цель исследования заключается в анализе и разработке методов формирования retrieval - контекста в системах интеллектуального поиска, направленных на повышение релевантности извлекаемых фрагментов и уменьшение влияния шумового контекста на процесс генерации ответа. В работе рассматриваются подходы к комбинированию BM25 и векторного поиска, методы повторного ранжирования retrieved - фрагментов и принципы формирования контекста для последующей обработки языковой моделью. В качестве инструментальной основы используются векторные представления текста, retrieval - механизмы на базе ChromaDB и hybrid retrieval - подходы, ориентированные на работу с текстовыми коллекциями значительного объёма.

2. Результаты исследования

2.1. Особенности формирования retrieval - контекста

В retrieval - ориентированных системах качество итогового ответа определяется не только возможностями используемой языковой модели, но и составом retrieval - контекста, передаваемого на этап генерации. Практика применения Retrieval - Augmented Generation показывает, что даже при использовании современных генеративных моделей наличие нерелевантных или семантически несогласованных фрагментов способно приводить к появлению фактологических ошибок, искажению смысла ответа и снижению его связности. В подобных случаях генеративная модель формирует ответ на основе полученного контекста, не выполняя полноценной проверки достоверности извлечённых данных.

Дополнительную сложность представляет подготовка текстового корпуса к индексированию. В большинстве retrieval - систем документы предварительно разбиваются на отдельные фрагменты фиксированного или адаптивного размера. Разбиение документов на фрагменты позволяет сократить объём текста, передаваемого в retrieval - модуль, и повысить точность поиска по отдельным участкам документа. Однако параметры chunking

существенно влияют на качество итогового retrieval - контекста. При чрезмерном уменьшении размера фрагментов отдельные части текста теряют логическую связанность, вследствие чего retrieved - контекст может содержать неполные или плохо интерпретируемые сведения. С другой стороны, слишком крупные фрагменты увеличивают объём сопутствующей информации, не относящейся непосредственно к пользовательскому запросу. Дополнительные сложности возникают при использовании overlap - перекрытий между соседними фрагментами, поскольку retrieval - система начинает извлекать близкие по содержанию участки текста, содержащие повторяющиеся сведения.

Для формирования retrieval - контекста в подобных системах широко применяются методы лексического поиска, основанные на BM25. Такие алгоритмы эффективно работают в случаях, когда запрос содержит точные терминологические совпадения, фамилии авторов, наименования методов или иные специализированные конструкции, характерные для научных текстов. Вместе с тем подобные методы ограниченно учитывают семантическую близость текста и хуже обрабатывают запросы, содержащие переформулировки или близкие по смыслу конструкции. Векторный поиск, использующий эмбединги текстовых фрагментов, позволяет учитывать контекстную и смысловую близость, однако в ряде случаев извлекает документы, обладающие общей тематической схожестью при недостаточной релевантности конкретному запросу. Особенно заметно данная проблема проявляется при работе с крупными коллекциями научных текстов, содержащих пересекающуюся терминологию.

В связи с этим при формировании retrieval - контекста всё чаще применяются hybrid retrieval - подходы, сочетающие лексическое и семантическое извлечение. Однако даже при комбинировании методов поиска retrieved - фрагменты требуют дополнительной обработки. Использование только top - k retrieval без фильтрации и повторного ранжирования приводит к накоплению шумового контекста, что снижает устойчивость генерации ответа. По этой причине задача формирования retrieval - контекста должна рассматриваться как самостоятельный этап интеллектуального поиска, включающий оценку релевантности, согласованности и информативности извлекаемых текстовых фрагментов.

2.2. Гибридный подход к формированию retrieval - контекста

Для повышения качества retrieval - контекста был реализован гибридный подход, сочетающий методы лексического и семантического поиска. Разработанный подход ориентирован на работу с научными и библиотечными коллекциями, содержащими документы со сложной терминологией, различной структурой и значительным количеством близких по тематике текстовых фрагментов. Использование только лексического retrieval нередко приводит к пропуску материалов, содержащих иные формулировки схожих понятий, тогда как применение исключительно векторного поиска может увеличивать количество семантически близких, но недостаточно релевантных документов. Комбинирование двух подходов позволяет частично компенсировать ограничения каждого из них и повысить устойчивость retrieval - системы при обработке сложных пользовательских запросов.

Процесс формирования retrieval - контекста включает несколько последовательных этапов. Сначала пользовательский запрос одновременно обрабатывается подсистемой BM25 - поиска и модулем векторного retrieval. Далее retrieved - фрагменты объединяются в

единый набор, после чего выполняются удаление повторяющихся результатов, фильтрация близких по содержанию фрагментов и повторное ранжирование документов с учётом их совокупной релевантности запросу. Итоговый retrieval - контекст передаётся языковой модели для генерации ответа. Схема предложенного процесса формирования retrieval - контекста приведена на рисунке 1.

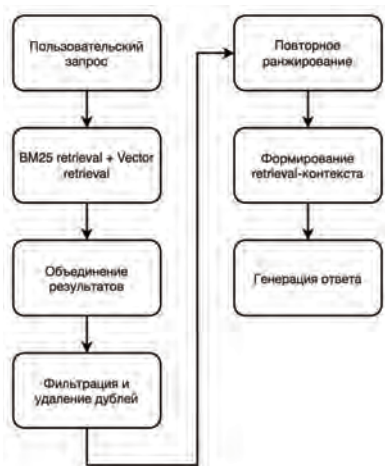


Рисунок 1. Схема формирования retrieval - контекста в гибридной retrieval - ориентированной системе

После объединения результатов выполнялся расчёт интегральной оценки релевантности, учитывающей как степень лексического совпадения, так и семантическую близость retrieved - фрагмента к пользовательскому запросу. Для этого использовалась комбинированная функция ранжирования:

$$Score = \alpha \cdot S_{vector} + \beta \cdot S_{bm25}$$

где S_{vector} характеризует уровень семантического сходства между эмбедингами запроса и retrieved - фрагмента, а S_{bm25} отражает величину лексической релевантности, вычисляемую алгоритмом BM25. Коэффициенты α и β определяют вклад каждой составляющей в итоговую оценку. Применение подобной схемы ранжирования позволяет снизить влияние ситуаций, в которых retrieved - фрагмент демонстрирует высокую семантическую близость при недостаточном тематическом соответствии запросу либо содержит совпадающие ключевые слова без выраженной смысловой связи.

Отдельный этап обработки был связан с фильтрацией retrieved - фрагментов. При анализе библиотечных коллекций retrieval - модуль нередко возвращает фрагменты с высокой степенью текстового или смыслового пересечения, включая соседние части одного документа. Передача подобных результатов в языковую модель приводит к избыточности retrieval - контекста и уменьшает количество уникальной информации, доступной на этапе генерации ответа. По этой причине после объединения результатов выполнялись удаление дублирующихся фрагментов, фильтрация семантически близких

участков текста и ограничение общего объёма retrieval - контекста. Это позволило уменьшить влияние шумовых данных и повысить устойчивость итоговой генерации.

Апробация предложенного подхода проводилась на библиотечном корпусе, включающем библиографические описания, аннотации и фрагменты полнотекстовых научных документов. Проверка выполнялась на запросах различной сложности, связанных с поиском научной литературы и тематически близких публикаций. Полученные результаты и примеры формирования retrieval - контекста приведены в следующем разделе.

2.3. Пример применения подхода

Экспериментальная проверка предложенного подхода проводилась на библиотечном корпусе, включающем библиографические записи, аннотации и фрагменты полнотекстовых документов университетского фонда. При подготовке корпуса документы предварительно разбивались на текстовые фрагменты фиксированного размера с сохранением метаданных, содержащих сведения об авторах, названии документа, типе источника и ссылке на запись в электронном каталоге. Для построения векторных представлений использовались эмбединги, сформированные на основе компактной языковой модели, адаптированной для обработки русскоязычных текстов.

В рамках эксперимента проводилось сравнение трёх подходов к формированию retrieval - контекста: лексического поиска на основе BM25, векторного retrieval и гибридного retrieval - подхода, сочетающего результаты обоих методов с последующим повторным ранжированием retrieved - фрагментов. Проверка выполнялась на наборе пользовательских запросов, связанных с поиском научной литературы, тематически близких публикаций и учебных материалов по направлениям искусственного интеллекта, информационного поиска и библиотечных технологий.

Качество retrieval - контекста оценивалось по метрике Precision@5, а также по доле нерелевантных retrieved - фрагментов в итоговом контексте. Под нерелевантными фрагментами в рамках эксперимента понимались элементы, не содержащие информации, непосредственно связанной с пользовательским запросом либо дублирующие уже извлечённые фрагменты. Результаты такой сравнительной оценки представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Сравнение подходов к формированию retrieval - контекста

Метод retrieval	Precision@5	Доля нерелевантных фрагментов
BM25	0,69	0,31
Vector retrieval	0,75	0,24
Hybrid retrieval	0,84	0,13

Результаты экспериментов показали, что hybrid retrieval обеспечивает более качественное формирование retrieval - контекста по сравнению с использованием только BM25 либо исключительно векторного поиска. Наибольшие различия наблюдались при обработке запросов, содержащих сложные терминологические конструкции, синонимичные формулировки и косвенные тематические связи. В подобных случаях лексический retrieval не всегда позволял извлекать семантически близкие документы, тогда как векторный поиск

нередко возвращал фрагменты с общей тематической схожестью при недостаточном соответствии содержанию запроса.

Существенную роль сыграл и этап дополнительной обработки retrieved - фрагментов. Фильтрация повторяющихся и близких по содержанию участков текста позволила сократить объём нерелевантного контекста, передаваемого языковой модели. После повторного ранжирования retrieval - контекст включал более информативные и тематически согласованные фрагменты, что положительно повлияло на качество итоговой генерации и снизило вероятность появления фактологических неточностей в ответе системы.

3. Заключение

В статье рассмотрены особенности формирования retrieval - контекста в системах интеллектуального поиска, основанных на retrieval - ориентированных архитектурах и генеративных языковых моделях. Проведённый анализ показал, что состав и качество retrieved - фрагментов напрямую влияют на достоверность итогового ответа, особенно при работе с научными и библиотечными текстовыми коллекциями.

В рамках исследования предложен гибридный способ формирования retrieval - контекста, объединяющий методы BM25 и векторного поиска с последующей фильтрацией и повторным ранжированием retrieved - фрагментов. Экспериментальная апробация показала, что применение hybrid retrieval позволяет повысить тематическую релевантность извлекаемых фрагментов и сократить количество шумовых данных по сравнению с использованием отдельных retrieval - механизмов.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения комбинированных retrieval - стратегий при разработке интеллектуальных поисковых систем, предназначенных для обработки научной, образовательной и библиотечной информации.

Список использованной литературы:

1. Lewis P. et al. Retrieval - augmented generation for knowledge - intensive nlp tasks // Advances in neural information processing systems. – 2020. – Т. 33. – С. 9459 - 9474.
2. Sun Z. et al. Redeeep: Detecting hallucination in retrieval - augmented generation via mechanistic interpretability // International Conference on Learning Representations. – 2025. – Т. 2025. – С. 50250 - 50279.
3. Zhang W., Zhang J. Hallucination mitigation for retrieval - augmented large language models: a review // Mathematics. – 2025. – Т. 13. – №. 5. – С. 856.
4. Zaeem J. M. et al. An intelligent article knowledge graph formation framework using bm25 probabilistic retrieval model // Iberoamerican Knowledge Graphs and Semantic Web Conference. – Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. – С. 32 - 43.
5. Karpukhin V. et al. Dense passage retrieval for open - domain question answering // Proceedings of the 2020 conference on empirical methods in natural language processing (EMNLP). – 2020. – С. 6769 - 6781.
6. Gao L. et al. Complement lexical retrieval model with semantic residual embeddings // European Conference on Information Retrieval. – Cham: Springer International Publishing, 2021. – С. 146 - 160.

7. Abdallah A. et al. Rankify: A comprehensive python toolkit for retrieval, re - ranking, and retrieval - augmented generation // arXiv preprint arXiv:2502.02464. – 2025.

© Рзянкин И.С., 2026

УДК 622.276

Сафин М.М.

магистрант 2 курса ТИУ,

г. Тюмень, РФ

ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНО - УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ В КОМПЛЕКСЕ С ГЕОНАВИГАЦИЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОДОБЫЧИ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Аннотация

В статье рассмотрены технологические и экономические аспекты применения роторно - управляемых систем (РУС) в сочетании с методами геонавигации (MWD) и непрерывного каротажа (LWD) при бурении горизонтальных газовых и газоконденсатных скважин. На основе анализа опыта ведущих сервисных и добывающих компаний на месторождениях Западной Сибири (включая Уренгойское НГКМ) показано, что использование РУС становится технологически необходимым при длине горизонтального участка более 800 м. Обоснована эффективность применения РУС для сеноманских, неокомских и ачимовских отложений. Приведены критерии выбора скважин - кандидатов. Выполнено сопоставление технико - экономических показателей для скважин длиной 800 м и 1000 м с представлением результатов в виде относительных приростов. Сделан вывод о целесообразности тиражирования технологии РУС с целью уплотняющего бурения и доработки остаточных запасов.

Ключевые слова

Роторно - управляемые системы (РУС), геонавигация, горизонтальное бурение, газодобыча, Уренгойское НГКМ, неокомские отложения, сеноманская залежь, чистая текущая стоимость (NPV), остаточные запасы, MWD, LWD

Safin M.M.

2st - year master's student of TIU,

Tyumen, Russia

DRILLING WITH MPD PRESSURE CONTROL

Annotation

The article discusses the technological and economic aspects of the use of rotary - controlled systems (ROS) in combination with geonavigation (MWD) and continuous logging (LWD) methods for drilling horizontal gas and gas condensate wells. Based on the analysis of the

experience of leading service and mining companies in the fields of Western Siberia (including the Urengoy NGCM), it is shown that the use of RUS becomes technologically necessary with a horizontal section length of more than 800 m. The effectiveness of the use of RUS for Cenomanian, Neocomian and Achimov deposits is substantiated. The criteria for selecting candidate wells are given. A comparison of technical and economic indicators for wells with a length of 800 m and 1000 m was performed with the presentation of the results in the form of relative increments. It is concluded that it is advisable to replicate the RUS technology for the purpose of sealing drilling and additional development of residual reserves.

Keywords

Rotary - controlled systems (RUS), geonavigation, horizontal drilling, gas production, Urengoy NGCM, Neocomian deposits, Cenomanian deposit, net present value (NPV), residual reserves, MWD, LWD

Интенсификация добычи природного газа на поздних стадиях разработки крупных месторождений Западной Сибири требует внедрения технологий, обеспечивающих точное попадание горизонтального ствола в продуктивные коллекторы с сохранением высоких технико - экономических показателей. Особую актуальность эта задача приобретает для многопластовых месторождений с неоднородным строением, глинистыми включениями и низкой проницаемостью.

Роторно - управляемые системы в комплексе с геонавигацией и непрерывным каротажем относятся к числу наиболее перспективных технологий, позволяющих проводить ствол вдоль напластования пород - коллекторов, минимизируя риск входа в непродуктивные зоны. Цель настоящей работы — на основе фактических производственных данных оценить потенциал применения РУС для основных типов отложений и сформулировать рекомендации по их внедрению.

Согласно накопленному опыту бурения горизонтальных скважин на месторождениях Западной Сибири, необходимость применения роторно - управляемых систем возникает при длине горизонтального участка более 800 м. При меньшей протяжённости управление траекторией возможно традиционными методами, однако с ростом длины возрастают риски искривления, потери проходки и невыхода в целевой интервал.

1. Технологические предпосылки внедрения РУС

Особенно эффективна связка «РУС + MWD (геонавигация) + LWD (непрерывный каротаж)» в осложнённых условиях: наличие глинистых включений, малопроницаемых прослоев, подкровельных зон. Технология позволяет с достаточной уверенностью обеспечивать проходку вдоль коллектора, а также выдерживать безопасное расстояние от водоносных горизонтов — не менее 25 м в кровле, как принято на ряде площадей.

2. Применение РУС для различных типов отложений

Сеноманская залежь.

Для сеноманских отложений проектом предусмотрено строительство дополнительных скважин с горизонтальным отходом до 1000 м с использованием РУС. Критерии отбора зон: остаточные запасы выше порогового значения, эффективная газонасыщенная толщина от 25 м, пластовое давление в определённом диапазоне. Конструкция скважины включает кондуктор диаметром 244,5 мм (спуск до 500 м), эксплуатационную колонну 177,8 мм и хвостовик 114,3 мм.

Неокомские отложения.

На Уренгойском НГКМ неокомские отложения являются основным объектом применения РУС. По результатам опытно - промышленных работ, скважины длиной ствола 1000 м показали стабильные дебиты, превышающие ранее достигаемые значения. Проектным документом на период до 2034 г. предусмотрено бурение значительного числа горизонтальных скважин. Согласно модели Джоши, оптимальная длина горизонтального участка для газоконденсатных скважин составляет 1000 м.

В рамках технико - экономической оценки сравнивались варианты с длиной горизонтального ствола (ГС) 800 м и 1000 м. Результаты в виде относительных приростов при переходе с 800 м на 1000 м представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Относительные изменения
технико - экономических показателей
при увеличении длины ГС с 800 м до 1000 м.

Показатель	Относительное изменение (прирост), %
Накопленная добыча свободного газа	+2,6
Накопленная добыча конденсата	+3,0
Выручка	+3,1
Капитальные вложения (без НДС)	+3,6
Эксплуатационные затраты	+1,8
Чистый денежный доход (ЧД)	+19,4
Чистый дисконтированный доход (ЧДД, ставка 15 %)	+0,8

Как видно из таблицы, наиболее значительный относительный прирост (свыше 19 %) наблюдается по чистому денежному доходу, что обусловлено превышением дополнительной выручки над дополнительными затратами. Рост ЧДД, хотя и более скромный в относительном выражении, подтверждает экономическую целесообразность перехода на длину 1000 м.

Дополнительно рассмотрен вариант уплотняющего бурения с применением РУС. В зонах, удовлетворяющих критериям по остаточным запасам и пластовому давлению, было задано 51 дополнительная скважина. После фильтрации (исключение кандидатов с прогнозируемым ранним выбытием — от 1 до 3 лет — и низким накопленным отбором) сформирован итоговый перечень скважин. На V эксплуатационном объекте новых зон для РУС не выявлено из - за относительно низких фильтрационно - емкостных свойств.

Ачимовские отложения.

При бурении в ачимовских отложениях критическим фактором является разность пластового давления смежных пластов по разрезу. Установлен порог, превышение которого создаёт риск осложнений при прохождении пластов. На картах остаточных запасов выделены рискованные зоны (бурения и двухфазного насыщения), где применение РУС должно быть дополнительно обосновано.

3. Критерии отбора скважин - кандидатов для применения РУС

Обобщая результаты, можно выделить следующие критерии для применения РУС в газодобыче:

Таблица 1 – Критерии РУС

Параметр	Пороговое / целевое значение
Длина горизонтального участка	более 800 м (технологический порог)
Эффективная газонасыщенная толщина (неоком)	не менее 8 м
Эффективная газонасыщенная толщина (сеноман)	не менее 25 м
Остаточные запасы газа (неоком)	выше 0,6 млн м ³ / га
Остаточные запасы газа (сеноман)	выше 1,5 млн м ³ / га
Пластовое давление на момент ввода (неоком)	выше 10 МПа
Пластовое давление (сеноман)	2–6 МПа
Разность давлений между пластами (ачимов)	не более 4 МПа

Экономическая оценка показала, что при соблюдении указанных критериев переход с длины ГС 800 м на 1000 м обеспечивает прирост ЧДД порядка 0,8 % в дисконтированном выражении, что при многомиллиардных объемах инвестиций в масштабе месторождения представляет существенную абсолютную величину.

На основе анализа производственных данных и технико - экономических расчётов по Уренгойскому НГКМ можно сделать следующие выводы:

1. Роторно - управляемые системы являются необходимым элементом при бурении горизонтальных газовых скважин с длиной ствола более 800 м, особенно в условиях неоднородных коллекторов с глинистыми включениями.

2. Комплекс «РУС + MWD + LWD» позволяет эффективно проводить ствол заданной траектории, соблюдать безопасное расстояние от водоносных горизонтов и максимизировать выработку остаточных запасов.

3. Для неокомских отложений оптимальная длина горизонтального участка составляет 1000 м по критерию максимальной продуктивности на единицу затрат (модель Джоши). Прирост чистого денежного дохода при увеличении длины с 800 м до 1000 м превышает 19 %, чистого дисконтированного дохода — около 0,8 % .

