

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Научно-технический журнал

№2 2025



УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

Научно-технический журнал

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

ISSN 2618-9054

Журнал издается с 2010 года

Учредитель и издатель: Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)

Территория распространения – Российская Федерация

Тип издания – **Online** – www.ttmko.ru

Журнал публикует материалы по следующим разделам:

- **УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ**
- **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**
- **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ**
- **АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО**
- **ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ**
- **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА**
- **МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ**
- **СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ**
- **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ**
- **ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ**

Материалы журнала публикуются в авторской редакции и регистрируются
в Российском индексе научного цитирования

Ответственность за достоверность опубликованных в статьях сведений несут авторы

Перепечатка материалов журнала допускается только с разрешения редакции

Научно-технический журнал «Высокие технологии в строительном комплексе» выходит 2 раза в год (май, декабрь)

Научно-технический журнал. Высокие технологии в строительном комплексе, все права защищены

Scientific-and-Technical Journal

HIGH TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION COMPLEX

ISSN 2618-9054

The Journal has been published since 2010

Founder and publisher: Voronezh State Technical University (VSTU)

Territory of distribution - the Russian Federation

Type of publication – **Online** – **www.ttmko.ru**

The journal publishes materials on the followingsubjects:

- **PRODUCTION MANAGEMENT**
- **ENERGY SAVING TECHNOLOGIES**
- **BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS**
- **ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND URBAN PLANNING**
- **WATER SUPPLY, WATER DRAINING, HEAT SUPPLY AND VENTILATION**
- **ECOLOGICAL PROBLEMS OF THE CONSTRUCTION AND ROAD COMPLEX**
- **MECHANIZATION OF CONSTRUCTION, BUILDING MACHINES AND MECHANISMS**
- **BUILDING CONSTRUCTIONS, BUILDINGS AND STRUCTURES, BASISES AND FOUNDATIONS**
- **LIFE SAFETY IN ENVIRONMENTALLY ADVERSE CONDITIONS**
- **PHISICALAND CHEMICAL PROCESSESIN ENVIROMENTS, MATERIALS AND PRODUCTS**

The Journal materials are published in the author's edition and registered
in the Russian scientific citation index

Responsibility for the reliability of the information published in the papers is on the authors

Reprinting of Journal materials is allowed only with the permission of the editorial staff

Scientific-and-Technical Journal «High Technologies in Construction Complex» is published twice a year (May, December)

Scientific-and-Technical Journal. High Technologies in Construction complex. All rights reserved

Научно-технический журнал

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Главный редактор – д-р техн. наук, проф. В.А. Жулай

Зам. главного редактора – канд. техн. наук., доц. В.Л. Тюнин

Ответственный секретарь – канд. техн. наук., доц. А.Н. Щиенко

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Д-р техн. наук, проф. В.П. Подольский (г. Воронеж, ВГТУ); д-р техн. наук, проф. Т.В. Самодурова (г. Воронеж, ВГТУ); канд. техн. наук., доц. Н.М. Волков (г. Воронеж, ВГТУ); д-р техн. наук, проф. О.И. Поливаев (г. Воронеж, ВГАУ); канд. техн. наук., проф. Ю.М. Пурусов (г. Воронеж, ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»); д-р техн. наук, проф. В.А. Зорин (г. Москва, МАДИ); д-р техн. наук, проф. А.А. Романович (г. Белгород, БГТУ); д-р техн. наук, проф. Б.А. Бондарев (г. Липецк, ЛГТУ)

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.
Тел.: +7(473) 277-01-29, E-mail: stim.kaf@cchgeu.ru

© Воронежский
государственный
технический
университет, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

Волокитина О.А., Бахметьев Д.Р., Гелунов В.А. Технология блокчейн в строительной отрасли	6
Панасенко А.А., Жилин Р.А. Импортзамещение в промышленной сфере России.....	8
Шепелина П.В. Оценка эффективности интеграции облачных платформ и современного коммуникационного оборудования для задач логистики	13
Шепелина П.В. Повышение эффективности управления проектами в транспортном строительстве на основе технологий искусственного интеллекта.....	16

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Волокитина О.А., Бахметьев Д.Р., Гелунов В.А. Внедрение технологий умного здания.....	20
Клюева И.Е., Семенова Э.Е. Анализ проектирования лечебных учреждений с учетом энергосбережения	22
Чехонадских А.А., Семенова Э.Е. Анализ проектирования зданий с применением энергосберегающих светопрозрачных конструкций.....	29

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Габриелян Г.Е., Варнавский В.С., Некрасова Н.Н. Стержневой конечный элемент из нелинейно упругого материала.....	33
Корнилов Е.В., Волокитин В.П., Андреев А.В., Оськин Д.М. Использование самовосстанавливающегося асфальтобетона на территории Российской Федерации	37
Корнилов Е.В., Калгин Ю.И. Применение пропитки минеральных материалов для конструкций региональных автомобильных дорог переходного и низшего типов на основе диоксида кремния.....	40

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Мирзаман А.Ф., Николенко С.Д., Щиенко А.Н. Анализ дефектов фасадных систем музейного комплекса	45
---	----

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

Панин М.П., Жилин Р.А. Перспективы развития автомобилей с гибридной силовой установкой	51
---	----

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

Волокитин В.П., Волокитина О.А., Корнилов Е.В., Оськин Д.М. Строительная техника на автоматизированном управлении	58
Горбачев А.Е., Жилин Р.А. Проектирование пневматических линий	61

Данилов Р.Г., Андриухов Н.М., Заколадкин В.И., Литвак П.И., Заколадкин Е.И. Автомобильные двигатели для привода стационарной строительной техники.....	65
Жулай В.А., Скукин А.А. Анализ способов увеличения усилий на зубьях ковша гидравлических экскаваторов.....	72
Кондратьев А.В., Соколов Ф.А., Петрачков А.С., Павлов Ю.Н., Рамоданов М.А. Барабанный классификатор-измельчитель	79
Лобков В.А., Щербинин В.В., Стеганцов Н.О., Чуев А.А., Волков Н.М. Особенности диагностирования амортизаторов легковых автомобилей с применением современных технологий	83
Лобков В.А., Щербинин В.В., Стеганцов Н.О., Чуев А.А., Волков Н.М. Особенности технологии обкатки дизельных двигателей с использованием современных технологий и оборудования для автотранспортных предприятий и сервисов.....	87
Минин В.В., Кузнецов Г.А., Пугонин А.Е. Совершенствование конструкции шарнирного соединения полурам малогабаритного погрузчика	92
Павлов Ю.Н., Кочканян С.М., Масленников Д.Г., Кондратьев А.В. Совершенствование конструкции автогрейдера.....	99
Рублевский М.Л., Смирнов Н.С., Жилин Р.А. Проблемы при ремонте легкового автотранспорта	104
Трошко И.В., Чалова М.Ю., Горелова М.В. Механизация работ по закрытию и фиксации крышек полувагонов	107
Трошко И.В., Чалова М.Ю. Усовершенствование способа доставки диагностической машины на базе УАЗ в зону проведения путеизмерительных работ.....	114
Щербинин В.В., Лобков В.А., Волков Н.М. Анализ автоматизированных комплексов для расчета и проектирования конструкций в машиностроении	122
Щербинин В.В., Лобков В.А., Волков Н.М. Перспективные технологии в диагностировании подвесок легковых автомобилей.....	126

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Чернухин В.А., Строкин А.С., Каратаева Т.В., Пятин М.Г. Расчет глубины колеи в асфальтобетонном покрытии на автодорожных мостах с железобетонной плитой	131
--	------------