4. Дополнительный фонд скважин с РУС потенциально позволяет вовлечь остаточные запасы газа при условии пластового давления выше пороговых значений, однако требуется индивидуальная фильтрация низкорентабельных кандидатов.

5. Для ачимовских отложений необходима предварительная оценка рисков двухфазного насыщения и контроль перепада пластовых давлений (не более 4 МПа).

6. Дальнейшие исследования должны быть направлены на адаптацию алгоритмов геонавигации для автоматического ухода от зон двухфазного насыщения и оптимизацию плотности сетки скважин с использованием РУС.

Научный руководитель: Забоева Марина Ивановна, доцент, кандидат технических наук Тюменского индустриального университета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бастриков С.Н., Кувшинов В.В. Геонавигация и роторно - управляемые системы: современное состояние и перспективы // Нефтегазовое дело. — 2023. — № 2. — С. 45–52.
2. Турбаков М.С., Мелехин А.А., Кривошеков С.Н. и др. Результаты исследований модуля определения пространственного положения системы управления буровым устройством // Нефтяное хозяйство. — 2018. — № 12. — С. 106–108..
3. Байковский Д.И. Преимущество роторно - управляемых систем при бурении скважин с большой протяженностью горизонтального участка // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. — 2023. — № 2. — С. 27–3. — 2020. — № 50 (340). — С. 69 - 71. — URL: <https://moluch.ru/archive/340/76429/> (дата обращения: 04.12.2024).
4. Стельмашонок А.Г. Роторно - управляемые системы в режиме геонавигации на Речицком месторождении нефти при строительстве скважины № 467 // Материалы научно - технической конференции. — Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2022.
5. Мамрук Р.Е. Бурение скважин с помощью роторно управляемых систем / науч. рук. Т.В. Атвиновская // Студенческий научный движ: материалы научно - технической конференции, Гомель, 25 марта 2025 г. — Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2025. — С. 31–32.

© Сафин М.М., 2026

УДК 623.438

Сокол П.А.

канд. техн. наук,

Талдыкин М.М.,

ВУНЦ ВВС "ВВА",

г. Воронеж, РФ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГУСЕНИЧНЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ – ТЯГАЧЕЙ

Аннотация

В статье приведен анализ расчетов нагрузок и других внешних факторов, влияющих на конструктивные особенности гусеничных транспортеров – тягачей

Ключевые слова

Гусеничный, тягач, мощность, проходимость, опорный, торсион

При проектировании гусеничных транспортеров – тягачей необходимо проанализировать особенности условий их эксплуатации, существующие методики расчетов основных узлов и агрегатов, трансмиссии и ходового оборудования с целью

снижения потерь тяговой мощности. Также, необходимо учитывать, что гусеничные транспортеры – тягачи должны обладать высокой проходимостью, причем, имея минимально возможное удельное давление на опорную поверхность (ОП), которое увеличивается с повышением грузоподъемности [1, с. 45].

Для обеспечения оптимального распределения нагрузки по всей длине поверхности контакта гусеничных лент с ОП опорные катки конструктивно располагают на минимальном расстоянии между собой. Конструкция подвески опорных катков должна обеспечивать движение по пересеченной местности с максимально возможной по требованиям безопасности скоростью, а высокая боковая устойчивость должна обеспечить преодоление крутых кренов без опрокидывания. Форма зубчатых венцов ведущих звездочек должна исключить забивание их мокрым снегом.

Конструкция гусеничного движителя без поддерживающих катков, но, с опорными катками большого диаметра, позволяет динамическим нагрузкам от верхних ветвей гусениц при их колебаниях не передаваться на корпус тягача, а через опорные катки воздействовать на ОП. Использование опорных катков большого диаметра компенсируется более высокой долговечностью гусеничного движителя, однако, недостатками такой конструкции являются увеличение массы тягача и наличие неподдрессоренных масс, что обусловлено увеличением динамической нагруженности опорных катков [2].

Для получения одинаковой нагрузки на торсионы и опорные катки необходимо увеличивать их число, что позволит увеличить длину опорной поверхности гусеничных лент до максимального значения, которое зависит от ширины колеи, для обеспечения безопасного поворота тягача на слабонесущих ОП. Однако, удлинение гусеничных лент повысит нагрузки на ведущие звездочки и ленивцы, способствуя их провисанию, что может привести к их сходу с опорных катков.

Расположение механизма передач и поворота непосредственно перед главным фрикционом, в передней части тягача, позволит освободить значительную часть длины тягача для размещения вместительной грузовой платформы, топливных баков, вспомогательного оборудования. При этом, улучшится доступ к основным агрегатам для проведения регулировочных работ и технического обслуживания.

Для получения высоких тягово – динамических показателей необходимо корректно рассчитать удельную мощность силового двигателя, который планируется установить на транспортер – тягач [3, с. 2].

Ряд тягачей имеют вместо рамы несущий корпус, что обеспечивает возможность работы основных узлов и агрегатов при отсутствии грязи и пыли, способность преодолевать водные преграды вследствие герметичности корпуса, лучшие тягово – динамические показатели при движении по глубокому снегу из – за минимального бульдозерного эффекта, более высокую прочность и надежность несущей системы.

В целях увеличения наработки и срока службы основных агрегатов трансмиссии и ходовой части, необходимо при расчетах добиться высокого по величине отношения полезной нагрузки к собственному весу транспортера – тягача. Также, необходимо тщательно рассчитать прочность пола обитаемого модуля (грузовой платформы), с учетом их размеров и габаритов, из – за различных по величине и распределению усилий, нагрузок и реакций в зависимости от способов размещения оборудования и грузов, обеспечить

удобный доступ к узлам и агрегатам моторно – трансмиссионного отделения, распределительной коробке, карданным валам, механизмам системы управления.

А всесторонние комплексные испытания гусеничных транспортеров –тягачей позволят выявить соответствие их реальных технических характеристик заданным требованиям (расход топлива, тягово – динамические показатели и т.д.) основного заказчика.

Данная проблема является актуальной и требует дальнейшего практического изучения.

Список использованных источников:

1.Селиванов И.И. Автомобили и транспортные гусеничные машины высокой проходимости. М.: 1967. – 271с.

2.<http://kursak.net/mnogocelevye-gusenichnye-shassi-v-f-platonov-m73-v-s-kozhevnikov> / ©kursak.net (дата обращения 08.04.2026).

3.Двигатели для военной техники ЯМЗ. ОАО «Автодизель» (Ярославский моторный завод). Ярославль. 2009. – 31с.

© П.А. Сокол, М.М. Талдыкин, 2026

УДК 519.217:658.5:66.012

Тимчук Е.Г., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»,
Россия, Владивосток

ЦЕПИ МАРКОВА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ: ОТ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ К УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВОМ

Аннотация

В статье представлен анализ применения цепей Маркова в целях моделирования технологических процессов. В работе раскрыта сущность цепей Маркова, раскрыты их типовые технологические приложения, описаны этапы их построения, достоинства и недостатки.

Ключевые слова

Цепи Маркова, технологические процессы, управление производством, методика построения, достоинства и недостатки.

Введение.

Реальные технологические процессы редко бывают полностью детерминированными. Всегда есть место случайным факторам: разброс параметров сырья, износ инструмента, сбои датчиков, человеческий фактор. В таких условиях классические аналитические модели (например, системы дифференциальных уравнений) либо слишком сложны, либо не учитывают вероятностную природу событий.

Цепи Маркова позволяют моделировать многоэтапные процессы, в том случае, когда будущее состояние процесса зависит от предыдущего этапа. Для моделирования технологических процессов такое допущение вполне имеет место быть [1, 2].

Таким образом целью данной работы является: анализ применимости цепей Маркова для целей моделирования технологических процессов.

Для достижения цели были сформулированы следующие задачи:

- анализ сущности цепей Маркова;
- анализ типовых технологических приложений цепей Маркова;
- анализ этапов построения цепей Маркова для целей моделирования технологических процессов;
- анализ достоинств и недостатков цепей Маркова. Объектом исследования является моделирование технологических процессов. Предметом исследования является цепи Маркова как инструмент моделирования технологических процессов.

Результаты работы.

Цепи Маркова — это математический аппарат, который позволяет описывать эволюцию системы с дискретными состояниями и вероятностными переходами между ними.

Цепь Маркова задается:

- множеством состояний $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ (например: «производственный агрегат (ПА) работает», «ПА в наладке», «ПА в процессе мойки», «ПА в ремонте»);
- матрицей переходных вероятностей $P = \|P_{ij}\|$, где P_{ij} – вероятность перехода из состояния S_i в состояние S_j за один шаг (один такт времени или операцию);
- начальным распределением вероятностей по состояниям.

Для технологических процессов временной шаг может быть: такт конвейера, час работы, одно обработанное изделие, одна смена.

Цепи Маркова могут быть использованы для следующих технологических приложений:

- моделирование систем контроля качества и управления технологическими процессами;
- моделирование систем анализа надежности и технического обслуживания оборудования;
- моделирование производственных линий с буферами;
- управление запасами сырья и закупками.

Методика построения марковской модели техпроцесса состоит из следующих этапов:

1. Выделить дискретные состояния, важные для цели моделирования. Состояния должны быть взаимно исключающими и наблюдаемыми.
2. Определить такт времени (или шаг процесса). Например, шаг = обработка 1 изделия, 5 минут процесса, 1 смена.
3. Собрать статистику переходов по данным журналов, АСУ ТП, хронометража.
4. Построить матрицу переходных вероятностей. Важно проверить свойство: сумма строки = 1.
5. Провести верификацию: сравнить прогнозные распределения с реальными данными на тестовом периоде.
6. Решить задачу: найти стационарные вероятности, средние времена, оптимизировать управляющие параметры.

Преимущества применения цепей Маркова:

- простота реализации (Excel, Python, R);
- наглядность для лиц, принимающих решения;
- возможность аналитического расчета ключевых показателей без дорогих симуляций;
- естественный учет стохастики реального производства.

Ограничения и подводные камни применения цепей Маркова:

1. Марковское свойство должно выполняться приближенно. Если вероятность отказа зависит от наработки (старение), нужны полумарковские процессы или расширение пространства состояний.

2. Дискретность времени — не все процессы шаговые, иногда удобнее непрерывные цепи Маркова.

3. Размерность — комбинаторный взрыв при большом числе факторов. Например, 10 станков по 3 состояния составляют 59 049 состояний.

4. Сбор данных — для точной оценки P_{ij} нужны тысячи наблюдений.

Заключение.

Цепи Маркова — это не теоретический аспект из раздела математики, а рабочий инструмент инженера - технолога, аналитика и специалиста по качеству и надежности. Они позволяют превратить хаос случайных отказов и разладок в управляемый риск, дать численный прогноз и обосновать решения по обслуживанию, контролю, управлению и планированию. При всех ограничениях (марковость, дискретность) для огромного класса технологических задач этот подход остается золотым стандартом быстрой и наглядной стохастической оценки.

Список использованной литературы:

1. Гнеденко, Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. — 3 - е изд., испр. и доп. — Москва: УРСС, 2005. — 397 с. — Библиогр.: с. 362 - 397. — ISBN 5 - 484 - 00287 - 7.

2. Ховард, Р. А. Динамическое программирование и марковские процессы / Р. А. Ховард; пер. с англ. В. В. Рыкова; под ред. Н. П. Бусленко. — Москва: Советское радио, 1964. — 192 с. — Библиогр.: с. 185.

© Тимчук Е.Г. 2026

УДК 677.017

Шванкин А.М.,

доцент СПбГУПТД, г. Санкт - Петербург, РФ

МУЛЬТИМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ АРАМИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: в статье представлен обзор современных подходов к мультимасштабному моделированию вязкоупругих свойств арамидных материалов. Рассматриваются методы описания механического поведения волокон на макро - , микро - и наноуровнях, а также возможности применения численных расчетов и интеллектуального анализа данных для прогнозирования эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: арамидные материалы, вязкоупругость, мультимасштабное моделирование, метод конечных элементов, молекулярная динамика, прогнозирование свойств.

Арамидные материалы относятся к числу наиболее значимых полимерных материалов технического назначения. Их высокая удельная прочность, жесткость, термостойкость и сравнительно малая плотность определяют широкое применение в производстве защитных тканей, композиционных панелей, армирующих элементов, канатов, деталей авиационной и транспортной техники. В то же время поведение арамидных волокон под действием нагрузок нельзя рассматривать как полностью упругое. Для них характерны вязкоупругие процессы, проявляющиеся в релаксации напряжений, ползучести, накоплении остаточных деформаций и изменении механических характеристик при длительной эксплуатации.

Вязкоупругость арамидных материалов обусловлена особенностями их молекулярной и надмолекулярной структуры. Высокая ориентация макромолекул вдоль оси волокна обеспечивает значительную прочность при растяжении, однако наличие аморфных областей, межмолекулярных взаимодействий и дефектов структуры приводит к временной зависимости механического отклика. При длительном воздействии нагрузки происходит постепенная перестройка структуры материала, перераспределение внутренних напряжений и изменение параметров деформации. Поэтому для достоверной оценки работоспособности арамидных изделий требуется применение расчетных методов, учитывающих не только мгновенную прочность, но и долговременное поведение.

Одним из наиболее эффективных подходов к изучению подобных процессов является мультимасштабное моделирование. Его сущность заключается в объединении моделей, описывающих материал на различных уровнях структурной организации. На макроуровне арамидная ткань или композит рассматриваются как сплошная среда с заданными эффективными свойствами. Такой подход удобен при расчете готовых изделий, поскольку позволяет оценивать распределение напряжений и деформаций в конструкциях сложной формы. На данном уровне наиболее часто применяется метод конечных элементов, который дает возможность учитывать геометрию образца, граничные условия, направление армирования и характер внешнего нагружения.

На микроуровне внимание уделяется структуре нитей, волокон и их взаимодействию с полимерной матрицей или соседними элементами ткани. Для арамидных материалов этот уровень особенно важен, поскольку именно локальные контакты, трение, изгиб нитей и неравномерность распределения нагрузки во многом определяют реальное поведение изделия. Микромоделирование позволяет выявлять зоны концентрации напряжений, прогнозировать начало повреждения и оценивать влияние технологических дефектов на общую долговечность материала.

На наноуровне применяются методы молекулярной динамики и другие атомистические подходы. Они позволяют анализировать движение макромолекул, изменение конформации полимерных цепей, межмолекулярное скольжение и разрыв слабых связей при приложении нагрузки. Такие расчеты дают возможность глубже понять физическую природу вязкоупругости и установить связь между химическим строением арамидного волокна и его механическими характеристиками. Несмотря на высокую вычислительную сложность, молекулярное моделирование является важным источником информации для построения более точных моделей верхних масштабных уровней.

Для описания временной зависимости механического поведения арамидных материалов используются реологические модели. Классические модели Максвелла, Кельвина - Фойгта и их обобщенные варианты позволяют представить материал в виде совокупности упругих

и вязких элементов. С их помощью можно описывать релаксацию напряжений и ползучесть, а также определять параметры, необходимые для инженерных расчетов. Однако реальные арамидные материалы часто демонстрируют нелинейное поведение, поэтому простые модели требуют уточнения за счет введения дополнительных элементов, температурных коэффициентов и функций повреждаемости.

Список использованной литературы:

1. А.В. Демидов, Н.В. Переборова, Д.С. Ледов Компьютерное прогнозирование вязкоупругих процессов арамидных материалов / А. В. Демидов, Н. В. Переборова, А. М. Шванкин, Д. С. Ледов // Дизайн. Материалы. Технология. – 2016. – № 4(44). – С. 76 - 82.

© Шванкин А.М., 2026

УДК 677.017

Шванкин А.М.,

доцент СПбГУПТД, г. Санкт - Петербург, РФ

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕКСТИЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация: в статье представлен обзор современных подходов к комплексной оценке эксплуатационных свойств полимерных материалов текстильного назначения. Рассмотрены основные группы полимерных волокон, физико - механические, технологические и потребительские характеристики, а также методы анализа, применяемые при выборе материалов для различных областей использования.

Ключевые слова: полимерные текстильные материалы, эксплуатационные свойства, физико - механические характеристики, системный анализ, технический текстиль, долговечность.

Полимерные материалы занимают одно из центральных мест в современном текстильном производстве. На их основе создаются ткани, трикотажные полотна, нетканые материалы, технический текстиль, армирующие структуры и композиционные изделия. Широкое распространение полимерных волокон связано с возможностью направленного регулирования их свойств: прочности, эластичности, устойчивости к истиранию, химической стойкости, влагопоглощения, термостойкости и долговечности. В связи с этим комплексная оценка свойств таких материалов является важной задачей текстильного материаловедения.

Полимерные текстильные материалы отличаются большим разнообразием химического состава и структуры. К числу наиболее распространенных относятся полиэфирные, полиамидные, полиакрилонитрильные, полиолефиновые, полиуретановые и гидратцеллюлозные волокна. Каждая группа обладает собственным набором преимуществ и ограничений, что определяет область ее применения. Так, полиэфирные волокна характеризуются высокой формоустойчивостью и стойкостью к светопогодному воздействию, полиамидные — прочностью и сопротивлением истиранию, полиуретановые

— высокой растяжимостью, а вязкозные материалы — хорошими гигиеническими свойствами.

При выборе полимерного материала важнейшее значение имеют физико - механические характеристики. Прочность при растяжении определяет способность материала выдерживать внешние нагрузки без разрушения. Удлинение при разрыве показывает деформационную способность волокна или полотна. Модуль упругости характеризует жесткость материала и его сопротивление деформации. Для материалов технического назначения особенно важны стабильность размеров, сопротивление многократным циклическим нагрузкам и способность сохранять механические показатели в течение длительного периода эксплуатации.

Не менее существенными являются деформационные характеристики, проявляющиеся при реальном использовании текстильных изделий. Полимерные материалы часто демонстрируют вязкоупругое поведение, то есть их свойства зависят не только от величины нагрузки, но и от времени ее действия. При постоянной нагрузке может наблюдаться ползучесть, а при фиксированной деформации — релаксация напряжений. Эти процессы необходимо учитывать при проектировании технического текстиля, защитных материалов, эластичных полотен и изделий, работающих в условиях длительного нагружения.

Динамические свойства также играют значительную роль. В процессе эксплуатации текстильные материалы подвергаются изгибу, растяжению, трению, вибрации и ударным воздействиям. Поэтому важными параметрами являются динамический модуль упругости, устойчивость к усталостному разрушению, тангенс угла механических потерь и сопротивление истиранию. От этих характеристик зависят комфорт, надежность, срок службы и безопасность готового изделия.

Технологические свойства полимерных материалов определяют возможность их переработки в волокна, нити, ткани и нетканые полотна. К таким свойствам относятся термопластичность, способность к формованию, усадка, совместимость с красителями и отделочными препаратами, устойчивость к термофиксации и химической обработке. Технологические параметры особенно важны при массовом производстве, поскольку они влияют на стабильность качества и экономическую эффективность изготовления продукции.

Современные методы модификации позволяют существенно изменять исходные свойства полимерных текстильных материалов. Введение функциональных добавок, нанесение полимерных покрытий, плазменная обработка, применение наночастиц и специальных финишных составов позволяют придавать материалам водоотталкивающие, антистатические, антимикробные, огнезащитные и маслоотталкивающие свойства. Благодаря этому один и тот же базовый полимер может использоваться для создания изделий различного назначения.

Список использованной литературы:

1. Сафонов П.Е. Разработка отечественных вспомогательных текстильных материалов, используемых в процессе изготовления полимерных композиционных материалов / П. Е. Сафонов, Н. М. Левакова // Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения: сборник докладов v всероссийской научно - технической конференции, Москва, 19 ноября 2021 года. – Москва: Всероссийский научно -

УДК 677.017

Шванкин А.М.,

доцент СПбГУПТД, г. Санкт - Петербург, РФ

ОЦЕНКА РЕЛАКСАЦИОННО - ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ КЕВЛАРА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация: в статье рассматриваются особенности релаксационно - восстановительного поведения арамидного волокна кевлар при длительном воздействии механических, температурных и климатических факторов. Проанализированы основные причины изменения физико - механических свойств материала, механизмы структурной перестройки и подходы к повышению долговременной стабильности изделий на основе кевлара.

Ключевые слова: кевлар, арамидные волокна, релаксационные процессы, восстановительные свойства, долговременная стабильность, старение, термоокислительная деструкция.