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

Волокитина О.А., Бахметьев Д.Р., Гелунов В.А. Применение беспилотных летательных аппаратов при строительстве и проектировании автомобильных дорог	137
Жидких Н.С., Логунова Е.А., Андрейкин А.А. Уточнение условий измерения твердости протектора пневматической шины гоночного автомобиля класса «Формула Студент»	140
Логунова Е.А., Каргашилов Д.В. Пожарная безопасность электробусов в России: проблемы эксплуатации и лучшие международные практики.....	144

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

Воробьев К.Д., Жилин Р.А. Перспективы использования спиртового топлива.....	148
Кирсанов А.Д., Чалова М.Ю., Трошко И.В. Моделирование тепловых процессов в плавильной камере снеготаятельного поезда.....	152

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

УДК 625.72

*Воронежский государственный
технический университет*

Канд. техн. наук, доцент

О.А. Волокитина;

Россия, г. Воронеж, тел. +7-910-349-72-56

e-mail: dixi.o@mail.ru

*Студент 4 курса Дорожно-транспортного
факультета*

Д.Р. Бахметьев

Россия, г. Воронеж, тел. +7(930) 420-06-64

e-mail: bakhmetev-danil@mail.ru

*Студент 4 курса Дорожно-транспортного
факультета*

В.А. Гелунов

Россия, г. Воронеж, тел. +7(930) 406-79-15

e-mail: gelunov36@gmail.com

Voronezh State

Technical University

Cand. Of Tech. Science, Associate prof.

O.A. Volokitina;

Russia, Voronezh, tel. +7-910-349-72-56

e-mail: dixi.o@mail.ru

*Fourth year student of the Faculty of Roads
and Transport*

D.R. Bakhmetev

Russia, Voronezh, tel. +7(930) 420-06-64

e-mail: bakhmetev-danil@mail.ru

*Fourth year student of the Faculty of Roads
and Transport*

V.A. Gelunov

Russia, Voronezh, tel. +7(930) 406-79-15

e-mail: gelunov36@gmail.com

О.А. Волокитина, Д.Р. Бахметьев, В.А. Гелунов

ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В статье представлена эффективность применения технологии в отдельных кейсах.

Ключевые слова: блокчейн, прозрачность, подотчётность, цепочки поставок, децентрализация.

O.A. Volokitina, D.R. Bakhmetev, V.A. Gelunov

BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

The article presents the effectiveness of using the technology in individual cases.

Keywords: blockchain, transparency, accountability, supply chains, and decentralization.

Тремя основными проблемами в строительной отрасли являются прозрачность, подотчётность и неэффективность, не в последнюю очередь потому, что в проектах часто участвуют многочисленные заинтересованные стороны и субподрядчики с конфликтующими приоритетами и требованиями. Технология блокчейн, которая обеспечивает прозрачный обмен информацией в рамках бизнес-сети, решает эти проблемы несколькими способами.

Во-первых, это позволяет беспрепятственно отслеживать продукты и материалы даже в самых сложных цепочках поставок, выявляя такие проблемы, как кражи и мошенничество.

Во-вторых, блокчейн способствует своевременным и экономически эффективным денежным переводам между несколькими сторонами и между разными регионами. Это особенно выгодно, когда разные заинтересованные стороны требуют разных форм оплаты. Технология гарантирует, что каждая транзакция и связанные с ней данные отслеживаются и регистрируются безопасно и прозрачно. Все чаще технологические решения BIM и блокчейн интегрируются для поддержки более надежного процесса заключения контрактов.

В-третьих, технология может отслеживать нарушения техники безопасности, происходящие на строительных площадках, чтобы обеспечить привлечение подрядчиков к ответственности. Любые данные, относящиеся к нарушению, будут храниться в блокчейне.

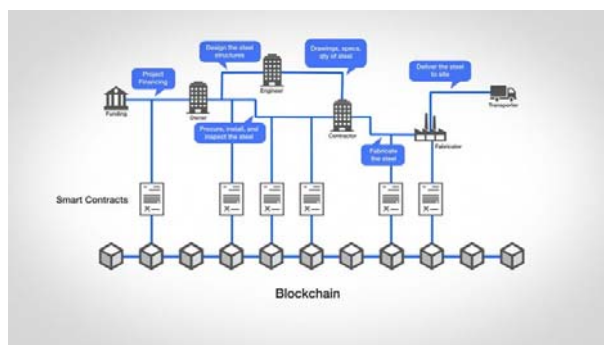


Рис. Схема работы блокчейна

Наконец, платформы управления проектами на основе блокчейна записывают все данные о проектах для улучшения сотрудничества между командами и повышения операционной эффективности.

Библиографический список

1. [Электронный ресурс] – <https://crypto.ru/blokchain-v-stroitelstve/?ysclid=mgzc8iffjz>.
2. [Электронный ресурс] – <https://www.bigrentz.com/blog/blockchain-in-construction>.

References

1. [Electronic resource] – <https://crypto.ru/blokchain-v-stroitelstve/?ysclid=mgzc8iffjz>.
2. [Electronic resource] – <https://www.bigrentz.com/blog/blockchain-in-construction>.

*Воронежский государственный
технический университет
Студент дорожно-транспортного
факультета
А.А. Панасенко
Россия, г. Воронеж,
тел. +7(995) 038-36-35
e-mail: panasenko.sanyok@gmail.com
Канд. техн. наук, доц. кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Р.А. Жилин
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18
e-mail: zhilinra@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Student of the Faculty of Road Transport
Faculty
A.A. Panasenko
Russia, Voronezh,
tel. +7(995) 038-36-35
e-mail: panasenko.sanyok@gmail.com
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
R.A. Zhilin
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-59-18
e-mail: zhilinra@yandex.ru*

А.А. Панасенко, Р.А. Жилин

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЕ РОССИИ

В статье рассматривается необходимость обеспечения технологического суверенитета России в условиях санкций. Проводится сравнительный анализ с опытом СССР. Идентифицируются системные риски и возможности двух принципиально разных моделей: плановой автаркии тогдашней эпохи и современной адаптации в условиях глобальной развязки.

Ключевые слова: импортозамещение в промышленной сфере, промышленное развитие.

A.A. Panasenko, R.A. Zhilin

IMPORT SUBSTITUTION IN THE INDUSTRIAL SECTOR OF RUSSIA

The article discusses the need to ensure Russia's technological sovereignty in the face of sanctions. A comparative analysis is carried out with the experience of the USSR. The systemic risks and opportunities of two fundamentally different models are identified: the planned autarky of that era and modern adaptation in the context of global denouement.

Keywords: import substitution in the industrial sector, industrial development.

Импортозамещение в промышленной сфере России и СССР имеет свои особенности и отличия. В СССР за одно десятилетие (1932–1942) доля отечественного оборудования на заводах выросла с 10% до 60%. В годы Великой Отечественной войны импорт практически прекратился, и предприятия вынуждены были полностью полагаться на внутренние ресурсы. В 1950–1960-е годы СССР совершил технологический прорыв: запустил первый спутник, создал первые реактивные пассажирские самолёты и первую в мире атомную электростанцию. СССР строил целостную, автаркическую (замкнутую) систему. Все было подчинено одной логике.

В России курс на импортозамещение декларируется с 2014 года, после введения взаимных санкций странами Запада и Россией. Начало СВО на Украине в 2022 году и усиление санкционной войны с недружественными странами ускорили процесс импортозамещения в России. Россия пытается залатать дыры в уже существующей, но поврежденной системе, изначально создававшейся как часть глобальной экономики.

СССР начинал во многом «с чистого листа» и в послевоенное время в некоторых областях шел вровень с мировым трендом (космос, атом). В современном производстве часто пытаются воспроизвести уже существующие на Западе передовые технологии (например, фототаблоны для чипов 28 нм и тоньше), при этом отставая на годы, а в некоторых случаях и на десятилетия.