Кевлар является одним из наиболее известных представителей пара - арамидных волокон и широко применяется в изделиях, где требуется сочетание высокой прочности, малой массы, термостойкости и устойчивости к ударным нагрузкам. Благодаря ориентированной структуре макромолекул и высокой степени межмолекулярного взаимодействия данный материал обладает значительной прочностью при растяжении и высоким модулем упругости. Эти свойства определяют его использование в средствах индивидуальной бронезащиты, композитных конструкциях, армирующих элементах, канатах, технических тканях и деталях, работающих в условиях повышенных нагрузок.

Несмотря на высокие эксплуатационные характеристики, кевлар не является полностью неизменным материалом. В процессе длительной эксплуатации в нем протекают релаксационные и восстановительные процессы, которые могут влиять на прочность, жесткость, деформационную способность и долговечность изделий. Под релаксацией понимается постепенное изменение напряженного состояния материала при сохранении заданной деформации. В полимерных волокнах этот процесс связан с перестройкой макромолекулярных цепей, перераспределением внутренних напряжений и изменением надмолекулярной структуры.

Особенность кевлара заключается в том, что его структура сочетает высокоориентированные кристаллические области и менее упорядоченные участки. Кристаллические зоны обеспечивают высокую прочность и жесткость, а аморфные области в большей степени участвуют во временных деформационных процессах. При внешнем нагружении происходит перераспределение усилий между

различными структурными элементами волокна. В результате часть деформации может быть обратимой, а часть — закрепляться в структуре материала в виде остаточных изменений.

Релаксационно - восстановительные свойства кевлара особенно важны при оценке ресурса изделий, которые длительно находятся под нагрузкой. Например, в армирующих конструкциях, защитных пакетах или силовых элементах материал может испытывать постоянное растяжение, периодические ударные воздействия или циклические деформации. При таких условиях даже незначительные изменения структуры волокна способны постепенно снижать надежность изделия. Поэтому анализ временной стабильности кевлара является необходимым этапом при проектировании ответственных технических материалов.

Температурный фактор оказывает существенное влияние на релаксационные процессы. При умеренном нагреве возрастает подвижность отдельных участков макромолекул, что может способствовать частичному снятию внутренних напряжений и восстановлению структуры после деформации. Однако длительное воздействие повышенных температур приводит к противоположному эффекту: ускоряются процессы термоокислительной деструкции, нарушаются химические связи, изменяется надмолекулярная организация волокна. В результате снижаются прочностные показатели и уменьшается способность материала сопротивляться повторным нагрузкам.

Влажность также влияет на долговременную стабильность кевлара. Хотя арамидные волокна обладают достаточно высокой химической стойкостью, присутствие влаги может способствовать развитию гидролитических процессов, особенно при повышенной температуре или в щелочной среде. Влага проникает в структуру материала и изменяет характер межмолекулярных взаимодействий. Это может приводить к снижению жесткости, изменению деформационных характеристик и ускорению старения волокна.

Существенным фактором старения является ультрафиолетовое излучение. При длительной эксплуатации на открытом воздухе поверхность кевларовых волокон может подвергаться фотохимической деградации. УФ - излучение инициирует разрыв химических связей и образование дефектов в поверхностных слоях материала. Несмотря на то что изменения могут начинаться с поверхности, при длительном воздействии они способны влиять на общую прочность и надежность изделия, особенно если волокна не защищены покрытиями или матрицей.

Список использованной литературы:

1. Осипов, А. В. свойства кевлара в структуре ВОК под действием равномерного переменного электромагнитного поля высокой напряженности / А. В. Осипов, Е. В. Гороховский // Транспорт - 2011: Труды Всероссийской научно - практической конференции. В 3 - х частях, Ростов - на - Дону, 01–31 мая 2011 года. Том Часть 1. – Ростов - на - Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2011. – С. 320 - 322.

© Шванкин А.М., 2026

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: в статье рассматриваются современные методологические подходы к прогнозированию деформационного поведения полимерных текстильных материалов. Проанализированы особенности механического отклика волокнистых структур, возможности применения математических и компьютерных моделей, а также значение экспериментальной идентификации параметров для повышения достоверности расчетов.

Ключевые слова: полимерные текстильные материалы, деформационное поведение, математическое моделирование, метод конечных элементов, вязкоупругость, дискретное моделирование, прогнозирование.

Полимерные текстильные материалы занимают важное место в современной промышленности благодаря широкому диапазону физико - механических свойств и возможности их целенаправленного регулирования. К данной группе относятся материалы на основе полиэфирных, полиамидных, арамидных, полиуретановых и других волокон, применяемые в производстве одежды, технического текстиля, композитов, защитных конструкций и специальных изделий. Их поведение под нагрузкой определяется не только свойствами исходного полимера, но и структурой волокон, типом переплетения, плотностью материала, условиями обработки и характером внешнего воздействия.

Деформационное поведение полимерных текстильных материалов отличается сложностью и многофакторностью. В отличие от однородных конструкционных материалов, текстильные полотна имеют выраженную иерархическую структуру. На нижнем уровне находятся макромолекулы и надмолекулярные образования, далее следуют отдельные волокна, нити, элементы переплетения и, наконец, готовое текстильное полотно или многослойный пакет. На каждом из этих уровней возникают собственные механизмы деформирования: растяжение волокон, изгиб нитей, трение между элементами, проскальзывание, уплотнение структуры и перераспределение внутренних напряжений.

Особое значение имеет тот факт, что полимерные материалы редко демонстрируют идеально упругое поведение. Для них характерны вязкоупругость, ползучесть, релаксация напряжений и зависимость механических характеристик от скорости нагружения. При кратковременном воздействии материал может вести себя как достаточно жесткая система, тогда как при длительной нагрузке в нем постепенно развиваются дополнительные деформации. Поэтому при прогнозировании эксплуатационных характеристик необходимо учитывать не только величину нагрузки, но и продолжительность ее действия.

Одним из основных инструментов математического моделирования остается метод конечных элементов. Он позволяет представить исследуемый объект в виде совокупности малых элементов, для которых численно решаются уравнения механики деформируемого твердого тела. Применительно к текстильным материалам данный метод дает возможность рассчитывать поля напряжений и деформаций, оценивать жесткость, прочность, устойчивость к локальным нагрузкам и характер распределения усилий между элементами

структуры. Особенно важным является учет анизотропии, поскольку свойства текстильного материала вдоль и поперек направления нитей могут существенно различаться.

При моделировании тканых и трикотажных структур необходимо учитывать геометрию переплетения. Нити в таких материалах имеют криволинейную форму, контактируют друг с другом и могут смещаться при нагружении. Это приводит к нелинейному характеру деформации, особенно на начальных стадиях растяжения, когда происходит распрямление и переориентация нитей. Для корректного описания таких процессов расчетная модель должна учитывать контактное взаимодействие, трение, изгибную жесткость и возможное локальное сжатие элементов.

Для материалов с выраженной волокнистой или пористой структурой перспективным является метод дискретных элементов. В рамках данного подхода материал представляется как совокупность отдельных взаимодействующих частиц, волокон или сегментов. Это позволяет описывать процессы, которые трудно учесть в классической модели сплошной среды: локальное проскальзывание, разрыв отдельных связей, изменение плотности укладки, перераспределение контактов и постепенное разрушение структуры. Такой подход особенно важен при исследовании нетканых материалов, фильтровальных полотен и рыхлых волокнистых систем.

Модели механики континуума также сохраняют большое значение. Они позволяют рассматривать текстильный материал как сплошную анизотропную среду с усредненными свойствами. Такой подход удобен при анализе крупных изделий и многослойных конструкций, когда детальное описание каждого волокна становится чрезмерно сложным. В рамках континуальных моделей могут использоваться определяющие соотношения упругости, вязкоупругости, гиперупругости и повреждаемости. Их параметры определяются на основе экспериментальных испытаний.

Список использованной литературы:

1. А.А. Козлов, О.С. Воронина, К.В. Валуев Методы математического моделирования деформационных процессов арамидных текстильных материалов / А. А. Козлов, О. С. Воронина, К. В. Валуев [и др.] // Вестник Санкт - Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2021. – № 2. – С. 24 - 32.

© Шванкин А.М., 2026

УДК 677.017

Шванкин А.М.,
доцент СПбГУПТД, г. Санкт - Петербург, РФ

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННО - ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация: в статье рассматриваются современные подходы к моделированию релаксационных и деформационных процессов, возникающих в текстильных материалах

технического назначения под действием длительных и переменных нагрузок. Проанализированы основные реологические модели, особенности их применения, значение экспериментальной идентификации параметров и возможности использования расчетных методов для прогнозирования эксплуатационной надежности материалов.

Ключевые слова: текстильные материалы технического назначения, математическое моделирование, релаксация, деформация, вязкоупругость, ползучесть, прогнозирование, механические свойства.

Текстильные материалы технического назначения представляют собой важный класс современных материалов, применяемых в промышленности, строительстве, транспорте, медицине, защитных системах и производстве композиционных изделий. В отличие от традиционных бытовых тканей, технический текстиль выполняет не только декоративные или гигиенические функции, но и воспринимает значительные механические нагрузки, обеспечивает армирование, фильтрацию, защиту, стабилизацию или передачу усилий. Поэтому к таким материалам предъявляются повышенные требования по прочности, долговечности, стабильности размеров и устойчивости к деформации.

Особенностью текстильных материалов технического назначения является их сложная волокнистая структура. Полотно, нить или многослойный пакет формируются из множества взаимосвязанных элементов, которые могут изгибаться, растягиваться, смещаться относительно друг друга и взаимодействовать через силы трения. Кроме того, большинство современных технических текстильных материалов изготавливается на основе полимерных волокон, для которых характерно вязкоупругое поведение. Это означает, что механический отклик материала зависит не только от величины приложенной нагрузки, но и от времени ее действия.

К числу наиболее значимых процессов относятся релаксация напряжений и ползучесть. Релаксация проявляется в постепенном снижении напряжения при сохранении постоянной деформации. Ползучесть, напротив, выражается в увеличении деформации при постоянной нагрузке. В реальных условиях эксплуатации данные процессы могут протекать одновременно и оказывать существенное влияние на работоспособность изделия. Например, силовая лента, армирующий слой композита или геотекстильное полотно могут постепенно изменять свои размеры и напряженное состояние, что необходимо учитывать при проектировании.

Одной из базовых моделей является модель Максвелла. Она хорошо описывает релаксацию напряжений и позволяет показать, каким образом напряжение в материале уменьшается во времени при фиксированной деформации. Такая модель полезна при анализе материалов, работающих в условиях длительного растяжения или закрепления. Однако простая модель Максвелла не всегда достаточно точно описывает поведение реального технического текстиля, поскольку в волокнистой структуре одновременно протекает несколько процессов с различными временами релаксации.

Список использованной литературы:

1. Моделирование вязкоупругих свойств полимерных материалов / И.М. Егоров, А. А. Козлов, В. В. Кондрашов [и др.] // . – 2015. – № 3. – С. 52 - 57.

© Шванкин А.М., 2026

АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНОГО РЕЛАКСАЦИОННО - ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация: в статье рассматриваются особенности нелинейного релаксационно - деформационного поведения текстильных материалов технического назначения. Проанализированы причины возникновения нелинейных эффектов, влияние уровня напряжений, скорости нагружения, температуры и влажности, а также возможности применения математических моделей для прогнозирования эксплуатационных свойств волокнистых материалов.

Ключевые слова: технический текстиль, нелинейные процессы, релаксация, деформация, вязкоупругость, математическое моделирование, полимерные волокна, прогнозирование.

Текстильные материалы технического назначения применяются в условиях сложного механического воздействия, где от материала требуется не только высокая прочность, но и способность сохранять стабильные характеристики в течение длительного времени. К таким материалам относятся армирующие ткани, геотекстиль, фильтровальные полотна, защитные материалы, кордные структуры, медицинский текстиль и элементы полимерных композитов. В процессе эксплуатации они подвергаются растяжению, изгибу, сдвигу, циклическим нагрузкам, температурным перепадам и воздействию влаги. Поэтому их поведение нельзя сводить к простым линейным зависимостям между напряжением и деформацией.

Нелинейность механического поведения текстильных материалов обусловлена несколькими причинами. Во - первых, сами полимерные волокна обладают вязкоупругими свойствами, то есть их деформация зависит не только от величины приложенной нагрузки, но и от времени ее действия. Во - вторых, текстильная структура является неоднородной и состоит из большого числа взаимодействующих элементов. Нити могут выпрямляться, смещаться, проскальзывать, изгибаться и перераспределять нагрузку между собой. В - третьих, при достаточно высоких напряжениях в материале начинают развиваться микрповреждения, меняющие его жесткость и прочность.

В линейной постановке предполагается, что механические параметры материала остаются постоянными, а деформация пропорциональна напряжению. Однако для реального технического текстиля такое допущение справедливо только в ограниченном диапазоне малых нагрузок. При увеличении деформации наблюдается изменение модуля упругости, появление остаточной деформации и зависимость результата от предшествующей истории нагружения. Именно поэтому для достоверного описания поведения требуется использование нелинейных моделей.

Ползучесть также имеет нелинейный характер. При постоянной нагрузке деформация текстильного материала может постепенно увеличиваться, причем скорость этого увеличения зависит от уровня напряжения. При малых нагрузках ползучесть может быть

незначительной и обратимой, но при повышенных напряжениях возникают необратимые изменения структуры: смещение нитей, нарушение контактов между волокнами, локальное повреждение полимерной основы. В результате после снятия нагрузки материал не полностью возвращается к исходному состоянию.

Модель Кельвина - Фойгта в нелинейной постановке может использоваться для анализа ползучести технического текстиля. В этом случае деформация рассматривается как сумма мгновенной упругой составляющей и запаздывающей вязкоупругой компоненты. Если коэффициенты модели зависят от уровня напряжений, появляется возможность описывать ускорение ползучести при росте нагрузки. Это важно для материалов, работающих в условиях длительного растяжения, например геотекстиля, армирующих лент и кордных тканей.

Для описания сложных релаксационных процессов применяются интегральные модели наследственной вязкоупругости. Они учитывают не только текущее значение деформации, но и всю предшествующую историю нагружения. Такой подход особенно важен для технических материалов, которые подвергаются многократным циклам нагрузки и разгрузки. История нагружения может влиять на накопление остаточных деформаций, изменение жесткости и способность материала к восстановлению.

Существенное влияние на нелинейное поведение оказывают внешние условия. Повышение температуры увеличивает подвижность макромолекул полимерных волокон, что ускоряет релаксацию напряжений и развитие ползучести. Влажность может изменять межмолекулярные взаимодействия, снижать жесткость отдельных волокон и влиять на трение между элементами структуры. Поэтому математические модели, предназначенные для инженерного прогнозирования, должны учитывать температурно - временную и влажностную зависимость свойств.

Список использованной литературы:

1. Моделирование вязкоупругих свойств полимерных материалов / И.М. Егоров, А. А. Козлов, В. В. Кондрашов [и др.] // . – 2015. – № 3. – С. 52 - 57.

© Шванкин А.М., 2026

УДК 004.056.5

Шванкин А.М.,

доцент СПбГУПТД, г. Санкт - Петербург, РФ

ПРОАКТИВНАЯ МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОБЗОР МЕТОДОВ АКТИВНОГО АУДИТА

Аннотация: в статье рассматривается проактивная модель обеспечения информационной безопасности, основанная на регулярном выявлении уязвимостей, проверке устойчивости информационных систем и оценке готовности организации к современным киберугрозам. Проанализированы основные направления активного аудита,

включая тестирование на проникновение, анализ уязвимостей, оценку человеческого фактора, мониторинг сетевой активности и проверку организационных мер защиты.

Ключевые слова: информационная безопасность, активный аудит, проактивная защита, анализ уязвимостей, тестирование на проникновение, киберугрозы, корпоративная безопасность.

Современная информационная инфраструктура организаций становится все более сложной и распределенной. Корпоративные сети включают серверы, рабочие станции, облачные сервисы, мобильные устройства, веб - приложения, системы удаленного доступа и промышленные компоненты. Одновременно возрастает количество киберугроз, направленных на нарушение конфиденциальности, целостности и доступности данных. В этих условиях традиционная модель защиты, основанная только на межсетевых экранах, антивирусных средствах и разграничении доступа, уже не обеспечивает достаточного уровня устойчивости.

Одним из наиболее актуальных направлений развития информационной безопасности является проактивный подход. Его сущность заключается в том, что организация не ожидает факта атаки, а заранее выявляет слабые места своей инфраструктуры, оценивает вероятность их эксплуатации и принимает меры по снижению рисков. Такой подход позволяет перейти от реактивной модели, ориентированной на устранение последствий инцидентов, к превентивной модели, направленной на предупреждение нарушений безопасности.

Активный аудит информационной безопасности представляет собой комплекс мероприятий, направленных на практическую оценку защищенности информационных систем. В отличие от формальной проверки документации, активный аудит предполагает анализ реального состояния инфраструктуры, настроек сервисов, защищенности приложений, корректности прав доступа и готовности персонала к противодействию угрозам. При этом все мероприятия должны проводиться только в санкционированном порядке, в заранее определенных границах и с учетом требований законодательства и внутренних регламентов организации.

Одним из центральных методов активного аудита является тестирование на проникновение. Его задача состоит в контролируемой имитации действий потенциального нарушителя с целью выявления уязвимостей и оценки реального уровня защищенности. Такой подход позволяет определить, насколько эффективно работают существующие технические и организационные меры защиты. Результатом тестирования является не только перечень выявленных недостатков, но и рекомендации по их устранению, приоритизированные по уровню риска.

Важным направлением является анализ уязвимостей. Он включает проверку сетевых узлов, серверов, приложений, баз данных и пользовательских устройств на наличие известных слабых мест, ошибок конфигурации, устаревших версий программного обеспечения и недостаточно защищенных сервисов. Регулярное проведение такого анализа позволяет своевременно обнаруживать проблемы, возникающие после обновлений, изменения архитектуры или подключения новых систем. При этом автоматизированные средства должны дополняться экспертной оценкой, поскольку не все риски могут быть корректно определены только машинным способом.

Значительную роль в обеспечении безопасности играет оценка человеческого фактора. Даже при наличии современных технических средств защиты сотрудники организации могут стать объектом психологического воздействия, фишинговых рассылок или иных способов получения конфиденциальной информации. Поэтому в рамках активного аудита важно анализировать уровень осведомленности персонала, эффективность обучения, соблюдение правил работы с учетными данными и способность сотрудников распознавать подозрительные ситуации. Такая оценка должна проводиться корректно и этично, с целью повышения культуры безопасности, а не наказания отдельных работников.

Отдельного внимания заслуживает анализ сетевой активности. Мониторинг трафика, журналов событий, попыток подключения и действий пользователей позволяет выявлять признаки аномального поведения. В корпоративной среде это особенно важно, поскольку многие атаки развиваются постепенно: сначала нарушитель получает ограниченный доступ, затем пытается расширить привилегии, перемещаться внутри сети и получить доступ к критически важным ресурсам. Своевременное обнаружение таких признаков позволяет предотвратить развитие инцидента на ранней стадии.

© Шванкин А.М., 2026

УДК 004.056.5

Шванкин А.М.,

доцент СПбГУПТД, г. Санкт - Петербург, РФ

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПРОАКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация: в статье представлен обзор инструментальных средств, применяемых для проактивной оценки защищенности информационных систем. Рассмотрены основные категории программного обеспечения для сетевой разведки, анализа уязвимостей, тестирования веб - приложений, мониторинга сетевого трафика и автоматизации аудита безопасности. Особое внимание уделено практическому значению таких инструментов в корпоративной среде и необходимости их регламентированного применения.

Ключевые слова: информационная безопасность, активный аудит, инструменты безопасности, сканирование уязвимостей, анализ сетевого трафика, тестирование защищенности, проактивная защита.

Современные информационные системы включают большое количество взаимосвязанных компонентов: серверы, рабочие станции, сетевое оборудование, базы данных, веб - приложения, облачные сервисы и средства удаленного доступа. Чем сложнее становится инфраструктура, тем выше вероятность появления ошибок конфигурации, устаревших версий программного обеспечения, слабых учетных данных и иных уязвимостей. В связи с этим организациям требуется не только внедрять защитные средства, но и регулярно проверять их эффективность с использованием специализированного программного инструментария.