СССР был исключен из глобальной экономики де-факто и де-юре. Россия остается ее частью, но связи перестроены: упала доля Запада, выросла доля Азии. Полная изоляция нашей страны, как это было для СССР, уже невозможна.

Для СССР часто главным был количественный показатель – выпуск чугуна, стали, тракторов. В настоящее время ключевые вызовы – качество и техническая сложность. Произвести много удобрений или стали – не проблема. Проблема – произвести современный станок с ЧПУ или медицинский томограф, сопоставимый с западными аналогами.

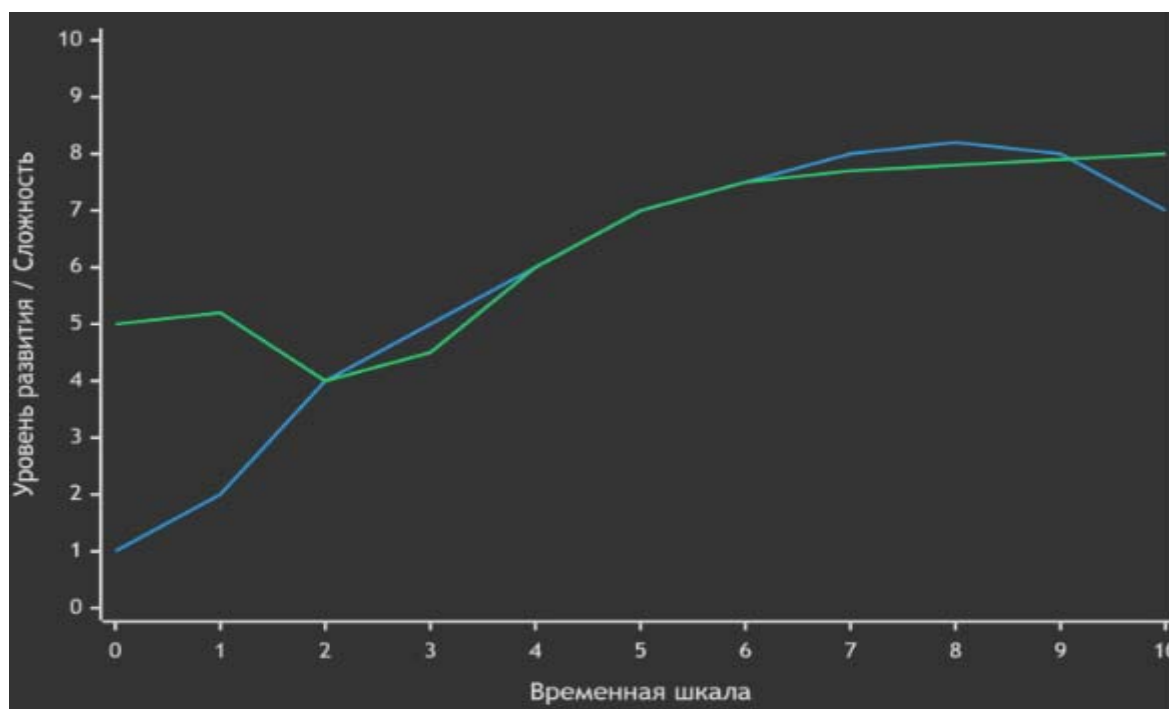


Рис. 1. Условная динамика промышленного развития в рамках импортозамещения (синяя линия – СССР, зеленая линия – Российская Федерация)

На рис. 1 представлен график промышленного развития в рамках импортозамещения. По оси X (Временная шкала) отложены условные периоды времени (годы/пятилетки), для СССР – это этапы индустриализации, для РФ – периоды до и после введения санкций (2014 и 2022 гг.). Ось Y (Уровень развития) представляет условный показатель, объединяющий объем выпуска, технологическую сложность и самодостаточность.

Анализируя получившуюся зависимость можно сказать, что СССР хоть и начинал с очень низкого уровня, но демонстрировал стабильный долгосрочный рост, основанный на плановом наращивании мощностей. Россия стартовала с гораздо более высокой точки (наследие СССР, интеграция в мировую экономику), но столкнулась с резким спадом из-за разрыва цепочек, после которого начался период адаптации и роста.

Кривая СССР – это классическая S-образная кривая роста с последующей стагнацией. Кривая России – это кризис с последующим восстановительным ростом, который, однако, сталкивается с "потолком" технологических ограничений (зависимость от импорта критических компонентов).

Рост в СССР был экстенсивным (больше построено заводов, больше стали, больше тракторов). Рост в России является интенсивным и точечным – он происходит в конкретных сегментах (ИТ, фарма, сельское хозяйство), но сдерживается в высокотехнологичных отраслях, требующих сложных глобальных кооперационных связей.

Этот график наглядно показывает, что современное импортозамещение – это не плановое восхождение с нуля, а борьба за восстановление и удержание ранее достигнутого технологического уровня в условиях внешнего давления.

В таблице 1 основным индикатором эффективности развития экономики является доля импортного оборудования в инвестициях в основные фонды (%).

Таблица 1

Российская Федерация в 2000 - 2023 гг.

Год	Доля импортного оборудования %	Ключевые события и тренды в промышленности
2000	~60%	После кризиса 1998 года, промышленность в упадке, новые станки — часто б/у из Европы.
2005	~70%	Сырьевой бум. Промышленность активно модернизируется, закупается современное западное оборудование (Германия, Италия, Япония).
2010	~75%	Пик зависимости. Вступление в ВТО не за горами, рынок открыт. Западные станки, автоматика, КИП — стандарт для любого современного производства.
2015	~65%	Первая волна импортозамещения. Санкции и контрсанкции. Начало программ в оборонпроме, АПК, станкостроении. Курс рубля упал, импорт подорожал.
2020	~55-60%	Медленное, точечное замещение в ВПК и ИТ. Кризис цепочек из-за пандемии показал уязвимость.
2021	~50-55%	Довоенный уровень. Зависимость все еще колоссальная, особенно в высокотехнологичных отраслях.
2022	~25-30%	Обвал. Санкции, уход западных производителей, разрыв логистики. Острая нехватка комплектующих (чипы, подшипники, ПО).
2023	~20-25%	Адаптация. Массированная переориентация на Китай, Турцию, Индию. Не "импортозамещение", а "импортозамещение". Активное развитие "серых" схем поставок.

Из таблицы видно, что доля импортного оборудования возрастает до максимальной величины 75% в 2010-2012 гг., затем следует плавное снижение после 2014 года. Резкое падение наблюдается в 2022 году и наконец стагнация на низком уровне в 2023, но не за счет своего производства, а за счет нового импорта из Азии.

Таблица 2 характеризует технологическую зависимость от Запада (условные единицы, от 1 до 10) и масштабы закупок заводов/технологий "под ключ". В это время не было рыночного импорта станков как в наше время, а были целенаправленные государственные закупки целых заводов и технологических линий для преодоления отставания.

СССР в 1960 - 1990 гг.

Год	Доля импортного оборудования %	Ключевые события и тренды в промышленности
1960-е	Низкий (10-15%) для кап (2-3%)	Ориентация на собственные разработки и технологии стран СЭВ (ГДР, ЧССР). Отставание в гражданских отраслях нарастает.
1970-е	Резкий рост (15-25%) для кап (10-15%)	Период "Разрядки" и нефтяного бума. Массированные закупки на Западе "под ключ": ВАЗ (ФИАТ, Италия), КамАЗ (с консорциумом западных фирм), химические комбинаты (например, "Полимир" в Новополоцке). Западные технологии купили для создания целых отраслей.
1980-е	(10-15%) от кап. (5-7%)	Отставание снова нарастает. Холодная война, санкции (трубопроводы, ВПК). Западные технологии становятся менее доступны, но зависимость от ранее купленного оборудования высока.
1985-1990 (Перестройка)	Падение до (4-5%)	Кризис, нехватка валюты. Промышленность стагнирует. Новых крупных закупок почти нет. Идет медленная деградация технологической базы 70-х.