Инструментальные средства проактивной оценки защищенности позволяют выявлять слабые места информационной системы до того, как они будут использованы злоумышленниками. Их применение дает возможность проводить активный аудит, моделировать отдельные действия нарушителя, анализировать сетевую активность, проверять корректность настроек и формировать рекомендации по устранению недостатков. При этом важно подчеркнуть, что такие инструменты должны использоваться только в рамках санкционированных проверок, с разрешения владельца информационной системы и в соответствии с утвержденными регламентами.

Первым этапом активного аудита обычно является сбор информации о проверяемой инфраструктуре. Для этого применяются средства сетевого сканирования и инвентаризации. Они позволяют определить активные узлы, открытые порты, используемые протоколы, версии сервисов и типы операционных систем. Полученная информация необходима для построения карты сети и выбора дальнейших методов анализа. Одним из наиболее известных инструментов данного класса является Nmap, который широко используется для первичной сетевой разведки и оценки доступности сервисов.

Средства сетевого сканирования помогают выявлять не только структуру инфраструктуры, но и потенциально опасные конфигурации. Например, открытые административные интерфейсы, ненужные сетевые службы, доступные из внешнего сегмента порты или устаревшие версии сервисов могут указывать на повышенный уровень риска. Однако результаты сканирования требуют профессиональной интерпретации, поскольку сам факт открытого порта не всегда означает наличие уязвимости, а закрытый порт не гарантирует полной безопасности.

Следующей важной категорией являются сканеры уязвимостей. Они предназначены для автоматизированной проверки систем на наличие известных проблем безопасности. Такие средства используют базы данных уязвимостей и сигнатур, сопоставляя обнаруженные версии программного обеспечения и настройки с известными рисками. Сканеры уязвимостей могут применяться для проверки серверов, рабочих станций, сетевых устройств, баз данных и веб - сервисов. К распространенным представителям данного класса относятся Nessus, OpenVAS и другие аналогичные решения.

Сканеры уязвимостей существенно повышают эффективность аудита, поскольку позволяют быстро обработать большое количество узлов. Они формируют отчеты, в которых указываются обнаруженные недостатки, уровень критичности и рекомендации по устранению. Однако автоматизированный результат не должен восприниматься как окончательный вывод. Для корректной оценки риска необходимо учитывать контекст: назначение системы, наличие компенсирующих мер защиты, доступность уязвимого сервиса извне и возможные последствия эксплуатации.

Отдельное направление составляют платформы для тестирования на проникновение. Они используются специалистами по безопасности для проверки практической возможности эксплуатации выявленных уязвимостей. В отличие от обычного сканирования, тестирование на проникновение ориентировано на оценку реального сценария атаки. Такие платформы объединяют базы вспомогательных модулей, средства проверки, механизмы документирования и инструменты анализа результатов. Их применение требует высокой квалификации и строгого соблюдения границ тестирования.

Значительное место в современном аудите занимают инструменты анализа веб - приложений. Веб - сервисы часто становятся объектом атак, поскольку они доступны пользователям через интернет и взаимодействуют с базами данных, системами авторизации и внутренними сервисами. Для проверки веб - приложений применяются прокси - инструменты, сканеры, средства анализа запросов и тестирования механизмов аутентификации. Такие решения позволяют выявлять ошибки контроля доступа, небезопасную обработку пользовательского ввода, проблемы управления сессиями и некорректные настройки безопасности.

© Шванкин А.М., 2026

УДК 004.056.5

Шванкин А.М.,
доцент СПбГУПТД,
г. Санкт - Петербург, РФ

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕКО - ЦЕНТРИЧНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 5.0

Аннотация: в статье рассматриваются особенности обеспечения кибербезопасности человеко - центричных цифровых систем в условиях развития концепции Индустрии 5.0. Проанализированы новые вызовы, связанные с расширением промышленного Интернета вещей, взаимодействием человека и интеллектуальных машин, обработкой персональных данных, применением искусственного интеллекта и повышением требований к устойчивости информационных систем. Рассмотрены основные направления защиты, включая безопасность на этапе проектирования, управление рисками, мониторинг угроз, развитие культуры безопасности и обеспечение непрерывности функционирования.

Ключевые слова: информационная безопасность, Индустрия 5.0, киберфизические системы, промышленный Интернет вещей, искусственный интеллект, человеко - машинное взаимодействие, защита данных, устойчивость.

Развитие цифровой экономики и промышленности сопровождается переходом от концепции Индустрии 4.0 к более сложной и социально ориентированной модели Индустрии 5.0. Если Индустрия 4.0 в основном акцентировала внимание на автоматизации, роботизации, больших данных и цифровой интеграции производственных процессов, то Индустрия 5.0 делает центральным элементом человека. В новой парадигме технологии рассматриваются не только как средство повышения производительности, но и как инструмент расширения человеческих возможностей, обеспечения устойчивого развития и повышения адаптивности организаций.

В условиях Индустрии 5.0 информационная безопасность приобретает особое значение. Цифровые системы становятся более открытыми, взаимосвязанными и интеллектуальными. Производственные процессы всё чаще включают промышленные датчики, роботизированные комплексы, системы искусственного интеллекта, облачные

платформы, цифровые двойники и средства удаленного мониторинга. Расширение цифрового периметра приводит к увеличению числа потенциальных точек атаки, а зависимость физических процессов от программных решений повышает возможный ущерб от киберинцидентов.

Одной из ключевых особенностей Индустрии 5.0 является человеко - центричность. Человек не исключается из производственного процесса, а включается в него как активный участник, взаимодействующий с интеллектуальными машинами, аналитическими системами и роботизированными устройствами. Такое взаимодействие создает новые требования к безопасности. Необходимо защищать не только технические каналы передачи данных, но и интерфейсы взаимодействия, учетные записи пользователей, персональные данные, биометрические сведения, а также процессы принятия решений, в которых участвуют как человек, так и автоматизированные алгоритмы.

Развитие промышленного Интернета вещей значительно усложняет задачу защиты. Датчики, контроллеры, исполнительные устройства и системы мониторинга формируют распределенную среду, в которой каждый элемент может стать потенциальной точкой входа для нарушителя. Многие устройства имеют ограниченные вычислительные ресурсы, длительный жизненный цикл и не всегда поддерживают современные механизмы обновления. В результате даже небольшой уязвимый компонент способен создать риск для всей производственной системы.

Особую опасность представляют атаки на киберфизические системы. В отличие от традиционных информационных атак, направленных преимущественно на похищение данных или нарушение работы программного обеспечения, атаки на промышленные системы могут повлиять на реальные технологические процессы. Нарушение работы датчиков, подмена управляющих команд или искажение данных мониторинга может привести к остановке производства, повреждению оборудования, снижению качества продукции или возникновению угрозы для безопасности персонала.

Еще одним вызовом является широкое применение искусственного интеллекта. Интеллектуальные алгоритмы используются для прогнозирования отказов, оптимизации производства, обнаружения аномалий, управления роботизированными системами и анализа больших массивов данных. Однако сами модели искусственного интеллекта также нуждаются в защите. Возможны риски некорректного обучения, искажения входных данных, нарушения целостности обучающих выборок и ошибочной интерпретации результатов. Поэтому безопасность интеллектуальных систем должна рассматриваться как отдельное направление общей стратегии защиты.

Важной проблемой становится защита персональных и производственных данных. Индустрия 5.0 предполагает глубокую индивидуализацию продукции и услуг, что требует обработки значительных объемов информации о клиентах, сотрудниках, технологических процессах и характеристиках оборудования. Утечка таких данных может привести не только к финансовым потерям, но и к нарушению доверия со стороны партнеров и потребителей. Поэтому необходимо применять комплексные меры по управлению доступом, шифрованию, контролю жизненного цикла данных и минимизации избыточного сбора информации.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННО - ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: в статье рассматриваются современные подходы к компьютерному прогнозированию релаксационно - деформационных свойств полимерных текстильных материалов. Проанализированы особенности механического поведения волокнистых структур, роль математических и численных моделей, значение экспериментальных данных, а также возможности применения цифровых методов для оценки долговечности и эксплуатационной надежности технического текстиля.

Ключевые слова: полимерные текстильные материалы, компьютерное прогнозирование, релаксация, деформация, вязкоупругость, технический текстиль, математическое моделирование, долговечность.

Полимерные текстильные материалы являются важной основой современного технического текстиля. Они применяются в производстве армирующих тканей, защитных материалов, геотекстиля, фильтровальных полотен, композитных конструкций, канатов, ремней и других изделий, работающих в условиях длительного или переменного нагружения. В отличие от материалов бытового назначения, технические текстильные материалы должны сохранять свои свойства при воздействии механических нагрузок, температуры, влажности, трения и других эксплуатационных факторов.

Особенностью полимерных текстильных материалов является сложная структурная организация. Их свойства определяются не только химической природой волокна, но и степенью ориентации макромолекул, кристалличностью, видом переплетения, плотностью укладки нитей, наличием покрытий и способом технологической обработки. В результате механическое поведение таких материалов не всегда может быть описано простыми линейными зависимостями. Под действием нагрузки в них протекают процессы растяжения, изгиба, смещения волокон, трения, релаксации напряжений и накопления остаточных деформаций.

Наиболее важными проявлениями временной зависимости свойств являются релаксация и ползучесть. Релаксация напряжений наблюдается в том случае, когда материал находится в состоянии постоянной деформации, а возникающее в нем напряжение постепенно уменьшается. Ползучесть, напротив, проявляется в увеличении деформации при постоянной нагрузке. Эти процессы особенно характерны для полимерных волокон, поскольку их макромолекулярная структура способна перестраиваться во времени под действием внешних факторов.

Компьютерное прогнозирование позволяет заранее оценивать развитие таких процессов и определять возможное изменение свойств материала в ходе эксплуатации. Применение расчетных методов особенно важно в тех случаях, когда проведение длительных натурных испытаний требует значительных затрат времени. Например, для оценки долговременной работоспособности геотекстиля, армирующих лент или арамидных тканей необходимо учитывать не только мгновенную прочность, но и постепенное изменение деформационных характеристик.

Одним из основных инструментов компьютерного прогнозирования является математическое моделирование. Для описания релаксационно - деформационного

поведения применяются реологические модели, основанные на сочетании упругих и вязких элементов. Упругие элементы характеризуют способность материала сопротивляться мгновенной деформации, а вязкие элементы описывают постепенное изменение состояния во времени. Наиболее известными являются модели Максвелла, Кельвина - Фойгта и их обобщенные варианты.

Простые реологические модели позволяют объяснить основные закономерности поведения материала, однако для реальных полимерных текстильных структур часто требуется использование более сложных схем. Это связано с тем, что в материале одновременно протекает несколько процессов с различной скоростью: перестройка макромолекул, смещение нитей, изменение контактных взаимодействий, локальное уплотнение структуры и накопление микроразрывов. Поэтому обобщенные модели, включающие набор элементов с различными временами релаксации, позволяют получить более точное описание экспериментальных данных.

Метод конечных элементов является важным численным инструментом для анализа напряженно - деформированного состояния текстильных материалов и изделий на их основе. С его помощью можно моделировать поведение ткани, нити, многослойного пакета или композитной конструкции под действием различных нагрузок. Данный метод позволяет учитывать геометрию изделия, направление армирования, анизотропию свойств, контактное взаимодействие между слоями и сложные граничные условия.

Важной задачей является параметризация расчетной модели. Для этого используются результаты экспериментальных испытаний на растяжение, релаксацию, ползучесть, циклическое нагружение и восстановление после деформации. На основе таких испытаний определяются модули упругости, коэффициенты вязкости, времена релаксации, предельные деформации и другие параметры. Чем точнее экспериментальная база, тем выше достоверность компьютерного прогноза.

© Шванкин А.М., 2026

УДК 62 - 7

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

А.В.Жердев

кандидат пед.наук, старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev_a@mail.ru

Д.В.Анохин

адъюнкт ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

АЛГОРИТМ ЗАЩИТЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. На основе передового опыта и в согласовании с заводами - изготовителями образцов наземных транспортных средств, разрабатывается и испытывается оборудование эффективной защиты и способы применения на образцах наземных транспортных средств.

Ключевые слова: композит, транспортные средства, эффективность.

В условиях современных военных конфликтов, где мобильность и манёвренность играют ключевую роль в успехе боевых операций, обеспечение защиты колёсных транспортных средств, становится всё более актуальной задачей. Бронирование колёс является одним из способов повышения живучести образцов наземных транспортных средств и обеспечения безопасности личного состава. Существует несколько методов бронирования колёс для образцов наземных транспортных средств. Один из наиболее распространённых — это использование специальных шин с усиленным кордом и боковинами. Такие шины способны выдерживать воздействие осколков и пуль, обеспечивая тем самым дополнительную защиту. Однако этот метод имеет свои ограничения, так как увеличение массы и жёсткости шин может негативно сказаться на управляемости и проходимости образцов наземных транспортных средств.

Другим методом является установка специальных защитных дисков или ободов, которые могут быть изготовлены из стали или композитных материалов. Эти диски обеспечивают дополнительную защиту от ударов и повреждений, но также увеличивают массу колёс и требуют дополнительных затрат на производство и установку.

Ещё одним перспективным направлением является разработка специальных покрытий для колёс, которые могут обеспечить защиту от различных видов воздействия, таких как огонь, химические вещества и т. д. Эти покрытия могут быть нанесены на поверхность колёс или интегрированы в структуру материала, из которого они изготовлены. С развитием технологий и появлением новых материалов открываются новые возможности для совершенствования методов бронирования колёс. Одним из перспективных направлений является использование композитных материалов, которые обладают высокой прочностью и лёгкостью. Композитные материалы могут быть адаптированы под конкретные требования к защите колёс, что позволяет создавать более эффективные и экономичные решения. Создание накладок из кевлара способствует бронированию колёс от прямых попаданий осколков, также обеспечивает защиту от стрелкового оружия. Кевларовая защита способствует снижению веса образцов наземных транспортных средств, увеличивает проходимость и снижает расход топлива. Снижение расхода топлива способствует увеличению дальности хода образцов наземных транспортных средств, что в свою очередь увеличивает ее живучесть.

Стоит обратить внимание на разработку интеллектуальных систем бронирования, которые смогут автоматически адаптироваться к условиям окружающей среды и обеспечивать оптимальную защиту колёс в зависимости от угрозы. Это позволит повысить эффективность бронированных колёс и снизить их стоимость. Кроме того, перспективным направлением является интеграция бронированных колёс с системами активной защиты, такими как системы обнаружения и противодействия угрозам. Это позволит не только защитить колёса от внешних воздействий, но и предотвратить их повреждение до того, как оно произойдёт. Таким образом, развитие технологии бронирования колёс образцов наземных транспортных средств, представляет собой перспективное направление, которое может привести к созданию более эффективных и надёжных решений для обеспечения безопасности образцов наземных транспортных средств в различных условиях.

Список использованной литературы:

1. Монография Перспективные автомобильные базовые шасси, силовые двигатели, специальное оборудование ЧОУ ОП Гудков В.В. Сокол П.А. и др. г. Воронеж: Монография ВУНЦ ВВС «ВВА», 2020. – 441 ил.376

2. Монография Влияние различных типов дорожных покрытий на износ автомобильных пневматических шин Гудков В.В. Сокол П.А. и др. г. Воронеж: Монография ВУНЦ ВВС «ВВА», 2023г.

© А.Н.Янин. А.В. Жердев. Д.В.Анохин. 2026г.

УДК 621.878

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

А.В.Жердев

кандидат пед.наук, старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev_a@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СОСТОЯНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация: Создаваемые в настоящее время, образцы транспортных средств специального назначения, являются высокотехнологичными сложными техническими системами. Вопрос постоянной технической готовности образцов транспортных средств специального назначения, к выполнению задач, является особенно актуальным.

Ключевые слова: АКБ, двигатель, контрольно - тренировочный цикл арктический регион, мороз, панель накопления энергии, температура, полимерное углеводородное волокно..

Создаваемые в настоящее время, ТССН, являются высокотехнологичными сложными техническими системами. В свете сегодняшних реалий, применение мощных аккумуляторных батарей (АКБ), обусловлено трудностью пуска дизельного ДВС, высокими пиковыми нагрузками, расходом электроэнергии для привода механизмов масляной системы, обеспечивающих прокачку и создание давление в ней, а также периодичностью использования данных АКБ для совместной работы с генераторами СО, аэродромного подвижного электроагрегата. Стартерные АКБ имеют ряд преимуществ перед воздушным запуском: многократное использование, управление процессом запуска, быстроедействие в осуществлении подготовки и запуска, работа независимо от источника заряда сжатым воздухом. КПД электростартерного пуска гораздо выше пневматического. При всех положительных аспектах электростартерного пуска сильное негативное влияние на процесс запуска дизельного ДВС СО оказывает температура окружающей среды. Пуск ДВС СО, должен осуществляться не более чем за 3 попытки с интервалом 5 минут и продолжительностью не более 25–30 секунд. Нормативный срок службы АКБ составляет 5–6 лет, что предъявляет высокие требования к вопросам эксплуатации и обслуживания. В настоящее время вопрос постоянной готовности ТССН к выполнению задач, является особенно актуальным, так как от их работы зависит боевая готовность и срок службы ВС.

Применение негерметичных АКБ позволяет своевременно производить подзарядку и проводить КТП. Использование АКБ в районах крайнего севера или в арктическом регионе при интенсивной эксплуатации (множественное количество запусков двигателя специального оборудования, во время производства полетов или обеспечения перелетающих ВС) не обеспечивает их своевременный подзаряд автономными системами заряда постоянным током при эксплуатации ТССН. Так при ежедневном пуске ДВС без применения совместного пуска сжатым воздухом в количестве 15–20 пусков в сутки в условиях низких температур приводит к глубокому разряду АКБ, сульфатации пластин и выпадению активной массы, что существенно снижает их срок службы.

Из анализа графика стендовых заводских испытаний в зависимости от времени пуска, представленном на рисунке 1, следует, что при запуске двигателя специального оборудования, сила тока в начальный момент составляет 140 А, затем резко увеличивается до величины 1500 А, спустя 15–20 секунд принимает значение 250 А. Длительность запуска составляет 30 секунд. После запуска необходима пауза не менее 5.30 минуты для восстановления АКБ. В результате стендовых заводских испытаний батареи 6СТ - 190ТРН было установлено, что при температуре электролита 20°С количество запусков составляет 18, а при минус 20°С количество запусков значительно снижается и составляет 6–8. Этот факт убедительно показывает на кардинальные изменения пусковых процессов при различных температурах электролита.

Таким образом, основываясь на результатах заводских испытаний АКБ 6СТ - 190ТРН и учитывая результаты испытаний, приходим к выводу: АКБ, установленные на ТССН, эксплуатируемых в районах крайнего севера или в арктическом регионе, особенно при контрастных температурах окружающего воздуха, что приводит к интенсивному износу АКБ. Все вышеперечисленные факторы требуют поиска дополнительных источников питания или конструктивных решений для облегчения пуска двигателя СО. Использование новейших технологий в новых и перспективных образцах ТССН, становится очевидным конкурентным преимуществом. Например, применение энергонакапливающих кузовных панелей позволит поменять тяжелые и громоздкие АКБ, на более тонкие и легкие, а также минимизировать расход горючего. Для изготовления энергонакапливающих кузовных панелей, используется полимерное углеводородное волокно и смолы. Пополнение запасов энергии производится подключением к промышленной электрической сети или альтернативный способ — использование системы рекуперации энергии тормозов, позволяющий использовать кинетическую энергию ТССН. Причем времени для зарядки такой батареи требуется намного меньше, чем для стандартной АКБ. Новый и перспективный материал имеет очевидные преимущества: прочность и легко изменяемую форму, а также, одно из достоинств подобных панелей — существенное снижение массы ТССН.

Список литературы:

1. Хрусталева Д.А. Аккумуляторы. М.: Изумруд, 2003. 224 с
2. ГОСТ Р 53165–2008. Батареи аккумуляторные свинцовые стартерные для автотракторной техники. Общие технические условия.

3.Макаров С.В., Щуров Н.И., Бахвалова А.В. Исследование режимов работы стартерных аккумуляторных батарей в системах пуска двигателей тепловозов // Фундаментальные исследования. 2015. № 8–3. С. 496–500.

© А.Н.Янин. А.В. Жердев. 2026г.

УДК 629.33

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

А.В.Жердев

кандидат пед.наук, старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev _ a@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ НА СИЛОВЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. Инновационный вектор развития научных, технических, технологических сфер промышленности требует создания новых и перспективных образцов транспортных средств специального назначения (ТССН), характерной спецификой которых является применение высокотехнологичных сложных технических систем, компактности, мобильности и хорошей защищенности.

Ключевые слова: мобильность, гидромеханическая коробка передач, трансмиссия, агрегат, тягово - скоростные свойства, экономичность, моторесурс.

Трансмиссия ТССН, может стать модулем, параметры которого позволят выполнить задаваемые требования и условия, при создании и эксплуатации перспективных образцов. Соответственно, внедрение функции дистанционного управления ТССН в условиях различного рода помех, например, применения средств радиоэлектронной борьбы, в ближайшем времени приобрести черты очевидного преимущества, перспективных образцов. Гидромеханическая коробка передач – это трансмиссия высокой проходимости с автоматическим управлением, которая поддерживает необходимую скорость ТССН на разных режимах движения, упрощая процесс вождения. Чтобы мгновенно начать движение, после нажатия педали газа, и защитить двигатель от перегрузки, в образце установлена трансмиссия, она также способна изменять крутящий момент, ускоряя или замедляя ТССН. Этот агрегат трансмиссии называется коробка переключения передач. Гидромеханическое управление облегчает и упрощает действия водителя, снимая часть его обязанностей, обеспечивает плавность и бесшумность работы АКПП повышает комфортность вождения, как при трогании с места, так и при разгоне. Стоит добавить, что ГМП защищает двигатель и коробку от динамических нагрузок, которые может создать водитель, постоянно выжимая газ. Основные элементы гидромеханической коробки передач: 1.гидротрансформатор; 2.масляный насос; 3.коробка передач; 4.система управления.

Гидромеханическая коробка передач работает за счёт движения жидкости, которую качает масляный насос. Главный «потребитель» масла гидротрансформатор. ГДТ преобразует и передаёт крутящий момент от коленчатого вала в трансмиссию через работу жидкости. Гидромеханическая коробка передач имеет возможность автоматизации каждого узла, что делает трансмиссию перспективной, в работе долговечной при регулярном ТО и соблюдении условий и правил эксплуатации.

Перспективы в развитии гидромеханической коробки передач: 1. гидромеханическая коробка передач постоянно совершенствуется; 2. меняются кинематические схемы; 3. - отрабатываются новые алгоритмы электронного управления; 4. снижается расход топлива и выбросов; 5. повышается скорость и плавность работы.

Разработчики и производители изготавливают ГМП разных типоразмеров, различной мощности. Применение современных интеллектуальных автоматизированных систем управления и диагностики сосредоточено на повышение эффективности характеристик ТССН и обеспечения безопасности водителя. Гидромеханическая коробка передач адаптирована к автоматизации, что расширяет выбор вариантов диверсификации работоспособности и ремонтпригодности узлов, агрегатов, систем и механизмов, а также вероятного использования гидромеханической трансмиссии на ТССН. Тягово - скоростные свойства ТССН: проходимость, экономичность, а также управляемость шасси в значительной степени определяется совершенством и техническим уровнем ГМТ. В свою очередь, конструкция, технические решения узлов и агрегатов трансмиссии существенно влияют на моторесурс двигателя, долговечность работы его основных механизмов. Обеспечение живучести и сохранение технической готовности ТССН, достигается надёжной и долговечной работой агрегатов обеспечивающих их подвижность при обеспечении полетов. Гидромеханическая коробка передач (гидротрансформатор, работающий в комбинации с механической коробкой передач) в значительной мере: 1. упрощает управление ТССН; 2. увеличивает проходимость, за счет силы тяги при незначительных скоростях движения и отсутствию разрыва мощности при переключении передач, при движении по непрочным грунтам, снегу или песку; 3. повышает срок эксплуатации двигателя внутреннего сгорания и трансмиссии, вследствие защиты звеньев силовой передачи от ударных нагрузок; 4. способствует улучшению динамических качеств ТССН; 5. повышает производительность, при определенных условиях; 6. при наличии в автомобиле ГМТ существенно облегчается работа водителя, управление осуществляется лишь педалью акселератора и при необходимости педалью тормоза; 7. ГМТ обеспечивает плавное трогание с места и плавный разгон ТССН; 8. в результате плавного возрастания тягового усилия на колесах уменьшается возможность их буксования и повышается проходимость ТССН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанченко Э.П., Филатов П.П. Техническое оборудование. М.: МО СССР, 1988. 364 с.
2. Медведков В.И., Билык С.Т. Автомобили КамАЗ - 5320, КамАЗ - 4310. М.:, 1987. 372 с.
3. Мазлов Н.Д., Трусов С.М. Гидромеханические коробки передач. М.: Машиностроение, 1971. 293 с.

© А.Н.Янин. А.В. Жердев. 2026г.

АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. Использование в перспективных образцах транспортных средств специального назначения новейших технологий и оборудования становится очевидным конкурентным преимуществом. Вектор развития научных, технических, технологических сфер промышленности требует создания новых и перспективных образцов транспортных средств специального назначения, характерной спецификой которых является применение высокотехнологичных сложных технических систем, компактности и мобильности.

Ключевые слова: мобильность, гидромеханическая коробка передач, трансмиссия, агрегат, тягово - скоростные свойства, экономичность, моторесурс.

Транспортные средства специального назначения (ТССН) на базе автомобилей семейства Урал, являются одним из наиболее соответствующих всем требованиям по эксплуатационным характеристикам, в том числе и по силовой передаче. Однако улучшение ряда показателей силовой передачи путем применения на данном типе шасси гидромеханической трансмиссии, позволило бы улучшить ряд эксплуатационных показателей, таких как: тягово - скоростные свойства, проходимость, экономичность, определяющих в целом тактико - технические характеристики транспортного средства.

Тягово - скоростные свойства транспортного средства: проходимость, экономичность, а также управляемость шасси в значительной степени определяется совершенством и техническим уровнем ГМТ. В свою очередь, конструкция, технические решения узлов и агрегатов трансмиссии существенно влияют на моторесурс двигателя, долговечность работы его основных механизмов. Обеспечение живучести сохранения и технической готовности ТССН, достигается надежной и долговечной работой агрегатов обеспечивающих их подвижность при обеспечении полетов.

Отличия эксплуатации ТССН с ГМТ, по сравнению с механической, заключается лишь в изменении технического обслуживания и ремонта, проводимого на ГМТ.

Обслуживание ГМТ включает:

1. Проверку уровня масла, доливку и смену его.
2. Регулировку отдельных элементов.
3. Правильная эксплуатация.

Для предотвращения различных неисправностей необходимо правильно пользоваться ГМТ. Пуск двигателя, необходимо осуществлять только при нейтральном положении рукоятки управления. Для движения в нормальных дорожных условиях рукоятку нужно

установить в соответственное положение и процесс осуществляется на соответствующих передачах с автоматическим их переключением.

Пониженная передача, включаемая перемещением рукоятки на определенную метку, применяется в дорожных условиях, при необходимости интенсивного разгона, например, при обгоне или торможения двигателем на крутых спусках. Перемещать рукоятку в некоторые положения можно на ходу ТССН. Включать соответствующую передачу на ходу ТССН так же можно нажатием на педаль до отказа. Задний ход можно включать только при полной остановке образца ТССН.

В настоящее время в конструкциях образцов ТССН используют трансмиссии различного типа: механические, гидро и электромеханические, гидрообъемные, комбинированные. Большое распространение получили гидромеханические трансмиссии с блокируемым гидротрансформатором и гидрообъемным механизмом поворота. Такой вид трансмиссии имеет как плюсы, так и минусы. К плюсам можно отнести: удобство управления, плавную передачу мощности от двигателя на ведущие звездочки. В сравнении с механическими, гидромеханические трансмиссии имеют ряд недостатков: высокую стоимость, низкий КПД, малую ремонтпригодность, большие габариты и массу. Именно большие массогабаритные размеры являются самым большим недостатком данных трансмиссий, так как напрямую влияет на размер образца ТССН и приводит к необходимости увеличения требуемой мощности силовой установки.

Отличительной особенностью конструкции является то, что зачастую на образцах ТССН: трансмиссия, силовой блок, система смазки, система охлаждения объединены в один узел, образуя модуль. Данное техническое решение позволяет обеспечить оперативность восстановления работоспособности путем замены неисправного модуля на исправный или отремонтированный (восстановленный). Ремонт же вышедшего из строя модуля, производят в ремонтных организациях или силами мобильных средств ремонта (ремонтно - восстановительных органов).

При всех своих достоинствах применение гидромеханических трансмиссий в тяжеловесных образцах ТССН проблематично, зачастую не представляется возможным. Прежде всего, это обусловлено высокой величиной требуемой установочной мощности гидрообъемной передачи в механизме поворота, для обеспечения достаточных показателей подвижности ТССН при ее криволинейном движении.

Также относительно новой и перспективной конструкцией для образцов ТССН, является электромеханическая трансмиссия. В настоящее время электромеханическая трансмиссия существуют только в экспериментальных и опытных образцах.

Исходя из вышеперечисленного, нельзя забывать, что большое количество хорошо зарекомендовавших себя образцов ТССН, которые уже требует модернизации с целью повышения тактико - технических характеристик, в том числе требований к маневренности. Поэтому в процессе научно технических изысканий нацеленных на создание новой трансмиссии с различными механизмами, для перспективных ТССН, необходимо найти технические решения и пути применения научно - технического прогресса для модернизации применяемых трансмиссий, находящихся на вооружении. Показатель маневренности является основным, давая возможность быстро изменять скорость и направление движения, подвижность, поворотливость, проходимость зависит от параметров двигателя, совершенства конструкции ходовой части, трансмиссии, механизма

поворота, навыков управления. Гидромеханическая трансмиссия в ТССН используется с 1940 - х годов, а совершенствование с целью повышения силовых и динамических характеристик происходит постоянно. С тех пор АКПП стала более функциональной и надёжной. Новые конструкции позволяют совершенствовать систему управления и повышать технические характеристики, а значит расширять сферу применения гидромеханических коробок передач в ТССН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанченко Э.П., Филатов П.П. Техническое оборудование. М.: МО СССР, 1988. 364 с.
2. Медведков В.И., Билык С.Т. Автомобили КамАЗ - 5320, КамАЗ - 4310. М.: 1987. 372 с.
3. Мазлов Н.Д., Трусов С.М. Гидромеханические коробки передач. М.: Машиностроение, 1971. 293 с.
4. Ионкин Ю.П., Разин П.П. Основы проектирования силовых передач тяжёлых транспортных машин. Гидромеханические и гидрообъёмные передачи. М.: 1975. 238 с.

© А.Н.Янин. А.В. Жердев. 2026г.

УДК 629.37

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж, РФ

А.В.Жердев

кандидат пед. наук, старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev_a@mail.ru

ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация: рассмотрим каким образом происходит формирование, регулирование и изменение различных давлений, используемых в системе управления автоматических коробок передач.

Ключевые слова: давление, модель, скорость, трансмиссия, механизмы, условия эксплуатации.

В начале 17 - го века французский ученый Паскаль открыл закон гидравлического рычага. Дальнейшие исследования Паскаля с использованием грузов и поршней различной площади показали, что гидравлические системы можно использовать в качестве усилителей, а соотношения между силами и перемещениями в гидравлической системе подобны соотношениям сил и перемещений в рычажной механической системе.

Закон Паскаля гласит: "Давление на поверхности жидкости, вызванное внешними силами, передается жидкостью одинаково во всех направлениях". В правом цилиндре создается давление пропорциональное площади поршня и приложенному усилию. Если к

поршню приложено усилие 100 кг, а его площадь - 10 см^2 , то созданное давление будет равно $100 \text{ кг} / 10 \text{ см}^2 = 10 \text{ кг} / \text{см}^2$. Вне зависимости от формы и размеров системы давление жидкости одинаково во всех точках. Естественно, если жидкость не сжимать, то давление создаваться не будет. К этому могут привести например, утечки через уплотнения поршня. Поэтому уплотнение поршня играет важную роль в обеспечении нормальной работы гидравлической системы.

Рассмотрим теперь принципы работы элементов, входящих в состав гидравлической части системы управления АКПП. Проанализируем каким образом происходит формирование, регулирование и изменение различных давлений используемых в системе управления автоматических коробок передач, назначение и принципы работы других клапанов, их взаимодействие при переключении передач. Кроме того, будет показано, каким образом осуществляется управление качеством переключения. Поток жидкости в АКПП создается насосом, расположенным в передней части картера трансмиссии между гидротрансформатором и коробкой передач. Обычно, насос приводится непосредственно от двигателя через корпус гидротрансформатора и приводную втулку. Основная задача насоса, обеспечение независимо от режима работы двигателя непрерывным потоком ATF всех обслуживаемых систем.

Для управления коробкой передач ATF от насоса через систему клапанов подводится к исполнительным элементам управления тормозами и блокировочными муфтами. Все это вместе, называется гидросистемой управления АКПП. К элементам гидросистемы относятся насосы, гидроцилиндры, бустеры, поршни, жиклёры, гидроаккумуляторы и клапаны. В процессе развития гидросистема претерпела значительные изменения, в основном с точки зрения выполняемых функций. Первоначально, она отвечала за все процессы, происходящие в АКПП во время движения автомобиля. Она формировала все необходимые давления, определяла моменты переключения передач, отвечала за качество переключения и т.п. Однако, с момента появления на автомобилях электронных блоков управления, гидросистема утратила часть своих функций в управлении АКПП. В настоящее время большая часть управляющих функции АКПП переданы электронному блоку управления, а гидросистема используется только лишь в качестве исполнительного элемента. Перед тем, как приступить к изучению принципов работы гидравлической части системы управления, познакомимся с основами работы наиболее часто используемых в ней гидравлических элементов.

Гидросистемы автоматических коробок передач схожи. Даже в самой современной АКПП с электронным блоком управления используется гидросистема мало чем отличающаяся по составу элементов от АКПП с чисто гидравлической системой управления.

Список литературы:

1. Дьяконов В. П. MATLAB 7.* / R2006 / R2007: Самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 768 с.

© А.Н. Янин. А.В. Жердев 2026г.

Р.В. Могутнов

кандидат тех. наук, начальник кафедры ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev_a@mail.ru

А.Н. Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

Р.Р. Бикбулатов

курсант ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ ВОДИТЕЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В соответствии с информационно - аналитическим обзором дорожно - транспортной аварийности в Российской Федерации за 6 месяцев 2025 года, подготовленным сотрудниками Научного центра безопасности дорожного движения МВД России при общем незначительном снижении количества ДТП, в том числе, в которых погибли или ранены люди, наблюдается устойчивый рост количества ДТП с особо тяжкими последствиями, в каждом из которых погибли 5 и более, либо пострадало (суммарно погибло и ранено) более 10 человек.

Ключевые слова: ВАДС, способность, водитель, контраварийное вождение.

Безусловно, что обеспечение БДД необходимо рассматривать как комплексную систему, обеспечивающую безаварийное использование транспортных средств и направленную на работу с каждым из четырех организационно и функционально объединенных между собой в системе элементов - водитель, автомобиль, дорога, среда (ВАДС).

Главной исполнительной частью системы ВАДС является подсистема «водитель - автомобиль».

Безопасное функционирование системы обеспечения БДД определяется профессионализмом водителя, зависящим в свою очередь от состояния параметров профессионально важных качеств водителя (уровень профессиональной подготовки, состояние профессионального здоровья, психофизиологических, моральных качеств и т.д.) и характеризуется безошибочностью и своевременностью его действий (готовностью, в том числе, к действиям в особых (критических) ситуациях). Деятельность водителя основывается на приеме, анализе, переработке поступающей информации и выполнении соответствующих действий по управлению транспортным средством. Способность водителя своевременно и безошибочно принимать и обрабатывать информацию о состоянии транспортного средства и дорожных условий, а также и реализовывать адекватные решения по управлению транспортным средством в течение заданного промежутка времени является надежностью водителя.

В настоящей статье рассмотрим две основные составляющие надежности водителя:

– психофизиологическая – комплекс личностных качеств водителя (свойства нервной системы, память, время реакции, качества внимания и т.п.);

– профессиональная – наличие опыта, совокупность навыков, позволяющих реализовать наиболее рациональные приемы обеспечения безопасности в любых условиях движения, в том числе опасные и критические ситуации.

Рассматривать психофизиологическую надежность водителя возможно с точки зрения его пригодности к профессии, которая в свою очередь индивидуальна у любого человека и включает в себя состояние здоровья, психологические и личностные качества.

Правильно осознать психофизиологию деятельности водителя возможно только располагая необходимыми сведениями об условиях, в которых она осуществляется [2]. Поэтому и сложилось понятие о психофизиологических особенностях труда, к которым можно отнести следующее:

1. Действия водителя являются ответными реакциями на множество неожиданных сочетаний изменения непредвиденных дорожных ситуаций.
2. Периодическое изменение двух противоположно направленных, оказывающих отрицательное влияние на эффективность работы, условий – монотонность и информационная перегрузка (монотония).
3. Нервно - психическое напряжение водителя по причине осознания того, что автомобиль является ТС повышенной опасности.
4. Непрерывность и дискретность.
5. Работа в условиях навязанного темпа и дефицита времени.
6. Постоянная и высокая степень готовности к действиям при неожиданном изменении дорожной обстановки предъявляет особенно высокие требования к вниманию водителя.
7. Неравномерность и неопределенность поступающей информации.
8. Прогнозирование, т.е. предвидение вероятностного развития дорожной обстановки.
9. Активный поиск недостающей информации в условиях ограниченной видимости.

Представленные психофизиологические особенности деятельности водителя транспортного средства показывают высокий уровень взаимосвязи работоспособности и надежности водителя, поскольку требуют безошибочно управлять автомобилем в любых дорожных и погодных условиях в течение всего рабочего времени. Основным фактор, определяющий надежность водителя, составляет его высокая работоспособность. При сниженной работоспособности водитель может допускать грубые ошибки при управлении автомобилем. Это нередко приводит к ДТП.

В зависимости от дорожных условий надежность работы водителя изменяется в течение дня (рис. 1). Чем сложнее условия движения, тем стремительнее снижается надежность водителя, следовательно, и динамика надежности функционирования системы ВАДС в целом.

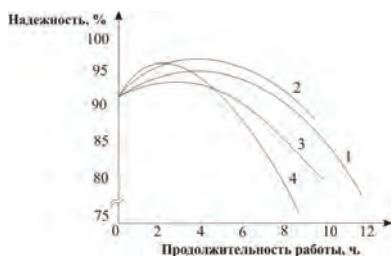


Рис. 1. Динамика изменения надежности работы водителя в течение рабочего дня (1, 2, 3 и 4 – уровни загрузки)

Все действия водителя проявляются в ответных реакциях на полученную информацию о среде, в которой он управляет транспортным средством, а их точность зависит от навыков. Быстрые и правильные реакции, хорошая координация экономных, точных и соразмерных действий, проявляющихся систематически в различных условиях при управлении транспортным средством, характеризуют профессиональную способность и ловкость водителя, что наряду с другими качествами, определяет его надежность.

Список использованной литературы:

1. Дорожно - транспортная аварийность в Российской Федерации за 6 месяцев 2025 года. Информационно - аналитический обзор. М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2025, 37 с.
2. Психологические особенности человека при управлении автомобильным транспортом: учебное пособие / В.Я. Буйленко, С.В. Жанказиев, В.В. Дементенко, Ю.А. Короткова, М.В. Гаврилюк. – М.: МАДИ, 2017. – 172 с.
3. Контраварийное вождение. А. Громаковский, Г. Бранихин. – С –Пб.:Питер, 2010, 205 с.

© Р.В. Могутнов. А.Н.Янин. Р.Р. Бикбулатов. 2026г.

УДК 656.13

Р.В. Могутнов

кандидат тех. наук, начальник кафедры ВУНЦ ВВС «ВВА»
г. Воронеж РФ
E - mail: zherdev_a@mail.ru

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»
г. Воронеж РФ

Р.Р. Бикбулатов

курсант ВУНЦ ВВС «ВВА»
г. Воронеж РФ

М.С. Заболдин

курсант ВУНЦ ВВС «ВВА»
г. Воронеж РФ

ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. Обеспечение безопасности дорожного движения остается одной из приоритетных задач социально - экономического развития. Дорожные условия являются ключевым фактором, определяющим аварийность наряду с действиями водителя и техническим состоянием транспортных средств.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, дорожные условия, дорожно - транспортное происшествие, состояние покрытия, математическое моделирование, интеллектуальные транспортные системы, человеческий фактор, экспертиза ДТП.