Наблюдается низкий уровень в начале, затем резкий всплеск в 1970-е годы – большой горб на графике, связанный с гигантскими проектами вроде ВАЗа и КамАЗа (рис. 1) и постепенное снижение в 80-е из-за санкций и кризиса. Во время перестройки наблюдается спад до среднего уровня, в связи с прекращением закупок из-за отсутствия средств.

Сравнивая представленные данные видно, что масштаб интеграции в Российской Федерации к 2010 году был несравненно более глубоко завязан с западными технологическими цепочками по сравнению с СССР в лучшие годы. СССР покупал заводы, а РФ – буквально все компоненты для своей промышленности.

СССР зависел от точечных, но критически важных технологий для создания новых отраслей. РФ зависела от повседневных поставок всего – от подшипников до программного обеспечения.

Шоковый удар по промышленности РФ в 2022 году был мгновенным. В СССР процесс отставания и сокращения доступа к технологиям был растянут на десятилетия.

СССР так и не смог наладить массовое тиражирование и развитие купленных технологий (исключение – ВПК). Для РФ главной реакцией стала не столько разработка своего, сколько быстрая переориентация на новых поставщиков (в основном китайских), которые, по сути, предлагают те же западные технологии, но в копиях или через "серые" схемы.

Итоговый визуальный образ: график СССР – невысокий, но широкий "холм" в 1970-х; график РФ – высокий "пик" в 2010-х, а затем обрыв вниз, почти до нуля, с последующей стагнацией на низком уровне.

Это точечное сравнение, которое ярко показывает разницу двух эпох. Для построения настоящего графика использовались данные по РФ из Росстата ("Доля импорта машин и оборудования"), а для СССР – данные о закупках оборудования из развитых капиталистических стран по годам.

Выводы

Современное российское импортозамещение – это не повторение советского пути, а попытка найти новую модель в fundamentally иных условиях.

Сильная сторона СССР была в целостности и системности подхода, но это же привело к застою и отставанию.

Слабая сторона современной России – в фрагментарности, зависимости от импорта критических технологий и утечке кадров.

Сильная сторона современной России – в гибкости, возможности использовать опыт и технологии других стран (в первую очередь Азии), а также в наличии мощного финансового и сырьевого буфера, которого у СССР в последние десятилетия не было.

Таким образом, прямое сравнение некорректно. СССР строил закрытый мир, Россия пытается пересобрать свою промышленность для жизни в новом, измененном, но все же глобальном мире.

Библиографический список

1. Импортозамещение в СССР и России в военно-промышленном секторе: исторический опыт и текущие реалии современности. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/importozameschenie-v-sssr-i-rossii-v-voenno-promyshlennom-sektore-istoricheskiy-opyt-i-tekuschie-realii-sovremennosti>
2. Индустриализация в СССР (XX) и импортозамещение в России (XXI). Сходства и отличия. Тренды. — URL: https://dzen.ru/a/ZKeiQgB_-RzuaY_3
3. Клентак А.С., Козловский В.Н., Брачунова У.В., Стрижакова Е.В. Ведущий автопроизводитель и конкурентная среда на автомобильном рынке с позиции качества продукции // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 4. Тула: Изд-во ТулГУ, 2024. С. 18–23.

References

1. Import substitution in the USSR and Russia in the military-industrial sector: historical experience and current realities of the present. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/importozameschenie-v-sssr-i-rossii-v-voenno-promyshlennom-sektore-istoricheskiy-opyt-i-tekuschie-realii-sovremennosti>
2. Industrialization in the USSR (XX) and import substitution in Russia (XXI). Similarities and differences. Trends. — URL: https://dzen.ru/a/ZKeiQgB_-RzuaY_3
3. Klentak A.S., Kozlovsky V.N., Brachunova U.V., Strizhakova E.V. The leading automaker and the competitive environment in the automotive market from the standpoint of product quality. Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Technical sciences. Issue 4. Tula: TulSU Publishing House, 2024. pp. 18-23.

*Российский университет транспорта
Канд. техн. наук, доцент кафедры
Наземные транспортно-технологические
средства П.В. Шепелина
Россия, г. Москва, тел. +7(925) 047-18-11
e-mail: p.shep@yandex.ru*

*Russian University of Transport ,
D.Sc.(Engineerin), Associate Prof. of the Dept.
of Land Transport and Technological Facilities
P.V. Shepelina
Russia, Moscow, tel. +7(925) 047-18-11
e-mail: p.shep@yandex.ru*

П.В. Шепелина

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ ОБЛАЧНЫХ ПЛАТФОРМ И СОВРЕМЕННОГО КОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ЛОГИСТИКИ

Рассмотрен синтез облачных вычислений совместно с различными мобильными аппаратами. Исследованы варианты сочетания различных перспективных направлений для информационно-интеллектуальных систем, применяемых в логистических функциях. Рассмотрены варианты соотношений мобильной управляющей аппаратуры и облачных вычислений. Рассмотрена характеристика систем связи в облачных вычислениях.

Ключевые слова. Мобильные облачные вычисления, беспроводные сети, клаудлет, динамический синтез виртуальной машины, модель связи Alfreda.

P.V. Shepelina

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF INTEGRATION OF CLOUD PLATFORMS AND MODERN COMMUNICATION EQUIPMENT FOR LOGISTICS TASKS

The synthesis of cloud computing in conjunction with various mobile devices is considered. The options for combining various promising areas for information and intelligent systems used in logistics functions are investigated. The variants of the ratios of mobile control equipment and cloud computing are considered. The characteristics of communication systems in cloud computing are considered.

Keywords: mobile cloud computing, wireless networks, cloudlet, dynamic synthesis of a virtual machine, Alfreda communication model.

Мобильные аппараты, осуществляющие непосредственное управление, связь (это в основном планшеты и смартфоны), а также облачные вычисления обеспечивают старт и запуск ресурсоемких приложений интернета. Такого рода приложения, установленные в сверхбыстродействующие беспроводные сети, как правило, применяются как интерфейс для облачных сервисов в интернете.

Глубокоувязанная система, включающая портативные вычислительные устройства, беспроводную связь и облачные вычисления, позволили создать мощную базу для следующего эволюционного развития - новой модели вычислений, имеющей термин «мобильные облачные вычисления». Наиболее мощную интеллектуальную основу для современных мобильных облачных вычислений создают также процессы хранения и обработки информации, реализующиеся непосредственно «в облаке». Но необходимо отметить, что приложение обязано быть не только активным, но и мгновенно отзываться на запросы пользователя. При ви-

доизменении окружения программа должна автоматически перенаправлять реализацию решаемых ею задач или на мобильные устройства или в облако. Естественно, такое видоизменение места проведения расчетов не должно ухудшать качество вычислений [1].

Сравнительная аналитика современных моделей облачных вычислений позволяет отметить следующие аспекты. Популярное электронное устройство CloneCloud обеспечивает нивелировку параметров смартфонов используя объем памяти, быстродействие вычислений и, конечно, мощного аккумулятора. Эта модель базируется на подходе «расширенного выполнения» (augmentedexecution). Построение и внутренняя структура CloneCloud обеспечивает синтезированный перенос клонов программы в облако. Такого рода метод обеспечивает заметную эффективность обработки данных на мобильном устройстве, использующем потенциал облачного образования. Процесс переноса решаемых задач в «облако» осуществляется с учетом следующих факторов: длительность аналитики задач, объема используемой энергии, а также величин финансовых затрат. Здесь, в этой модели, требовательная к ресурсам приложения информационная база обрабатывается, непосредственно на конкретном мобильном устройстве [2].