Поддержание безопасности дорожного движения на высоком уровне представляет собой сложную системную проблему, находящуюся на стыке инженерии, психологии, права и экономики. Ежегодно в мире в дорожно - транспортных происшествиях погибает более миллиона человек, что наносит колоссальный социальный и экономический ущерб. Традиционно выделяют четыре основные группы факторов аварийности: человек, автомобиль, дорога и окружающая среда. Дорожные условия играют двойную роль. С одной стороны, несоответствие параметров дороги (ширины полосы, радиуса поворота, продольного уклона) фактической скорости движения или интенсивности потока напрямую провоцирует возникновение аварийных ситуаций. С другой стороны, дорога опосредованно влияет на поведение водителя: монотонный ландшафт снижает бдительность, а наличие дефектов покрытия (выбоины, колеи) может вызывать резкие маневры.

Состояние проезжей части является одним из наиболее значимых параметров дорожных условия. Исследования, проведенные в Московском регионе, показывают, что дефекты покрытия (выбоины, наплывы, колеиность) и низкие сцепные качества являются прямой или сопутствующей причиной значительной доли ДТП. К причинам образования дефектов дороги в России относят: 1. природно - климатические условия (перепады температур, воздействие противогололедных реагентов); 2. возросшие транспортные нагрузки (увеличение доли большегрузного транспорта); 3. нарушение технологии укладки дорожного покрытия и использование некачественных материалов; 4. несвоевременное проведение ремонтных работ. Снижение сцепных качеств колеса с опорной поверхностью ведет к увеличению тормозного пути и потере управляемости. Условия видимости и состояние покрытия напрямую влияют на необходимую остановочную дистанцию. Несоответствие фактической видимости, требуемой (особенно в темное время суток или в сложных дорожных условиях) является критическим фактором, который должен учитываться как при проектировании дороги, так и при экспертизе ДТП. Осадки являются наиболее распространенным метеорологическим фактором, повышающим аварийность. Анализ обзоров аварийности за 2022 – 2025 годы позволяет сделать следующие выводы: 1. наличие осадков повышает риск ДТП в среднем на 38 % (в зависимости от интенсивности); 2. парадоксально, но тяжесть последствий ДТП в дождь ниже, чем в сухую погоду, что вероятнее всего связано с тем, что водители снижают скорость движения и ведут себя осторожнее; 3. наиболее уязвимой группой водителей в дождь являются молодые люди (18 – 30 лет), в то время, как водители старше 55 лет демонстрируют наиболее безопасное поведение в сложных условиях; 4. пик аварийности в дождливую погоду приходится на ранние утренние часы, что связано с совпадением часа пик и меняющимися условиями освещенности. Важным аспектом взаимодействия дороги и безопасности является послекризисный анализ – экспертиза ДТП. Качественное разбирательство ДТП невозможно без точной экспертной оценки дорожных условий в момент происшествия. Это включает в себя не только фиксацию дефектов покрытия, но и расчет тормозного и остановочного пути с учетом фактического коэффициента сцепления, уклона дороги и видимости. Такие оценки позволяют установить, была ли у водителя техническая возможность предотвратить ДТП при данных дорожных условиях или же авария была спровоцирована неудовлетворительным состоянием дороги. Это имеет ключевое значение

для справедливого распределения ответственности и выработки мер по недопущению аналогичных инцидентов.

Проведенный анализ современных научных и статистических источников позволяет сделать вывод, что влияние дорожных условий на безопасность движения является комплексным и многофакторным. Оно не ограничивается прямым воздействием на механику движения транспортного средства, но, в то же время, существенно модифицирует поведение водителя.

Список использованной литературы:

1. Пахомов Е.А. оценка влияния условий видимости и безопасность дорожного движения: выпускная квалификационная работа магистра. – СПб.: СПбПУ, 2025. – DOI: 10.18720 / SPBPU / 3 / 2025 / vr / vr25 - 4145.
2. Масленников В.Г., Озорин С.П., Свалова К.В. экспертная оценка дорожных условий, влияющих на безопасность движения автотранспортных средств: монография. – Чита: ЗабГУ, 2022. – 222 с. – ISBN 978 - 5 - 9293 - 3180 - 0.

© Р.В. Могутнов. А.Н.Янин. Р.Р. Бикбулатов. М.С. Заболдин. 2026г.

УДК 656.13

Р.В. Могутнов

кандидат тех. наук, начальник кафедры ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev_a@mail.ru

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

М.С. Заболдин

курсант ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ НАДЕЖНОСТЬ ВОДИТЕЛЯ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация: Обеспечение БДД необходимо рассматривать как комплексную систему, обеспечивающую безаварийное использование транспортных средств и направленную на работу с каждым из четырех организационно и функционально объединенных между собой в системе элементов - водитель, автомобиль, дорога, среда (ВАДС).

Ключевые слова: ВАДС, способность, водитель, контраварийное вождение.

Развитие технологий в современном мире привело к созданию транспортных средств, которые дополняют или замещают определенные действия водителя: системы стабилизации не позволяют уходить в занос, антиблокировочная система предотвращает блокировку колес при торможении, сохраняя управляемость автомобиля, система предупреждения столкновений обнаруживает риск столкновения и подает водителю

сигнал, требуя немедленного нажатия на педаль тормоза и т.д. Вместе с тем только человек, находящийся за рулем, может контролировать, предвидеть и предупредить критическую ситуацию на дороге. Профессиональную надежность водителя в первую очередь необходимо рассматривать через призму подготовленности водителя к реализации приобретенных навыков при обеспечении безопасности в любых условиях движения, в том числе опасных и критических. Профессиональную надежность среднестатистического водителя, управляющего транспортным средством на дорогах общего пользования, целесообразно характеризовать выполнением им комплекса элементов защитного и контраварийного вождения, который позволяет не только предотвратить аварийную ситуацию, но и решить задачу обеспечения безопасного выхода из нее, если она уже сложилась.

По статистике, большинство водителей управляет транспортными средствами по известным им одним и тем же маршрутам, где они уже знают каким образом организовано движение на тех или иных участках (расположение и требования дорожных знаков и разметки, наличие и порядок проезда сложных участков). Частое движение по таким маршрутам ведет к утрате бдительности и зачастую становится причиной провоцирующего поведения. Управляя «на автопилоте», как правило, водитель не задумывается о том, что по существу перекладывает контроль за своими действиями на других участников движения, в то время, как обязан контролировать их сам совместно с возможностью предвидеть действия остальных. Ситуация с изменением порядка проезда знакомого участка (смена знаков, режима работы светофора, наличие временной разметки) только усугубляет складывающуюся обстановку. Итак, первым и наиболее важным элементом защитного вождения становится внимание, позволяющее заранее определить потенциальную опасность и спрогнозировать свои действия в случае резкого изменения обстановки. Говоря о внимании, необходимо отметить немаловажную роль принципа «смотри вдаль», применение которого позволяет заранее распознать угрозу, и как следствие, дает возможность к своевременному решению задачи обеспечения безопасности. Наряду с вниманием, защитное вождение также предусматривает умение уступить дорогу в спорной ситуации, ведь с точки зрения обеспечения безопасности важен не принцип, даже если с точки зрения правил дорожного движения вы правы, а результат.

Значимым элементом защитного вождения остается скорость, любое повышение которой уменьшает способность вовремя среагировать на опасность и увеличивает повышение кинетической энергии в случае столкновения с другим транспортным средством или препятствием. Законы математики и физики непоколебимы. Оптимальной становится скорость, соответствующая скорости транспортного потока. Со скоростью движения тесно связано обеспечение открытого пространства вокруг управляемого водителем транспортного средства, так называемый «карман безопасности», создаваемый достаточными значениями интервалов и дистанций.

Физическое состояние водителя во время движения тоже является неотъемлемым элементом защитного вождения. Усталость, последствие травм и болезней, состояние опьянения определяют наличие фактора, существенно снижающего способность водителя уверенно управлять транспортным средством. К элементам защитного вождения также можно отнести правильное и своевременное использование световой и звуковой

сигнализации, предсказуемость в действиях, демонстрацию намерений, сведение к минимуму нахождения в слепых зонах других транспортных средств и т.д.

Навыки контраварийного вождения, как составляющая профессиональной надежности водителя помогают ему справиться с нестандартными ситуациями на дороге: выйти из заноса и вращения, без проблем проехать по обледенелому покрытию, экстренно затормозить на скользком покрытии, осуществить объезд внезапно возникшего препятствия и многое другое. С технической точки зрения контраварийное вождение является умением адекватно управлять транспортным средством, когда оно стремится выйти из - под контроля, и включает в себя следующие элементы: 1. посадка водителя и расположение рук на рулевом колесе; 2. различные приемы работы рулевым колесом; 3. приемы торможения, в том числе в экстремальных ситуациях; 4. способы маневрирования в критических ситуациях; 5. способы прохождения поворотов; 6. опережающие действия.

Поддержание указанных навыков контраварийного вождения позволяет снизить вероятность ДТП и тяжести их последствий.

Способность водителя своевременно и безошибочно принимать и обрабатывать информацию о состоянии транспортного средства и дорожных условий, а также и реализовывать адекватные решения по управлению транспортным средством в течение заданного промежутка времени является надежностью водителя.

Список использованной литературы:

1. Дорожно - транспортная аварийность в Российской Федерации за 6 месяцев 2025 года. Информационно - аналитический обзор. М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2025, 37 с.
2. Психологические особенности человека при управлении автомобильным транспортом: учебное пособие / В.Я. Буйленко, С.В. Жанказиев, В.В. Дементенко, Ю.А. Короткова, М.В. Гаврилюк. – М.: МАДИ, 2017. – 172 с.
3. Контраварийное вождение. А. Громаковский, Г. Бранихин. – С –Пб.: Питер, 2010, 202 с.

© П.В. Могутнов. А.Н.Янин. М.С. Заболдин. 2026г.

УДК 629.33

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

А.В.Жердев

кандидат пед.наук, старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev_a@mail.ru

ВИДЫ МЕЖКОЛЕСНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. Эффективность маневренных действий средств подвижности транспортных средств зависит от многих факторов, в том числе и от трансмиссии с эксплуатационными показателями позволяющими двигаться с максимально возможной скоростью в любых дорожных условиях без изменения заданных характеристик и с минимальными нагрузками на силовую установку образца наземных транспортных средств.

Ключевые слова: частичная блокировка дифференциала, механический дифференциал, ручной дифференциал, самоблокирующийся дифференциал.

В конструкции с принудительной блокировкой (механический ручной и самоблокирующийся дифференциал), используют кулачковую муфту, которая отвечает за жесткое крепление дифференциала с каждой из полуосей. Привод сцепления может быть механическим, гидравлическим, пневматическим или электрическим. В механических конструкциях используются специальные рычаги и тросы, что позволяет водителю блокировать частично или полностью те или иные колёса, что в свою очередь вытаскивает автомобиль из глубокого снега или грязи. Самоблокирующийся дифференциал – это промежуточное решение между полной блокировкой и свободным дифференциалом. Однако, в силу своей сложности, они изначально не получили популярности, и лишь в девяностых годах двадцатого века, стали активно использоваться на современных автомобилях.

Управление системой осуществляется водителем механическим способом или с помощью специальных блоков управления, которые учитывают угловые скорости колес и разность крутящего момента на переднем и заднем приводе. Полностью автоматические системы позволяют экономить топливо, обеспечивают улучшение проходимости наземных транспортных средств, облегчая его управление, на высокой скорости и качественнее реализуют мощностные характеристики двигателя. На сегодняшний день системы самоблокирующихся дифференциалов зарекомендовали себя с наилучшей стороны, они отличаются прочностью, надежностью и долговечностью, не требуя в процессе эксплуатации какого-либо сложного технического обслуживания и ремонта.

Транспортное средство, предназначенное для движения по бездорожью, по сложившейся практике должен обладать определенными конструктивными особенностями и наличием устройств, способствующих такому движению и отсутствующих на обычных транспортных средствах, используемых в городских условиях. К их числу относится межосевой дифференциал. У автомобиля с полным приводом крутящий момент поступает на все колеса. Однако, если начинают пробуксовывать передние или задние колеса, основной момент передается на них. Все мы неоднократно наблюдали: транспортное средство стоит на месте, у него крутятся какие-то колеса, а остальные остаются неподвижными. Чтобы частично избежать подобного, и применяется блокировка дифференциала, распределяющего момент по осям. Суть ее заключается в том, что крутящий момент принудительно делится между задним и передним и мостами, что позволяет при пробуксовке задних колёс автомобилю продолжить движение за счёт переднего привода. И наоборот. Такая блокировка является очень полезной, особенно при движении по бездорожью, при ее отсутствии транспортное средство, никоим образом не может считаться внедорожником. Вывод – межосевая блокировка помогает в тех случаях, когда застряли передние или задние колеса. Тогда крутящий момент передается с застрявших колес на свободные (те, которые не застряли). Однако для движения по серьезному бездорожью этого явно недостаточно. Здесь проявляется особенность дифференциала, способного передавать крутящий момент разным потребителям, причем он поступает туда, где меньше нагрузка. И если транспортное средство одной половиной находится на льду, второй половиной на твердом грунте, то благодаря межосевой

блокировке два колеса, расположенных на льду будут крутиться, два других останутся неподвижным. Всё работает, момент, передаваемый от двигателя, принудительно распределён в каком - то соотношении (50:50 или 40:60, или любом другом) между задним и передним мостами.

Такая трансмиссия образца наземных транспортных средств, может стать модулем, параметры которого позволят выполнить задаваемые требования и условия, при создании и эксплуатации перспективных образцов.

Список литературы

1. Андреев, А.Ф. Дифференциалы колесных машин / А.Ф.Андреев, В.В.Ванцевич, А.Х.Лефаров.– Москва, 1987.
2. Антонов,А.С.Армейские автомобили. Конструкция и расчет / А.С.Антонов, В.К.Голяк, М.М.Запрягаев.– Часть 1. – М.: Воениздат, 1970.
2. Вахламов,В.К. Автомобили. Конструкция и элементы расчета / В.К. Вахламов. - СПб, 2006.

© А.Н.Янин. А.В. Жердев. 2026г.

УДК 621.878

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

А.В.Жердев

кандидат пед.наук, старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev_a@mail.ru

Д.В.Анохин

адъюнкт ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПРИЧИН УСТАЛОСТНЫХ РАЗРУШЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация: в статье рассмотрены основные причины усталостных разрушений деталей наземных транспортных средств, а также предложена методика их обнаружения с помощью диагностирования по формальным признакам.

Ключевые слова: рабочая поверхность детали, усталостные разрушения, диагностирование изнашивания.

В конструкции наземных транспортных средств, в узлах и агрегатах трансмиссии и в специальном оборудовании, применяются зубчатые передачи. Диагностирование их состояния представляет определенную трудность, связанную с отсутствием методов и способов, позволяющих его осуществление. Повреждения поверхности зубьев шестерен

обусловлены трением и контактными напряжениями. Зубья шестерен работают в условиях жидкостного трения, исключающего непосредственный контакт металла, их износ от трения незначителен. Основной причиной разрушения рабочей поверхности зубьев шестерен является усталостное разрушение, от воздействия контактных напряжений. Поэтому необходимо иметь простой, удобный в применении, достоверный и точный по величине параметр диагностирования усталостных разрушений деталей. Процесс диагностирования необходимо разделить на два этапа: (определение запаса работы детали, до начала визуально наблюдаемого усталостного разрушения и определение площади усталостного разрушения).

В практических условиях работы узлов и агрегатов, о величине напряжения на каждом участке поверхности трения можно судить косвенно по интенсивности его изнашивания на этих участках при постоянных условиях и, прежде всего, температуре, ведь интенсивность изнашивания рабочей поверхности детали пропорциональна давлению (напряжению) на поверхности трения. Обоснованность такой возможности подтверждаются результатами анализа кривых износа зубьев шестерен при работе с перекосом и как следствие, неравномерной нагрузке по длине зуба. В результате экспериментов при работе на трех различных режимах, отмечается начало усталостного разрушения поверхности зуба. В процессе работы на различных режимах, отмечалось усталостное разрушение:

1. по всей длине зуба, с разной продолжительностью до начала разрушения; 2. за время испытания усталостное разрушение зуба происходило только, с одной стороны.

Кривую усталостности, то есть зависимость продолжительности работы детали до усталостного разрушения от давления на поверхности трения, получают на основе экспериментальных данных. При наличии экспериментально полученной зависимости продолжительности работы детали до усталостного разрушения рабочей поверхности от интенсивности (скорости) изнашивания детали, в заданных эксплуатационных условиях, можно установить ресурс детали до начала образования микротрещин и разрушения поверхности. Величину интенсивности изнашивания рабочей поверхности можно использовать и для оценки площади усталостного разрушения, когда этот процесс становится видимым. С увеличением площади усталостного разрушения, при постоянной внешней нагрузке увеличивается давление на рабочей поверхности, таким образом, интенсивность изнашивания детали и кривая износа увеличивается. Контроль увеличения площади усталостного разрушения по изменению кривой износа в процессе эксплуатации, можно осуществить путем измерения величины износа, например: редуктор заднего моста, измеряется зазор в сопряжении цилиндрических шестерен. Экспериментальную зависимость продолжительности работы узла или агрегата, до появления признаков усталостного разрушения детали можно получить при известной совокупности величин пробега наземных транспортных средств, с начала эксплуатации детали (узла или агрегата) до появления усталостных разрушений и результатов измерения износа детали.

Нелинейность изменения интенсивности изнашивания в процессе эксплуатации, еще один источник погрешности прогнозирования пробега или наработки, до усталостного разрушения. Эту погрешность, возможно, уменьшить, если измерять износ детали. Значения величины интенсивности изнашивания при последнем измерении рабочей поверхности детали, используют в кривой усталости.

Таким образом, определить оставшийся пробег наземных транспортных средств до начала усталостного разрушения зуба ведомой цилиндрической шестерни редуктора, по разнице пробега, при полученной средней интенсивности изнашивания, по графику, рассматриваемого у ряда наземных транспортных средств. А у отдельного образца транспортного средства, интенсивность изнашивания исследуемого сопряжения останется на таком же уровне.

Список литературы

1. Геронимус Б.Л., Царфин Л.В. Экономика - математические методы в планировании на автомобильном транспорте: Учебник для учащихся автотрансп. техникумов. - М.: Транспорт, 1988. - 192 с.
2. Лобанов Е.М., «Технологическое проектирование автотранспортных средств», - М.: Транспорт, 2007. - 182с.

© А.Н.Янин. А.В. Жердев. Д.В.Анохин. 2026г.

УДК 629.37

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

А.В.Жердев

кандидат пед.наук, старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev_a@mail.ru

Д.В.Анохин

адъюнкт ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСМИССИИ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация: рассмотрим характерные неисправности дорогостоящего ремонта трансмиссии и на что следует обратить внимание в процессе эксплуатации наземных транспортных средств.

Ключевые слова: скорость, трансмиссия, механизмы, условия эксплуатации.

Механические проблемы с образцами наземных транспортных средств, в отличие от проблем с электрической частью, как правило, связаны с отчетливыми звуками и ощущениями, которые являются ключевыми индикаторами того, что что - то не функционирует правильно. Передачи работают долгое время и через определенный период у них обязательно начнутся различные проблемы. Ремонт трансмиссии может оказаться дорогостоящим, поэтому стоит обратить внимание на все, что кажется необычным, например: 1 - отказ включения в передачу, несмотря на простую работу, МКПП, тем не менее, имеют долю моментов, которые могут пойти не так. Одна из потенциальных проблем, заключается в том, что МКПП отказывается сдвинуться с места, когда вы

нажимаете на педаль сцепления и пытаетесь переместить рычаг переключения передач. Это может произойти при попытке перейти на первую передачу с остановки или в любой точке вверх и вниз по различным передачам. Общие причины включают неправильную вязкость жидкости или требуемую регулировку тросов переключения передач или сцепления; 2 - передача шумит в нейтральном положении, кажется интуитивным, что если вы слышите странные звуки, когда автомобиль должен переключаться, то коробка передач работает. Да, это может быть передача. Такие звуки могут иметь простое и недорогое решение - как и многие из проблем, добавление или замена трансмиссионной жидкости. Кроме того, множество шумов от коробки передач, пока она находится в нейтральном положении, может сигнализировать о чем - то более серьезном, например, о механическом износе, который потребует замены деталей. В этом случае виновниками являются изношенная задняя холостая передача или изношенные подшипники, связанные с изношенными зубьями шестерни; 3 - тянущее сцепление, вот еще один знак проблем с трансмиссией, который преследует эксплуатантов наземных транспортных средств с МКПП, страшное тянущее сцепление. Тянущее сцепление - это сцепление, которое не отсоединяет диск сцепления от маховика, когда водитель нажимает на педаль сцепления. Когда водитель пытается переключить передачу, потому что все еще включенное сцепление все еще вращается вместе с двигателем. Водитель внезапно осознает это по скрежещущему шуму, который возникает при попытке сдвинуться с места; 4 - подтекание жидкости, утечка трансмиссионной жидкости, вероятно, является одним из самых простых способов определить, что ваша трансмиссия нуждается во внимании. При проверке жидкости автоматической коробки передач убедитесь, что она не подтекает, темного цвета и не имеет запаха гари. Если это не так, вам нужно будет заменить жидкость и устранить утечку; 5 - контрольный индикатор, свет контрольного индикатора двигателя (силовой установки), может быть отличным ранним сигнализатором какой - либо неисправности коробки переключения передач. Свет контрольного индикатора двигателя может включаться по любому ряду причин, не связанных с вашей трансмиссией, но не забывайте об этом четком предупреждающем знаке; 6 - измельчение или встряхивание, в зависимости механическая или автоматическая коробка передач, ваш автомобиль может реагировать по - разному, когда ваша коробка передач работает неправильно. Как отмечалось в предыдущем разделе, с МКПП, общим признаком проблемы является скрежещущий звук или ощущение, когда вы переключаетесь на новую передачу. При проблемах с АКПП вы, скорее всего, почувствуете, что автомобиль качается на каждой передаче, а не типичные почти незаметные переключения, или коробка передач сделает резкий переход на следующую передачу. С механической коробкой передач, звуки, как правило, встречаются как немного более резкое и механическое звучание. Автоматические коробки передач имеют ту же проблему отсутствия реакции, но обычно проявляют проблему при включении выбора "парк" или "драйв". Образцы наземных транспортных средств должны быстро переключиться в любой из этих режимов, но если ваша трансмиссия не работает, то, скорее всего, есть проблема с трансмиссией.

Список использованной литературы

1. ААМКО. "Неисправность Трансмиссии - Автоматическая Коробка Передач." (Октябрь. 12, 2009).

2. ААМКО. "Устранение неполадок Трансмиссии - Механическая Коробка Передач." (Октябрь. 12, 2009).

© А.Н.Янин. А.В. Жердев. Д.В.Анохин. 2026г.

УДК 621.43 - 57

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev_a@mail.ru

Д.К.Торубару

курсант ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

И.А.Янин

старший инженер А и ЭГС

г. Крымск РФ

АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ РЕМОНТА

Аннотация: Возможность размещения отдельных подвижных мастерских и производственных участков в автомобильных кузовах - контейнерах вместо кузовов - фургонов и производственных палаток, выявление преимуществ и недостатков, а также технико - экономическое обоснование целесообразности такого размещения.

Ключевые слова: транспортные средства, дизельный поршневой двигатель, шинно - колесный узел, устойчивость, средства ремонта, мобильность.

Массовый выход из строя наземных транспортных средств (НТС) в современных условиях обуславливает необходимость восстановления основного объема поврежденных НТС подвижными средствами ремонта.

В данный момент создана система восстановления ТС, основу которой составляют подвижные средства оказания технической помощи, эвакуации и ремонта.

В настоящее время имеется большое количество различных мастерских, размещенных на устаревших транспортных средствах многоцелевого назначения, которые имеют недостаточную грузоподъемность, а кузова - фургоны мастерских малые объемы, что не позволяет увеличить их производственные возможности, массу перевозимых мастерской запасных частей и материалов, повысить эвакуационные возможности мастерских по буксированию прицепов с технологическим оборудованием, запасными частями, узлами и агрегатами.

В данное время проработан вопрос возможности размещения подвижных мастерских на шасси автомобиля Урал - 4320. Опытный образец подвижной ремонтной мастерской ПАРМ - 1АМ.1 на этом шасси в составе мастерских МРС - АМ.1, МРМ - МЗ.1, машины технической помощи МТП - А2.1 и транспортного автомобиля АТ - 1М1 разработан, изготовлен, прошел приемочные испытания и поступил на вооружение.

Предусматривается расширение технологических возможностей большинства мастерских за счет использования новых технологических процессов и оборудования, а также создания новых типов мастерских. В частности, коренные отличия от существующей сварочной мастерской МС - А будет иметь планируемая к разработке мастерская сварочных работ МСР. В настоящее время проводятся поисковые исследования импульсных технологических процессов сварки и резки металлов для ремонтных работ в полевых условиях, в результате которых должна быть разработана мастерская, обладающая широкими возможностями по сварке алюминия и его сплавов, титана, высоколегированных сталей, в том числе нержавеющей, а также по резке металлов. Высокая оснащенность ТС требует более интенсивного развития средств ее эвакуации, роль которых резко возрастает в современных и прогнозируемых условиях. В настоящее время проводятся работы по созданию современных эвакуационных колесных тягачей: среднего и тяжелого. Разрабатываемые образцы эвакуационных ТС будут оснащены мощными тяговыми лебедками с усилием 25,0 т, позволяющими вытаскивать НТС с максимальным усилием до 100 т, грузоподъемным оборудованием до 15,0 т и транспортным оборудованием для транспортирования ТС массой до 45,0 т.

В соответствии с концепцией развития МСР, основанной на восстановлении ТС на местах выхода их из строя, признано целесообразным создание двух групп средств, способных выполнить заданные объемы эвакуационных работ: машина технической помощи (МТП), а в последующем универсальные ремонтные эвакуационные машины (РЭМ), совмещающие в себе функции ремонта и эвакуации.

МТП предназначены для обеспечения и поддержания подвижности ТС путем оказания непосредственной технической помощи водителям (механикам - водителям) машин в устранении незначительных повреждений и отказов, дозаправке (при необходимости) топливом, маслами и спецжидкостями, а также для вытаскивания застрявших и транспортирования поврежденных машин. В состав оборудования МТП входят тяговые лебедки, устройства для транспортирования машин полупогрузкой, приспособления для буксирования машин, верстаки с тисками, контейнеры с инструментом, материалами, запасными частями и оборудованием для восстановления работоспособности ТС, емкости под топливо, масла и спец жидкости для дозаправки машин, оборудование для вытаскивания застрявших машин, устройства для электропуска двигателей ТС и другое оборудование.

Одним из основных путей снижения трудозатрат на капитальный ремонт агрегатов в подвижных агрегатах - ремонтных средствах является введение в технологический процесс их ремонта диагностирования агрегатов без полной разборки, а также диагностирования неработоспособных агрегатов и узлов.

Эти вопросы тесно связаны с внедрением в подвижных ремонтных средствах принципа ремонта агрегатов по техническому состоянию, являющимся основным направлением повышения производственной мощности мобильных средств ремонта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Е.С., Воронов В.П., Болдин А.П. и др. Техническая эксплуатация автомобиля. Учебник для ВУЗов. М.: Транспорт, 1991. - с.135 - 147.
2. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобиля. М.: Транспорт, 1990. - с.91 - 98.

© А.Н.Янин. Д.К. Торубару. И.А.Янин. 2026г.

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация: 3D - печать — перспективно развивающаяся отрасль в современном мире. Технология используется во многих отраслях: от архитектуры и ювелирного производства до медицины и археологии.

Ключевые слова: 3D - печать, моделирование, принтер, транспортные средства.

Наиболее интенсивное применение 3D - печати в автомобилестроении, на всех этапах производства. Начиная с этапа моделирования и прототипирования, заканчивая этапом технического обслуживания и ремонта наземных транспортных средств. Первое упоминание применения 3D - печати в автомобилестроении датируется 1988 году и связывается с компанией Ford. Компанией был изучен вопрос использования 3D - печати в производстве образцов наземных транспортных средств и подсчитано, что применение данной технологии значительно удешевляет, упрощает и ускоряет производство. Следующими технологию 3D - печати стали использовать представители китайской автомобильной промышленности. Позже, в начале 2000 - х годов, в число компаний, использующих 3D - печать в производстве автомобилей, вошли другие известные марки. Вначале, технологию 3D - печати в автомобильной промышленности использовали только на этапе моделирования для создания конструктивных элементов сложных форм при создании функциональных прототипов. Использование аддитивных технологий (принцип работы 3D - принтера, который заключается в последовательном нанесении слоев используемого материала) при изготовлении прототипов ускорил процесс создания в несколько раз, а также значительно удешевил процесс.

Преимущества технологий заключаются в том, что преодолении ограничений сложности дизайна продукта, сокращении времени разработки и последующего изготовления, а также минимизируются сроки анализа и исправления выявленных недочетов (конструктивная осуществимость, собираемость, сопоставимость с другими деталями), оптимизируется технология изготовления, повышается надежность и технологичность. Центры технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) и ремонтные мастерские (подразделения), часто сталкиваются с проблемой, когда детали уже сняты с поставки или больше не выпускаются, либо необходимо заказывать и ожидать доставки продолжительное время, например раритетные или спортивные автомобили, а также невозможностью доставки в различные регионы. При наличии зеркального оригинала, с помощью 3D - сканирования, возможно, произвести трехмерную модель для 3D - печати. 3D - модель возможно модифицировать и адаптировать для новой конструкции. 3D - печать или быстрое прототипирование позволяет оперативно сделать опытный образец детали или элемента. Кроме 3D - печати, используется технологию литья полимерных материалов в силиконовые формы для тиражирования различных запасных частей, инструмента и

приспособлений. Особенно актуально для неисправных элементов, узлов и агрегатов. Неисправные элементы, узлы и агрегаты склеиваются, деталь служит лекалом для снятия формы. Технологии 3D - печати и литья полимерных материалов пользуются популярностью у центров технического обслуживания и ремонта (СТО) и ремонтных мастерских (подразделений), так как отличаются невысокой стоимостью и скоростью изготовления. В связи с дороговизной оригинальных запасных частей, инструмента и приспособлений, производимых крупными концернами (предприятиями), особенно при необходимости всего одного экземпляра.

Кроме того, технологии 3D - печати и литья полимерных материалов, будут актуальны различным ремонтным мастерским, специализирующимся не только на ТО(PP) и Р образцов наземных транспортных средств, но и других средств мобильности (мотоциклах, велосипедах, гироскутерах, моноколес, самокатов и даже детских колясках). Поскольку у средств мобильности довольно часто выходят из строя различные пластиковые элементы, особенно если они подвержены нагрузкам.

Список литературы

1. Геронимус Б.Л., Царфин Л.В. Экономико - математические методы в планировании на автомобильном транспорте: Учебник для учащихся автоотрансп. техникумов. - М.: Транспорт, 1988. - 192 с.

2. Лобанов Е.М., «Технологическое проектирование автотранспортных средств», - М.: Транспорт, 2007. - 182с.

© А.Н.Янин. А.В. Жердев. 2026г.

УДК 629.37

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

А.В.Жердев

кандидат пед. наук, старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev_a@mail.ru

АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация: Для сравнения и анализа эффективности различных тормозных механизмов разберем принцип работы нескольких типов современных вспомогательных систем, следует отметить, что все они направлены на повышение безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: системы, модель, скорость, трансмиссия, механизмы, условия, безопасность.

Следует отметить что за прошедшие несколько десятков лет в международных перевозках возросла полная масса автопоездов и повысилась скорость их движения, динамические характеристики. Увеличились мощности двигателей, устанавливаемых на

тягачи. В соответствии с этим ужесточились и требования безопасности, и требования к тормозной динамике грузовиков, что не могло не отразиться на конструкции тормозных систем. Для обеспечения постоянной безопасной скорости автомобиля на холмистой и горной местности в тормозной системе современного тягача естественно появились совершенно новые узлы и агрегаты. Хорошим подспорьем в данной ситуации является замедлитель.

Тормоз - замедлитель – это устройство, позволяющее снизить скорость транспортного средства с минимальными потерями, т.е. без износа тормозных колодок и максимально эффективно отводя выделяемое тепло. Самым простым и наиболее адаптированным к той или иной модели автомобиля, является моторный тормоз с заслонкой в выпускном трубопроводе (так называемый горный тормоз). Суть работы горного тормоза заключается в отключении подачи топлива и частичного перекрытия выпускного тракта с целью создать противодействие на такте выпуска. Конструктивно заслонка выполнена так, чтобы обеспечить размер остаточного зазора достаточным для нормальной работы выпускного клапана. Чтобы исключить не контролируемое открытие клапана под воздействием отработавших газов из соседних цилиндров. Это одна из особенностей, ограничивающих максимальный тормозной момент такого тормоза - замедлителя.

Существует несколько разновидностей «моторного тормоза». Американские производители двигателей уже не первое десятилетие применяют JakeBrake – относительно простой тормоз Джакобса, встроенный в газораспределительный механизм. Принцип его работы основан на сбросе давления в цилиндре после такта сжатия при помощи штатного выпускного клапана. Немецкие производители грузовиков MAN применили на своих двигателях заслонку в выпускном коллекторе совместно с модернизацией газораспределительного механизма: маленький плунжер, встроенный в коромысло, уходит вслед за клапаном вниз, а моторное масло (оно начинает поступать через отдельный канал) давит на плунжер и удерживает клапан в приоткрытом положении.

Ретардеры, содержащие внутри своего корпуса гидромуфту, способны развить тормозной момент до 1 000 Нм при собственной массе всего 65 кг. В них кинетическая энергия автопоезда достаточно быстро преобразуется в тепловую и рассеивается в окружающую среду через охлаждающую жидкость. С точки зрения безопасности особенно важно, что работа ретардера совершенно не зависит от работы механизма сцепления и коробки передач. На сегодняшний день, такую эффективную систему как интардер устанавливают на грузовиках IVECO, Mercedes - Benz, Volvo, Renault, MAN, Scania, DAF совместно с системой «горного тормоза».

По аналогичному принципу работает и электрический тормоз - замедлитель. На автомобилях с механической трансмиссией он выполняется в отдельном корпусе. С карданным валом или любым другим валом трансмиссии соединен вращающийся ротор замедлителя, а в корпусе закреплены неподвижные обмотки статора. Рассмотрев и разобрав принцип работы нескольких типов современных вспомогательных тормозных систем, можно отметить, что все они направлены на повышение безопасности дорожного движения и уменьшение нагрузки на основную тормозные систему автомобилей. Увеличивается средняя скорость движения автопоездов, повышается эффективность их работы и увеличивается долговечность тормозных колодок. Эффективность вспомогательной

тормозной системы, по нормативным документам, считается достаточной, если на уклоне 7 % длиной 7 км скорость автомобиля поддерживается на уровне 30 км / ч.

Список литературы:

1. Роговцев В.Л. и др. Устройство и эксплуатация автотранспортных средств. М.: Транспорт, 1991.243 с.
2. Грехов, Л.В. Автомобиль: Учебник для вузов / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. – М.: Легион - Автодата, 2004. – 344 с.

© А.Н. Янин А.В. Жердев. 2026г.

УДК 629.37

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

А.В. Жердев

старший преподаватель канд. пед. наук ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev _ a@mail.ru

АЛГОРИТМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ НОРМ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

Аннотация: Следует отметить что, широкое применение в современной автомобильной технике получили автомобили с дизельными силовыми агрегатами благодаря их экономичности и большому крутящему моменту.

Ключевые слова: Дизель, давление, топливный двигатель, автомобиль, диагностика, система, ремонт

Выполнение норм выбросов вредных веществ с отработанными газами автомобильных дизелей обеспечивается десятью мероприятиями, шесть из которых относятся к ТПА. В этой связи можно выделить ряд основных направлений ее совершенствования: оптимизация рабочего процесса и топливной подачи; повышение давления впрыскивания; электронное управление топливоподачей; управление характеристикой впрыскивания; управление углом опережения впрыскивания;

Максимально приближенной к решению вышеперечисленных направлений развития на сегодняшний день является система питания Common Rail, что переводится как «общая магистраль». Common Rail состоит из трех основных частей: контура низкого давления, контура высокого давления, системы датчиков.

В контур низкого давления входят: топливный бак, подкачивающий насос, топливный фильтр, соединительные трубопроводы.

Контур высокого давления состоит из: насоса высокого давления (заменяющего традиционный ТНВД) с контрольным клапаном, аккумуляторного узла высокого давления

(рампы) с датчиком, контролирующим в ней давление, форсунок соединительных трубопроводов высокого давления одинаковой длины.

Аккумуляторный узел представляет собой длинную трубу с поперечно расположенными штычерами для подсоединения форсунок и выполнен двухслойным.

Электронный блок (ЭБУ) управления Common Rail получает электрические сигналы от следующих датчиков: положения коленвала, положения распредвала, перемещения педали «газа» - давления наддува, температуры воздуха, температуры охлаждающей жидкости, массового расхода воздуха - давления топлива. Одним из главных факторов успеха этого двигателя стала система впрыска с электронным управлением Common Rail. В ней необходимое давление впрыска обеспечивает насос высокого давления, что в совокупности с системой обработки выхлопных газов снижает расход топлива на 15 %, увеличивает мощность почти на 40 % и вписывает его в жесткие экологические требования Еуро - 6. Каждый второй дизельный автомобиль Европы оборудован этой системой.

Быстродействующие соленоидные или пьезоэлектрические инжекторы, примененные в системе, позволяют снизить шум и токсичность выхлопа.

Перспективы Common Rail сегодня не вызывают сомнений, в том числе для дизелей различного назначения. Обладая значительно более высокими возможностями управления процессами в дизеле, уже в начале производства они оказались дешевле, чем, например, новой системы ТПС с насосом VP - 44.

Преимущества Common Rail обусловлены сразу несколькими основными факторами:

Во - первых, жесткие требования к двигателям по экономичности и экологичности, которые повышаются с каждым годом. Дизельные двигатели со старой системой питания принципиально неспособны укладываться в рамки предъявляемых требований по защите окружающей среды от вредных выбросов.

Во - вторых, Система Common Rail обеспечивает экономию топлива за счет повышенного давления топлива и, значит, более тончайшего распыла топлива в камере сгорания. Чем под более высоким давлением можно подать топливо в камеру сгорания, тем более тонкого его распыла можно добиться. Это, в свою очередь, ведёт к более полному и эффективному сгоранию смеси с наименьшим выбросом вредных веществ и возрастанию мощности при меньших расходе топлива уровне шума. К условным минусам и недостаткам Системы Common Rail можно отнести:

1. Повышенную требовательность к чистоте и качеству дизельного топлива.
2. Использование в системе большого числа разного рода датчиков, активаторов и иных элементов управления
3. Относительно высокая стоимость деталей и запасных частей системы.
4. Затруднение или невозможность произвести ремонт или настройку системы собственными силами.

Таким образом, следует отметить, что альтернативы Common Rail на данный момент не предвидится. Система продолжает совершенствоваться, перспективы в этом направлении очень широки. Путь развития всех систем носит циклический характер. Сначала система усложняется для удовлетворения возрастающих требований, а затем происходит качественный технический или технологический скачок, позволяющий реализовать все достигнутое ранее более простым и экономичным способом.

Список использованной литературы:

1. Системы питания дизельных двигателей. Часть 1. СиБАК 2019.
2. Назначение и конструкция: учебное пособие / В.В. Краснокутский, М.А. Русанов, И.П. Трояновская. Челябинск: Издательский центр ЮрГУ, 2017. 72 с.

© А.Н.Янин. А.В.Жердев. 2026г.

УДК 629.37

А.Н.Янин

старший преподаватель ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

А.В.Жердев

старший преподаватель канд. пед. наук ВУНЦ ВВС «ВВА»

г. Воронеж РФ

E - mail: zherdev _ a@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВПРЫСКОВЫХ СИСТЕМ ПОДАЧИ ТОПЛИВА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация: в изложенном материале проводится сравнительный анализ впрысковых систем питания бензиновых двигателей используемых в различных климатических условиях эксплуатации.

Ключевые слова: характеристики, топливо, механизмы, сравнительный анализ, условия эксплуатации, технические характеристики, автомобиль.

В современном обществе проблема экологической безопасности вынудила мировых авто производителей пересмотреть свое отношение к чистоте выхлопных газов автомобилей. Для достижения максимальной мощности двигателя состав смеси регулировался так, чтобы в ней был избыток бензина. В результате в продуктах сгорания оставалось несгоревшее топливо. Именно такой состав отработавших газов вреден для человека. В погоне за мощностью конструкторы устанавливали в карбюраторы ускорительные насосы, дополнительно впрыскивающие топливо при резком разгоне автомобиля. При этом топливо в смеси значительно превышало количество воздуха. Известно что, оптимальная работа двигателя требует **стехиометрического соотношения «воздух–топливо»**. Степень отклонения реального состава топливовоздушной смеси от стехиометрического определяется коэффициентом избытка воздуха.