Уязвимым звеном внутренней структуры можно считать трудоёмкость разработки сложного приложения для мобильного устройства и для программного обеспечения, функционирующего в облаке. Это обусловлено высокой многовариантностью решений при реализации программы.

Современным методом, используемым для достижения данной задачи может являться применение клаудлетов (cloudlet). Мощности особого программного обеспечения мгновенно формируют клон операционной системы с работающими приложениями и дублируют такой клон на отдельный компьютерный блок или облако, имеющее термин “клаудлет”. Рассматриваемый метод основывается на так называемом динамическом синтезе виртуальной машины (virtualmachine (VM)). Мобильный вариант модели формирует дифференциальное представление системы, основанное на сравнительном анализе между реальным положением операционной системы и базовой версии. Обеспечивающие программы адаптируют такого рода образ на базовую VM, что в дальнейшем позволяет выводить оперативную систему из положения, в котором она была зафиксирована на модели мобильного аппарата. Важнейшим минусом в применении клаудлетов может быть потребность в использовании оригинального и программного обеспечения. Оно формирует клон функционирующей операционной системы, переправляя его на связанную удаленную систему. Следует учесть, что при таком подходе необходима работа сверхбыстрых каналов передачи данных.

Оригинальным вариантом также можно считать модель связи Alfredo, обеспечивающей дифференциацию программных модулей в увязке с мобильным телефоном - сервером. Такая модель, как Alfredo, помогает системным программистам вычленять различные отображения и непосредственное осуществлять информационные вычисления. Следует отметить, что непосредственные расчеты производятся на сервере. В модели Alfredo. Здесь программа включает модели, обеспечивающие концентрированные расчеты больших баз данных и их развертывание на периферийных серверах. Также серьезным минусом такой модели можно считать присутствие сервисной компоненты на периферийных серверах. Это не позволяет удовлетворять потребность в динамическом развертывании вновь разрабатываемых пользовательских приложений при расширении рынка мобильных клиентов. Аналогичный Alfredo способ использован в устройстве, которое осуществляет сферу переноса отдельных фрагментов мобильного кода в облачные расчеты. Устройство MAVIпредназначена для своей усиленной независимой работы с кодом развертывания.

В практике также используется модель, осуществляющая дифференциацию конкретных приложений на индивидуальные подсистемы динамической конфигурации исполнения. Подсистемы веблеты (weblets) автономны от базовой платформы и разрабатываются совместно с различными вычислительным обеспечивающим программным обеспечением. При этом используются мобильные модели устройств или облако уровня IaaS. В основном веблеты способствуют обеспечению результатов для главной массы клиентской базы. Хотя здесь и имеются недостатки, не позволяющие в полной мере решить проблему самостоятельного

доступа к периферийным сервисам. Так же здесь отсутствует автономность. Приложения к программам обычно имеют свои особенности. Так, например, приложение имеет способность незаметно перетекать из одного облака в другое. Такое перетекание приложений позволяет при необходимости остановить технологии вычислений и перенести их на другую программную основу с сохранением всех параметров. Это известный процесс, который фигурирует, как непрерывная (seamless) мобильность. Комплексный процесс ISRInternetSuspend/Resume-способствует функции по постепенной остановке расчетов определенного интернет ресурсов и инсталляция этих же расчетов на других мощностях. Недостатки ISR проявляются в весьма медленном переносе расчетов с одной виртуальной машины на другую. Во-вторых, здесь обязательно должен быть идентичный вариант платформ, иначе будет происходить длительный период осуществления расчетов [3].

Выводы

В итоге можно отметить, что использованные модели могут применяться для реализации строго определенных целей. И в условиях изменяемых условий внешнего окружения для современных интернет- и облачных расчетов они должны соответствовать определенным характеристикам:

- способствовать скорости и эффективности решений о переносе расчетов на периферийные системы;
- существующий интегрирующий код должен быть независимым и способностью автоматически вычленивать и использовать конкретную информацию;
- осуществлять масштабируемость;
- способствовать высокой степени защиты от нежелательных взломов;
- периферийный код обеспечивает независимую связь с моделью мобильного устройства;
- оптимизировать финансовые затраты с процессами протекания информации от одного облачного массива к другому.

Такого рода ограничения соответствуют модели, которая базируется на специальных программных носителях, обеспечивающих системное функционирование рынка мобильной клиентуры и периферийной облачной среды.

Библиографический список

1. Шепелин Г.И., Александрова Л.Р. Страхование интеллектуальной собственности (ноу-хау) и франчайзинг // Научно-издательский центр АЭТЕРНА «Тенденции и перспективы развития науки XXI века» Сборник научных статей Выпуск 33 Часть I Уфа, 2017. С. 4-10.
2. Шалагинов А.В. CloudComputing - "облачные вычисления" // Технологии и средства связи. №5, 2010. - С. 15-17.
3. Hewitt C. ORGs for scalable, robust, privacy - friendly client cloud computing // IEEE Internet Computing. Vol. 12, No. 5, 2005. - P. 96-99.

References

1. Shepelin G.I., Alexandrova L.R. Intellectual property insurance (know-how) and franchising // AETERN Scientific Publishing Center "Trends and prospects of science development of the XXI century" Collection of scientific articles Issue 33 Part I Ufa, 2017. pp. 4-10.
2. Shalaginov A.V. CloudComputing - "cloud computing" // Technologies and means of communication. No. 5, 2010. pp. 15-17.
3. Hewitt C. ORGs for scalable, robust, privacy - friendly client cloud computing // IEEE Internet Computing. Vol. 12, No. 5, 2005. - P. 96-99.

*Российский университет транспорта
Канд. техн. наук, доцент кафедры
Наземные транспортно-технологические
средства П.В. Шепелина
Россия, г. Москва, тел. +7(925) 047-18-11
e-mail: p.shep@yandex.ru*

*Russian University of Transport ,
D.Sc.(Engineerin), Associate Prof. of the Dept.
of Land Transport and Technological Facilities
P.V. Shepelina
Russia, Moscow, tel. +7(925) 047-18-11
e-mail: p.shep@yandex.ru*

П.В. Шепелина

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Рассмотрен один из актуальных методов управления транспортного строительства – Project management с использованием искусственного интеллекта. Произведен анализ и выявлены перспективы метода с учетом применения современных научных разработок.

Ключевые слова: управление проектами, искусственный интеллект, машинное обучение, интеллектуальные интерфейсы, диаграмма Ганта.

P.V. Shepelina

IMPROVING THE EFFICIENCY OF PROJECT MANAGEMENT IN TRANSPORT CONSTRUCTION BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

One of the most relevant methods of transport construction management is considered – Project management using artificial intelligence. The analysis was carried out and the prospects of the method were identified, taking into account the application of modern scientific developments.

Keywords: project management, artificial intelligence, machine learning, intelligent interfaces, Gantt chart.

Управление проектами (Project Management) в транспортном строительстве в настоящее время заслужило признание как самостоятельное научно-практическое направление, использование которого усиливает качество и эффективность достижения поставленных целей в гарантированные сроки с минимальными затратами.

Непосредственно управление проектами может дифференцироваться по:

- типам;
- масштабу;
- сложности.

Практика подтверждает, что трудоемкость работы в проектах составляет от 30 до 70% рабочего времени управленцев среднего и высшего эшелона (в зависимости от структуры и отраслевой принадлежности). В условиях обострения конкуренции эффективная реализация проектов развития является решающим аргументом для выживаемости бизнеса [1].

Для нашей страны проектное управление в транспортном строительстве – это относительно свежее направление деятельности, активно используемое во всех сферах промышленного строительства. Современное внедрение ГОСТов в менеджмент проектов, программ и портфелей транспортного строительства способствует более упорядоченному и рациональному использованию всех имеющихся возможностей, как в России, так и на международном уровне. Интересен при этом спектр используемых разнообразных графиков и диаграмм. Остановимся на наиболее часто применяемой диаграмме Ганта – разновидности столбчатых диаграмм. Она эффективно применяется в управлении проектами на транспортном строительстве [2]. Также ее могут применять для фактического рассмотрения графика работ по конкретному проекту. Это единственный график, применяемый в управлении проектами транспортного строительства. Методика работы с диаграммами Ганта не нуждается в специальной подготовке, а также особых навыках. Это способствует их широкому распространению. И в условиях применения цифровизации, когда все трудоемкие процедуры работают на основе компьютерных алгоритмов, то любой человек может разработать диаграмму Ганта, с помощью своего гаджета.

Диаграмма Ганта позволяет увидеть:

1. Сроки начала и завершения любого проекта
2. Продолжительность задач: когда они начинаются и заканчиваются
3. Время выполнения очередной задачи
4. Персонализация каждой конкретной задачей
5. Методы синтеза задач

Портал InformationWeek рассматривает достоинства и недостатки применения искусственного интеллекта в управлении информационно-техническими проектами.

Отметим следующие достоинства: искусственный интеллект - совершенный механизм для обработки больших объемов данных

Искусственный интеллект существенно превышает человеческие возможности во многих сферах, особенно в обработке больших баз данных. «Анализ больших баз данных с активным использованием искусственного интеллекта и машинного обучения обеспечивает менеджменту быстроту и качественность в разработке проектов с учетом имеющегося опыта [3]. При этом появляется возможность предугадывать возможные риски, негативно влияющие на положительные результаты проекта», – заявляют высшие менеджеры (например, гендиректор DevOps Institute Джейн Гролл). При этом акцентируется, что искусственный интеллект обязан являться миссией с постоянной поддержкой и не должен быть де-факто аналогом продакт-менеджера. Реализация Artificial intelligence (AI) актуально в условиях, когда DevOps-команду синтезируют с облачными массивами информации или в условиях разработки проектов сверхдолгосрочного порядка. В этих условиях комплекс программ, обеспечивающих обработку данных с помощью AI, используют для разработки аналитических платформ, создания интегрированных результатов, синтеза данных. Интрига состоит в том, что интеллектуальная обработка облачных баз данных позволяет вывить небесспорные, но перспективные решения. В действительности лидеры разработок по транспортному строительству должны быть наделены могучим IQ интеллектом. Они должны априори подготовить совокупность проблем, для достижения поставленных задач, на которые AI может дать компетентный ответ.

Аналитика позволяет сформулировать недостатки в разработках Giga Chat и проблематике управления проектами, что характеризуется лишь ранними стадиями исследований.

Различные иерархические уровни управленцев недостаточно полно учитывают предложения ИТ-специалистов по капиталовложениям в разрабатываемые интегральные схемы. Как правило, свое отрицание растолковывается весьма слабой компетентностью потенциала AI для управления проектами, из-за высокой результативности классических разработок.

Особо следует отметить передовой опыт ведущих зарубежных фирм. Так, фирма Psoda (Новая Зеландия) уже использует в своей деятельности разработки для координации физических и цифровых Канбан – планшетов. Аппендикс PsodaVision (локальный искусственный интеллект), реализующий современные разработки машинного зрения, обладает возможностью регистрировать в своих анналах оптические сведения на машинных носителях – картах Канбан в дальнейшем репродуцировать на внешние экраны визуальный материал. Анализ функционирования фирмы Psoda свидетельствует об успешном применении разработок по управлению различными проектами, включая сферу транспортного строительства. Эти проекты достигают суммарной стоимости более 15 миллиардов долларов.

Будущие перспективы DevOps-команды предполагают развитие следующих магистральных направлений: а) достижение устойчивой зрелости, б) разработка перспективных направлений AI. При этом следует отметить расширение применения искусственного интеллекта в бизнес-среде.

Несомненным достоинством искусственного интеллекта является закономерное снижение затрат на проект.

Важной особенностью по управлению проектами, в том числе на транспортном строительстве, является не только в контроль границ бюджетных лимитов, но и управляемый контроль затрат. Разработки фирмы Accenture, позволяют усовершенствовать такие проекты как управление пределами бюджетных лимитов, контроль управления затратами достигает 54% рабочего времени руководителя проекта. Но AI в дальнейшем сократит эти данные.

Способности искусственного интеллекта широки, включая вывод своих результатов на экран, выявляя в ходе реализации проекта проблемные области, которые, как правило не проявляются в ходе обычной проверки. И только искусственный интеллект в процессе комплексной оценки позволяет выявлять такого рода скрытые проблемы. Оптимальное использование AI – это применение цифрового материала для расчета среднестатистических временных расходов по анализу проекта по управляющим воздействиям, а также выявление времени на концовку проекта. Возможное превышение бюджета возникает спонтанно, особенно в случаях их меньшего ожидания. Использование искусственного интеллекта конкретизирует менеджменту проектов возможности по минимизации проблем, прежде чем они станут неуправляемыми.

Негативный фактор выражается в том, что «сырые» данные приводят искусственный интеллект к неверным результатам.

Использование принятия решений, с использованием AI не всегда является абсолютной истиной. Такой подход дает недостаточно верное отражение итоговых результатов. К тому же менеджмент проектов, включая транспортное строительство – являет собой синтез практики и искусства. Здесь важно правильное соотношение, незримая грань между интеллектуальной аналитикой, базирующейся на AI и кураторством менеджеров в продуктах и проектах – отмечает Гролл.

Практика применения AI активно использует такую функцию, как подготовка данных. Фирмам, имплантирующим AI, для контроля за проектами транспортного строительства следует иметь ввиду, что при этом необходимы затраты на очистку и обучение данных. Следует при этом отметить, формирование цифрового массива для эффективной деятельности алгоритмов считается трудоемкой и затратной сферой интеллектуальной деятельности. При этом подготовка данных для работы алгоритмов является наиболее тяжелой и затратной областью обучения. Не осуществив процедуру обучения по вводу данных, организация начинает работать на искаженных данных. При этом будут перерабатываться и получаться неверные результаты.

Понятно, что управление проектами, включая проекты транспортного строительства, диктует необходимость присутствия человека.

И, наконец, можно суммировать тезисы по применению AI для контроля за проектами, включая транспортное строительство. В настоящее время это современное НОУ-ХАУ. Подытоживая отметим, что новейшие алгоритмы в решениях для контроля над проектами, совместно с проектами по транспортному строительству не позволяют надеяться на 100% положительный итог. Поэтому это является основанием о необходимости жесткого контроля за цифровыми массивами, которые выдает AI, хотя и минимизирует негативные результаты.

Библиографический список

1. Газаров, А. Р. Преимущества использования искусственного интеллекта в сфере строительства / А. Р. Газаров // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2020. – №4. – С. 136-139.
2. Асаул, В. В. Применение искусственного интеллекта в менеджменте строительной отрасли / В. В. Асаул, М. В. Петухов, Н. К. Пономарев, А. А. Никулин // Финансовые рынки и банки. – 2022. – №1. – С. 87-90.
3. Крюков, К. М. Возможности использования искусственного интеллекта в строительстве / К. М. Крюков, А. М. Метлёв // ИВД. – 2022. – №10 (94). – С. 51-60.