При проведении сравнения мощности P и удельного расхода топлива b_c от коэффициента избытка воздуха α , видно, что идеального состава смеси, при котором все факторы имели бы оптимальные значения, не существует. Для улучшения экологических показателей автомобиля потребовалось кардинально менять подход к конструированию топливной аппаратуры.

Для снижения токсических соединений в выхлопе, в систему выпуска начали устанавливать каталитический нейтрализатор отработавших газов. При

нестехиометрическом сгорании топливо - воздушной смеси в двигателе катализатор теряет свою эффективность и быстро выходит из строя. Карбюраторные системы уже не могли поддерживать такое стабильное соотношение смеси. Единственной альтернативой могли стать только системы впрыска. В зависимости от количества форсунок и места подачи топлива, системы впрыска подразделяются на три типа. **Одноточечный впрыск** самый простой, он легко адаптируется под карбюраторные двигатели почти без конструктивных переделок или технологических изменений в производстве. Одна форсунка на все цилиндры установлена во впускном коллекторе. Электронный блок управления позволяет сразу же менять параметры впрыска, снимая показания с датчиков. **Многоточечный впрыск** более совершенен. В нем количество форсунок соответствует количеству цилиндров. Распределенный впрыск сложный и дорогой, но более экономичный и эффективный. Мощность двигателя при этом увеличивается на 7–10 %.

В непосредственном впрыске бензин подается прямо в цилиндры, как в дизельных двигателях. Такая система питания обеспечивает более качественный распыл топлива и смешивание его с воздухом, рациональнее использует готовую смесь на различных режимах работы двигателя. Что оптимизирует сгорание смеси и увеличивает КПД двигателя.

Двигатели с непосредственным впрыском обладают следующими преимуществами: более высокой экономичностью, автомобиль становится агрессивнее на разгоне, при том же рабочем объеме, отработавшие газы менее токсичны, литровая мощность увеличивается из-за охлаждения воздуха за счет испарения топлива в цилиндрах и применения большей степени сжатия.

Отрицательной стороной такой системы питания является высокая требовательность к чистоте и качеству топлива.

Перед карбюраторными, инжекторные системы подачи топлива имеют следующие основные преимущества: точное дозирование топлива и как следствие уменьшение его расхода; снижение количества вредных веществ в отработавших газах за счет оптимизации топливно - воздушной смеси и использования датчиков контроля параметров выхлопа;

повышение мощности двигателя на 7–10 % за счет улучшения наполнения цилиндров и автоматической коррекции угла опережения зажигания, соответствующего рабочему режиму двигателя; улучшение динамических характеристик автомобиля благодаря мгновенной реакции системы на любые изменения нагрузки и коррекции топливно - воздушной смеси; облегчение запуска независимо от климатических условий.

Таким образом, инжекторный двигатель существенно улучшает эксплуатационные показатели автомобиля. Это поможет лучше реализовать потенциал бензиновых автомобилей в ВС РФ, народном хозяйстве, особенно в регионах с суровыми климатическими условиями.

Список использованной литературы:

1. Технология производства деталей двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие / А.С. Ненишев, С.В. Мельник, В.П. Расшупкин, М.С. Корытов, Ю.К. Корзунин. – Омск: СибАДИ, 2009. – 92 с.

2. URL: http://systemsauto.ru/engine/balancer_shfts.html

© А.Н. Янин. А.В. Жердев. 2026г.

Ярцев Е.Е.

студент гр.13 - 21, Государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования Альметьевский государственный технологический университет
«Высшая школа нефти» (ГАОУ ВО АГТУ ВШН)
Альметьевск, Россия

Угарин Г.Ю.

студент гр.13 - 21, ГАОУ ВО АГТУ ВШН
Альметьевск, Россия

Алтымышбаев А.Ч.

студент гр.13 - 21, ГАОУ ВО АГТУ ВШН
Альметьевск, Россия

Саетгареев А.А.

студент гр.13 - 21, ГАОУ ВО АГТУ ВШН
Альметьевск, Россия

Научный руководитель: Любимова С.В.

к.т.н., доцент, ГАОУ ВО АГТУ ВШН
Альметьевск, Россия

АНАЛИЗ ПРЕДПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Аннотация

В статье рассматривается текущее состояние российского рынка буровых растворов на фоне роста объёмов бурения и ухода западных компаний. Проведён анализ ключевых категорий игроков, драйверов спроса и экологических проблем утилизации отходов на основе открытых отраслевых источников и экспертных данных. В результате, выявлена возможность адаптации рынка через импортозамещение, локализацию производств и появление новых структур на базе ушедших активов.

Ключевые слова

Буровые растворы, промывка скважин, растворы на водной основе, растворы на углеводородной основе, импортозамещение, нефтесервис.

Буровой раствор – сложная многокомпонентная система (суспензия, эмульсия или азрированная жидкость), применяемая для промывки скважин в процессе бурения, свойства которой выбираются в зависимости от геолого - технических условий [1, с. 3]. После спада, связанного с пандемией, объёмы бурения в России показали значительный рост. По данным из открытых источников, в 2022 году суммарный объём эксплуатационного и разведочного бурения увеличился на 8,2 % , а в 2023 году — еще на 6,9 % . Показатель проходки в эксплуатационном бурении в 2023 году достиг исторического максимума за последние тридцать лет — 30,2 млн метров. По итогам 2024 года, совокупный объём буровых работ сохранился на высоком уровне предыдущего года, составив 31,2 млн метров.

Рассмотрим предприятия, которые работают в области буровых растворов.

Halliburton и Baker Hughes, чьи доли на российском нефтесервисном рынке до 2022 года составляли примерно по 2 % у каждой, полностью прекратили деятельность в России, продав свои активы местному менеджменту. Их бывшие подразделения теперь работают под брендами «Бурсервис» (вместо Halliburton) и «Технологии ОФС» (вместо Baker Hughes). SLB (ранее Schlumberger), занимавшая до 8 % рынка, в отличие от конкурентов, не покинула Россию и даже расширила свою деятельность после ухода других игроков, нанимая персонал и заключая новые контракты. Несмотря на заявления о прекращении поставок технологий с июля 2023 года, компания продолжает операционную деятельность в стране.

На российском рынке доминирует несколько крупных отечественных сервисных компаний, которые выстраивают свои бизнес - модели вокруг комплексного подхода и собственных технологических разработок. После ухода западных игроков ключевые роли заняли как традиционные российские компании, так и новые игроки, образованные на базе бывших иностранных активов. Рассмотрим некоторые из них.

ООО «Сервисный Центр СБМ» (СЦ СБМ) - дочернее общество «Газпром бурение», позиционируется как крупнейший в России подрядчик по инженерному сопровождению буровых растворов и утилизации отходов. Бизнес - модель основана на долгосрочных контрактах с крупнейшими недропользователями. Компания занимает лидирующие позиции, например, на проектах ООО «РН - Юганскнефтегаз» ее доля рынка превышает 23 % . География работ охватывает территорию от Ленинградской области до Камчатки, включая стратегические проекты, такие как Ковыктинское месторождение в Иркутской области.

Компания «АКРОС» - нефтесервисная компания, многократно признанная лучшей в категории «Сопровождение буровых растворов».

Став правопреемником всех активов и контрактов Halliburton в России, «Бурсервис» является одной из крупнейших независимых нефтесервисных компаний в стране. Компания унаследовала всю инфраструктуру, включая производственные базы, технологии и персонал. Доля компании в сегменте высокотехнологичного бурения оценивается в 12 - 15 % . Компания предлагает комплексные услуги по всем направлениям нефтесервиса. В области буровых растворов унаследовала экспертизу Halliburton, включая высокотехнологичные системы, такие как запатентованный состав "SuperBridge" для укрепления ствола скважины. Компания заявляет о высокой степени импортнезависимости в разработке буровых растворов за счет использования сырья и реагентов от отечественных поставщиков.

АО «Технологии ОФС» образована на базе российских активов Baker Hughes, унаследовав все производственные площадки, включая Тюменский завод нефтепромыслового оборудования и Нижневартовский завод по производству насосов. Доля компании на российском нефтесервисном рынке оценивается примерно в 10 % . Работа компаниихватывает буровые сервисы, долота, системы механизированной добычи и буровые растворы.

ООО «ИСК «ПетроИнжиниринг» - крупный интегратор инженерных сервисов, специализирующийся на нескольких сегментах: буровые растворы, долотный сервис, ННБ и цементирование скважин, телеметрия. Предлагает интегрированный сервис, управляя

проектом от разработки программы бурения до его завершения, что позволяет заказчикам сокращать издержки. Компания имеет разветвленную сеть филиалов, собственные лаборатории и производственные мощности.

Группа компаний «Миррико» - крупный холдинг, входящий в топ - 10 поставщиков на рынке сервиса буровых растворов. Конкурентное преимущество строится на собственных производственных мощностях, сильной R&D базе и широком портфеле запатентованных решений. Помимо широкого спектра реагентов для буровых растворов, «Миррико» известна разработками в смежных областях, такими как роботизированный комплекс MARTin для очистки резервуаров и технология осветления воды Dyclar [6].

Ведущими производителями химических реагентов в России являются следующие компании: ООО «Синтез ПАВ»: Входит в ГК «НОРКЕМ», мощности до 30 тыс. тонн продукции в год; ООО «Клото»: Производитель из Архангельска, основанный на базе ВНИГНИ. Уникальность компании — использование сырья лесохимической промышленности; в процесс импортозамещения активно вовлечены и другие компании, такие как «РудХим», «Ойл Инвест», АО «СНПХ» и АО «Полиэкс», которые наладили или расширили производство эмульгаторов для РУО и других реагентов [3].

Утилизация отходов бурения является одной из острейших экологических и технологических проблем отрасли, особенно в свете роста использования РУО. Буровые шламы и растворы относятся к III - IV классам опасности из-за содержания нефтепродуктов и химических реагентов. Применение РУО приводит к накоплению мелкодисперсной твердой фазы, которую сложно удалить, что усложняет повторное использование и утилизацию раствора. Переработка таких отходов требует сложных и дорогостоящих технологий.

«Сервисный Центр СБМ» является одним из лидеров в России по внедрению комплексных решений в этой области. Компания применяет технологии для сокращения объемов отходов на начальном этапе (вакуумные сепараторы) и повторного использования промывочных жидкостей [4].

Российский рынок буровых растворов находится в стадии активной трансформации, демонстрируя рост и технологическую зрелость. Его объем, по экспертным оценкам, составляет 61 - 87,5 млрд рублей и поддерживается рекордными темпами бурения в стране [5]. Конкурентная среда кардинально изменилась после 2022 года. Уход Halliburton и Baker Hughes привел к появлению двух новых крупных игроков — «Бурсервис» и «Технологии ОФС», которые унаследовали активы и контракты своих предшественников. В целом, отрасль успешно адаптируется к внешним вызовам, наращивая технологические компетенции и производственные мощности. Основными драйверами ее развития в среднесрочной перспективе останутся усложнение добычи, необходимость импортозамещения и решение экологических проблем.

Список использованной литературы

1. Бруй, Л. К. Буровые и тампонажные растворы: учеб. пособие / Л. К. Бруй, Н. В. Шемлей, Т. В. Аткинговская; М - во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун - т им. П. О. Сухого. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 135 с.
2. Буровые растворы: основные типы и свойства // Эффективные решения в химии: [сайт]. – URL: <https://efhim.ru/blog/burovye-rastvory/> (дата обращения: 11.04.2026).

3. О компании // РудХим: [сайт]. – URL: <https://rudchem.ru/> (дата обращения: 28.04.2026).

4. О компании // Сервисный центр СБМ: [сайт]. – URL: <https://scsbm.burgaz.ru/o-kompanii/> (дата обращения: 28.04.2026).

5. Особенности рынка буровых услуг России / подгот. маркетинговой группой «Текарт» // Нефтегазовая вертикаль. – 2025. – Март (№ 3). – С. 1–7. – URL: https://techart.ru/files/publications/oil-gas-service-drilling_pub_2024.pdf (дата обращения: 28.04.2026).

6. Технология по очистке воды DYCLAR успешно применяется в ПГ «Фосфорит» // Миррико: [сайт]. – URL: <https://mirrico.ru/press-center/news/tehnologiya-po-ochistke-vody-dyclar-uspeshno-primenyaetsya-v-pg-fosforit/> (дата обращения: 20.04.2026).

© Ярцев Е.Е., Угарин Г.Ю., Алтымышбаев А.Ч., Саетгареев А.А., 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Беляков И. Д. Малютов В.А. СТРУКТУРА, МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА ГРАФЕНА	5
Везоргин Е.А., Грибенченко А.А., Локтева Д.В. ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ В АВИАСТРОЕНИИ	8
Грищенко К. Д. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ПРИ ВЕРОЯТНОСТНОМ СПРОСЕ	11
Куликов А.В. ГИБРИДНЫЕ КВАНТОВО - КЛАССИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ	14
Малютов В.А. Беляков И.Д. НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ	16
Сумин А.И., Фатеев А. А. ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ КОНЕЧНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ	18

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Пашко А.Д., Авдюшев С. Е. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ ТРАНСМИССИЙ ГИБРИДНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	22
Алексаиян И.Э., Сухотин В.В., Селютин А.В. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОПТИКО - ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ	25
Асманкин С.А. СЕМАНТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОГЛАСОВАНИЯ СОСТОЯНИЙ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГИЧЕСКИХ ЧАСОВ	27
Баглюк Д. В., Лучников И. В. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ СВЕТОСИГНАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	32

Глазков Г.С. КАМЕРНАЯ ПЕЧЬ С ВЫДВИЖНЫМ ПОДОМ ДЛЯ ОТЖИГА РУЛОНОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ	34
Городнов В.А., Петроченко И.В., Попенов А.Д. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ТАЙМ - МЕНЕДЖМЕНТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ	37
Городнов В.А., Петроченко И.В., Попенов А.Д. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ АНАЛИТИКИ В МОБИЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ	39
Евлоев И.Т. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЁННОГО УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ СКЛАДСКИХ РОБОТОВ	42
Жуков А.С., Калугин Д.А. АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА АЭРОДРОМАХ	46
Жуков А.С., Калугин Д.А. СТРОИТЕЛЬСТВО СОВРЕМЕННЫХ УКРЫТИЙ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА АЭРОДРОМАХ ОПЕРАТИВНО - ТАКТИЧЕСКОЙ АВИАЦИИ	52
Злыдарь А. В., Лучников И. В. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ЛАЗЕРНЫЕ И АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ АЭРОДРОМОВ	58
Иванов Н.Г., Лобанов Э.С. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИДЕНТИФИКАЦИИ АВИАЦИОННО - ТЕХНИЧЕСКОГО ИМУЩЕСТВА	60
Иванов Н.Г., Лобанов Э.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ RFID - СИСТЕМЫ УЧЕТА АВИАЦИОННО - ТЕХНИЧЕСКОГО ИМУЩЕСТВА НА СКЛАДЕ	64
Избасова Г.Ш. ЗНАЧЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ	70
Константинов Е. Б. КРИТЕРИИ, ОГРАНИЧЕНИЯ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАКАЗЧИКА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ	74
Мотлич П.А., Павлова О.В., Боженков В.К. ГИБРИДНЫЙ МЕТОД ТИХОНОВСКОЙ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ И РОЯ ЧАСТИЦ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ИЗДЕЛИЙ В УСЛОВИЯХ МАЛЫХ ВЫБОРОК	80

Озеров Т.И., Мязин Н.И., Шумилин А.А. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В РОССИИ	84
Озеров Т.И., Мязин Н.И., Шумилин А.А. РОЛЬ УНИВЕРСИТЕТОВ В РАЗВИТИИ НАУЧНЫХ ИНИЦИАТИВ В РОССИИ	87
Озеров Т.И., Мязин Н.И., Шумилин А.А. МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	89
Окил А.М.А. АНАЛИЗ СОСТАВА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И РАСЧЕТ РЕЖИМА РАЗБЕГА И ВЗЛЁТА ДИСТАНЦИОННО - ПИЛОТИРУЕМЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	91
Окил А.М.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ НЕСУЩЕГО ВИНТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ТИПА «КВАДРОКОПТЕР»	93
Пашко А.Д., Алтуний Л.С. АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОГРЕШНОСТЕЙ И МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ В СИСТЕМАХ ВИЗУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА	95
Поносов Г.А., Матчин В.Т. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ	100
Рзянкин И.С. МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ RETRIEVAL - КОНТЕКСТА В СИСТЕМАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА	106
Сафин М.М. ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНО - УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ В КОМПЛЕКСЕ С ГЕОНАВИГАЦИЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОДОБЫЧИ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)	112
Сокол П.А., Талдыкин М.М. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГУСЕНИЧНЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ – ТЯГАЧЕЙ	116
Тимчук Е.Г. ЦЕПИ МАРКОВА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ: ОТ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ К УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВОМ	118

Шванкин А.М. МУЛЬТИМАСШТАБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ АРАМИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ	120
Шванкин А.М. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕКСТИЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	122
Шванкин А.М. ОЦЕНКА РЕЛАКСАЦИОННО - ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ КЕВЛАРА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	124
Шванкин А.М. МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	126
Шванкин А.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННО - ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	127
Шванкин А.М. АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНОГО РЕЛАКСАЦИОННО - ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	129
Шванкин А.М. ПРОАКТИВНАЯ МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОБЗОР МЕТОДОВ АКТИВНОГО АУДИТА	130
Шванкин А.М. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПРОАКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	132
Шванкин А.М. КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕКО - ЦЕНТРИЧНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 5.0	134
Шванкин А.М. КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННО - ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	136
А.Н.Янин, А.В.Жердев, Д.В.Анохин АЛГОРИТМ ЗАЩИТЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	137
А.Н.Янин, А.В.Жердев ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СОСТОЯНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	139

А.Н.Янин, А.В.Жердев ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ НА СИЛОВЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	141
А.Н.Янин, А.В.Жердев АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	143
А.Н.Янин, А.В.Жердев ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	145
Р.В. Могутнов, А.Н.Янин, Р.Р. Бикбулатов АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ ВОДИТЕЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	147
Р.В. Могутнов, А.Н.Янин, Р.Р. Бикбулатов, М.С. Заболдин ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	149
Р.В. Могутнов, А.Н.Янин, М.С. Заболдин ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ НАДЕЖНОСТЬ ВОДИТЕЛЯ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	151
А.Н.Янин, А.В.Жердев ВИДЫ МЕЖКОЛЁСНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	153
А.Н.Янин, А.В.Жердев, Д.В.Анохин ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПРИЧИН УСТАЛОСТНЫХ РАЗРУШЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	155
А.Н.Янин, А.В.Жердев, Д.В.Анохин ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСМИССИИ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	157
А.Н.Янин, Д.К.Торубару, И.А.Янин АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ РЕМОНТА	159
А.Н.Янин, А.В.Жердев АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	161
А.Н.Янин, А.В.Жердев АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	162

А.Н.Янин, А.В. Жердев АЛГОРИТМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ НОРМ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ	164
А.Н.Янин, А.В.Жердев СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВПРЫСКОВЫХ СИСТЕМ ПОДАЧИ ТОПЛИВА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	166
Ярцев Е.Е., Угарин Г.Ю., Алтымышбаев А.Ч., Саетгареев А.А. АНАЛИЗ ПРЕДПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ	168

Научное издание

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНОМ РАЗВИТИИ: НОВЫЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ

Часть 1

Сборник статей и тезисов

Международной научно-практической конференции

12 мая 2026 г.

В авторской редакции

Издательство не несет ответственности
за опубликованные материалы.

Все материалы отображают
персональную позицию авторов.

Мнение Издательства может не
совпадать с мнением авторов

In the author 's edition

The publisher is not responsible for the
published materials.

All materials reflect the personal position
of the authors.

The opinion of the Publisher may not
coincide with the opinion of the authors

Подписано в печать

Формат

Печать

Гарнитура

Усл. печ. л.

Тираж

Заказ

13.05.2026

60x84/16.

Цифровая/ Digital

Times New Roman

10,40.

500

955

Signed to the press

Format

Printing

Headset

Conv. print l.

Circulation

Order



Отпечатано в редакционно-издательском отделе

Международного центра инновационных исследований OMEGA SCIENCE

450057, г. Уфа, ул. Пушкина 120

<https://os-russia.com>

+7 960-800-41-99

mail@os-russia.com

+7 347-299-41-99