References

1. Gazarov, A. R. Advantages of using artificial intelligence in the field of construction / A. R. Gazarov // News of Tula State University. Technical science. – 2020. – No. 4. – pp. 136-139.
2. Asaul, V.V. Application of artificial intelligence in the management of the construction industry / V.V. Asaul, M.V. Petukhov, N.K. Ponomarev, A.A. Nikulin // Financial markets and banks. – 2022. – No. 1. – pp. 87-90.
3. Kryukov, K. M. Possibilities of using artificial intelligence in construction / K. M. Kryukov, A. M. Metlev // IVD. – 2022. – No. 10 (94). – P. 51-60.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 625.72

*Воронежский государственный
технический университет*

Канд. техн. наук, доцент

О.А. Волокитина;

Россия, г. Воронеж, тел. +7-910-349-72-56

e-mail: dixi.o@mail.ru

*Воронежский государственный
технический университет*

*Студент 4 курса Дорожно-транспортного
факультета*

Д.Р. Бахметьев

Россия, г. Воронеж, тел. +7(930) 420-06-64

e-mail: bakhmetev-danil@mail.ru

*Воронежский государственный
технический университет*

*Студент 4 курса Дорожно-транспортного
факультета*

В.А. Гелунов

Россия, г. Воронеж, тел. +7(930) 406-79-15

e-mail: gelunov36@gmail.com

Voronezh State

Technical University

Cand. Of Tech. Science, Associate prof.

O.A. Volokitina;

Russia, Voronezh, tel. +7-910-349-72-56

e-mail: dixi.o@mail.ru

Voronezh State

Technical University

*Fourth year student of the Faculty of Roads
and Transport*

D.R. Bakhmetev

Russia, Voronezh, tel. +7(930) 420-06-64

e-mail: bakhmetev-danil@mail.ru

Voronezh State

Technical University

*Fourth year student of the Faculty of Roads
and Transport*

V.A. Gelunov

Russia, Voronezh, tel. +7(930) 406-79-15

e-mail: gelunov36@gmail.com

О.А. Волокитина, Д.Р. Бахметьев, В.А. Гелунов

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УМНОГО ЗДАНИЯ

В статье рассматриваются современные методы внедрения систем умного здания. Анализируются преимущества использования технологические аспекты их применения, а также перспективы развития такого направления.

Ключевые слова: умное здание, системы умного здания, автоматизированное управление, голосовые помощники, датчики.

O.A. Volokitina, D.R. Bakhmetev, V.A. Gelunov

INTRODUCTION OF SMART BUILDING TECHNOLOGIES

The article discusses modern methods of implementing smart building systems. It analyzes the advantages of using technological aspects of their application, as well as the prospects for developing this field.

Keywords: smart building, smart building systems, automated control, voice assistants, and sensors.

Умное здание – это структура, оснащённая интегрированными системами и передовыми технологиями для автоматизированного управления отоплением, вентиляцией и кондиционированием, освещением, безопасностью, энергопотреблением.

Основу таких систем составляют датчики, интернет и аналитические платформы, позволяющие оптимизировать работу здания, снижать энергозатраты и повышать комфорт пользователей.

Искусственный интеллект и интернет формируют ядро «умного» здания, датчики фиксируют изменения в работе оборудования, а AI анализирует данные и предсказывает поломки. Системы самостоятельно регулируют температуру, освещение и вентиляцию с учётом внешних условий, и поведения пользователей. При помощи внедрения голосовых помощников (Яндекс Алиса, Google Assistant) управлять такими системами можно с любых устройств.

Внедрение технологий умного дома позволяет снизить затраты на энергопотреблении до 30% за счёт автоматизации. Увеличивается стоимость недвижимости, а также повышается комфорт.

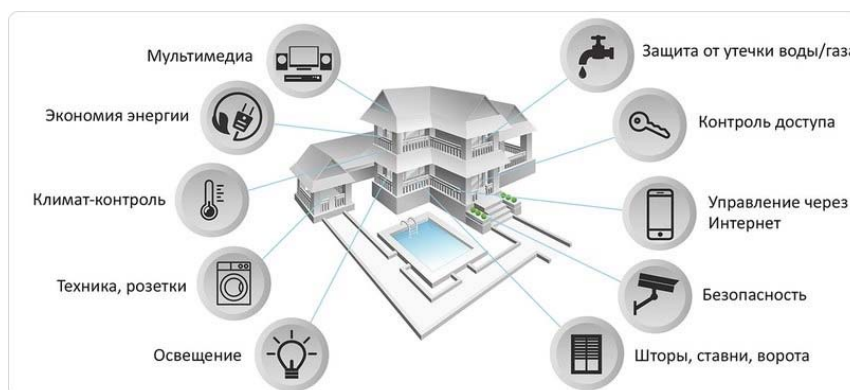


Рис. Схема устройства умного здания

Рост числа подключённых устройств повышает риски кибератак, что требует новых решений:

- биометрические системы – распознавание лиц, отпечатков пальцев, венозного рисунка;
- защищённые IoT-устройства – применение протоколов безопасности для защиты от взлома;
- AI-анализ поведения – выявление подозрительных действий и блокировка доступа.

В перспективе такие системы можно усовершенствовать при помощи внедрения систем 5G, что позволит ускорить обмен данных между устройствами.

Рынок умных зданий переживает экспоненциальный рост: к 2025 году его объём может достичь \$50 млрд, а среднегодовой темп роста составит 24% до 2032 года.

Умные здания становятся не просто трендом, а необходимостью для устойчивого развития городской среды, сочетая технологическую эффективность, экологичность и качество жизни.

Библиографический список

1. Тесля Е. Умный дом своими руками. Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире. – СПб.: Питер, 2023. – 320 с.
2. [Электронный ресурс] - <https://sovet-ingenera.com/umniy-dom/chto-takoe-umnyj-dom.html>.

References

1. Teslya E. Smart Home with Your Own Hands. Building an Intelligent Digital System in Your Apartment. – St. Petersburg: Peter, 2023. – 320 p.
2. [Electronic resource] - <https://sovet-ingenera.com/umniy-dom/chto-takoe-umnyj-dom.html>.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доц. кафедры
проектирования зданий и сооружений
им. Н.В. Троицкого Э.Е. Семенова
Магистр кафедры проектирования зданий
и сооружений им. Н.В.Троицкого
И.Е. Ключева
Россия, г.Воронеж, тел. +79191824660
e-mail: irisha.bod7391@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Professor, Department of Design of Buildings
and Structures N.V. Troitsky
E.E. Semenova
Master of the Department of Design
of Buildings and Structures N.V. Troitsky
I.E. Klyueva
Russia, Voronezh, tel. +79191824660
email: irisha.bod7391@yandex.ru*

И.Е. Ключева, Э.Е. Семенова

АНАЛИЗ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕЧЕБНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ С УЧЕТОМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

В данной статье рассмотрен анализ проектирования лечебных учреждений направленный на повышение энергоэффективности зданий, рассмотрены принципы повышения энергосбережения и современные решения.

Ключевые слова: энергоэффективность зданий, теплоизоляция стен, автоматизация, оптимизация, отопление, вентиляция, лечебные учреждения, возобновляемые источники энергии.

I.E. Klyueva, E.E. Semenova

ANALYSIS OF MEDICAL FACILITIES DESIGNING WITH ENERGY SAVING IN VIEW

This article provides an analysis of the design of medical facilities aimed at improving the energy efficiency of buildings, as well as the principles of energy conservation and modern solutions.

Keywords: energy efficiency of buildings, thermal insulation of walls, automation, optimization, heating, ventilation, medical institutions, renewable energy sources.

В настоящее время современные лечебные учреждения представляют собой сложный инженерно-технический комплекс с высоким и круглосуточным уровнем энергопотребления. Энергоэффективность в современном архитектурно-строительном проектировании является не только необходимостью, но и важным приоритетом для достижения устойчивого развития [4]. Высокие требования к микроклимату: температура, влажность, чистота воздуха, необходимость обеспечения бесперебойной работы медицинского оборудования, системами стерилизации, горячего водоснабжения – все это формирует значительную нагрузку на энергетические ресурсы. В условиях растущих тарифов на энергоносители и ужесточения экологических нормативов, задача проектирования энергоэффективных лечебных учреждений переходит из разряда желательных в категорию обязательных.

При проектировании зданий необходимо проанализировать комплекс проектных решений, направленных на существенное снижение энергетических затрат на этапах строительства и эксплуатации лечебных учреждений без ущерба для их основного функционального назначения.

Для понимания и формирования эффективной стратегии энергосбережения необходимо четко понимать структуру потребления энергии. Структура типичного энергопотребления лечебного учреждения представлена на рис. 1.

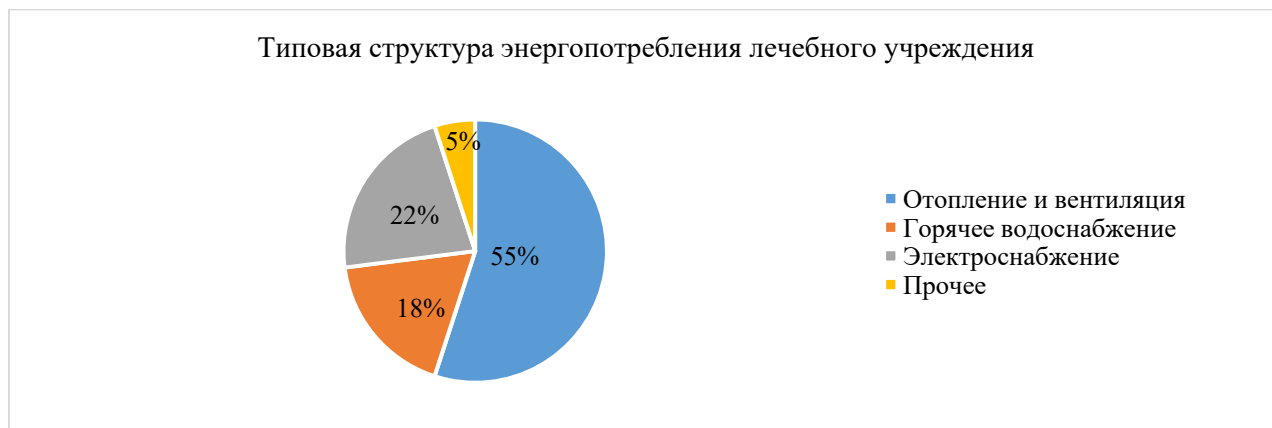


Рис. 1. Типовая структура энергопотребления лечебного учреждения

Энергопотребление лечебных учреждений имеет ярко выраженную специфику, определяемую строгими санитарными требованиями и особенностями технологических процессов. Структура затрат распределяется следующим образом

- отопление и вентиляция (50-60%): наибольшая доля затрат обусловлена необходимостью компенсации теплопотерь и подогрева приточного воздуха в огромных объемах, требуемых санитарными нормами.
- горячее водоснабжение (15-20%): высокий расход на санитарно-гигиенические нужды (души, умывальники), а также технологические процессы (стерилизация, прачечные).
- электроснабжение (20-25%): освещение, работа медицинского и технологического оборудования, системы кондиционирования в отдельных помещениях (операционные, лаборатории).
- прочие системы (5%): холодоснабжение, пищеблок и т.д.

Данный анализ показывает, что основное внимание проектировщика должно быть сконцентрировано на системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения [3].

Выбор оптимальных конструктивных решений на стадии проектирования позволяет существенно снизить эксплуатационные расходы. В табл. 1 представлен сравнительный анализ традиционных и энергоэффективных решений для ограждающих конструкций с оценкой их влияния на теплозащитные характеристики здания.

Основой энергоэффективности является качественная оболочка здания.

- оптимизация ориентации и компактности: здание должно иметь компактную форму с минимальным коэффициентом ограждающих конструкций к объему. Ориентация по сторонам света позволяет максимально использовать пассивное солнечное отопление (за счет остекления южного фасада) и минимизировать перегрев (за счет солнцезащитных элементов).
- повышенная теплозащита ограждающих конструкций: применение современных теплоизоляционных материалов с низким коэффициентом теплопроводности для стен, кровли, цоколя [1]. Требуется особое внимание к устранению «мостиков холода» в узлах примыканий.

Таблица 1

**Сравнительные характеристики энергоэффективных решений
в ограждающих конструкциях**

Наименование конструктивного элемента и характеристика	Традиционное решение	Энергоэффективное решение	Эффект (снижение теплопотерь)	Дополнительные преимущества	Ориентировочное увеличение стоимости, %
наружные стены					
сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$	2,5-3,0	4,5-6,0	до 40%		
конструктивное решение	железобетон с минераловатным утеплителем 100 мм	слоистая кладка с утеплением 200-250 мм, вентилируемый фасад с теплоизоляцией 200-300 мм		повышение звукоизоляции, долговечности, устойчивости к температурным деформациям	15-25
оконные конструкции					
коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$	1,4-1,6	0,7-1,0	до 50%		
конструктивное решение	двухкамерный стеклопакет в стандартном ПВХ-профиле	трехкамерный стеклопакет с i-стеклом и аргоном в термомодифицированном алюминиевом профиле с терморазрывом		улучшение комфорта (исключение сквозняков), шумозащита до 40 дБ, повышенная светопропускающая способность	20-40
кровельные конструкции					
сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$	3,5-4,5	6,0-10,0	до 35%		
конструктивное решение	ж/б плита с утеплением 150 мм из минеральной ваты	инверсионная кровля с ЭППС 300-400 мм, «зеленая кровля» с дренажом и системой орошения		экологичность, увеличение срока службы гидроизоляции в 2-3 раза, эстетика, шумопоглощение	25-50 (для «зеленой» до 100)
конструкции пола					
сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$	2,0-3,0	4,0-5,0	до 25%		
конструктивное решение	цементно-песчаная стяжка без утепления	многослойная конструкция с теплоизоляцией из ЭППС 100-150 мм, система "теплый пол"		равномерное распределение температуры, повышенный тепловой комфорт	20-35

– энергоэффективные окна и светопрозрачные конструкции: использование многокамерных стеклопакетов с низкоэмиссионным (i- или k-стекло) и селективным покрытием, заполненных инертными газами (аргон, криптон). Рамы должны быть из материалов с низкой теплопроводностью (ПВХ, дерево, термомодифицированный алюминий).

Модернизация инженерных систем дает наиболее ощутимый экономический эффект.

– системы вентиляции с рекуперацией тепла: установка приточно-вытяжных установок с пластинчатыми, роторными или гликолевыми рекуператорами позволяет возвращать до 80-90% тепла от удаляемого воздуха и передавать его приточному (рис. 2). Для помещений с повышенными требованиями к чистоте воздуха (операционные, палаты интенсивной терапии) возможно применение систем с переменным расходом воздуха, которые снижают производительность в отсутствие людей.

– использование возобновляемых источников энергии:

- солнечные коллекторы: эффективны для подготовки горячей воды в технологических и санитарно-гигиенических целях, что значительно снижает нагрузку на традиционные источники тепла.

- тепловые насосы: позволяют использовать низкопотенциальное тепло грунта, грунтовых вод или воздуха для отопления и горячего водоснабжения. В условиях умеренного климата являются высокоэффективной альтернативой традиционным котельным.

- фотоэлектрические панели: могут быть интегрированы в кровлю или фасады для генерации электроэнергии для собственных нужд учреждения.

– энергоэффективные системы отопления и горячего водоснабжения: применение конденсационных котлов, использование погодозависимого регулирования, балансировка системы, установка индивидуальных тепловых пунктов с автоматическим регулированием.

– светодиодное освещение и датчики присутствия: полный переход на светодиодные источники света в сочетании с системами автоматического управления (датчики присутствия, освещенности, таймеры) позволяет сократить расход электроэнергии на освещение на 60...70%.

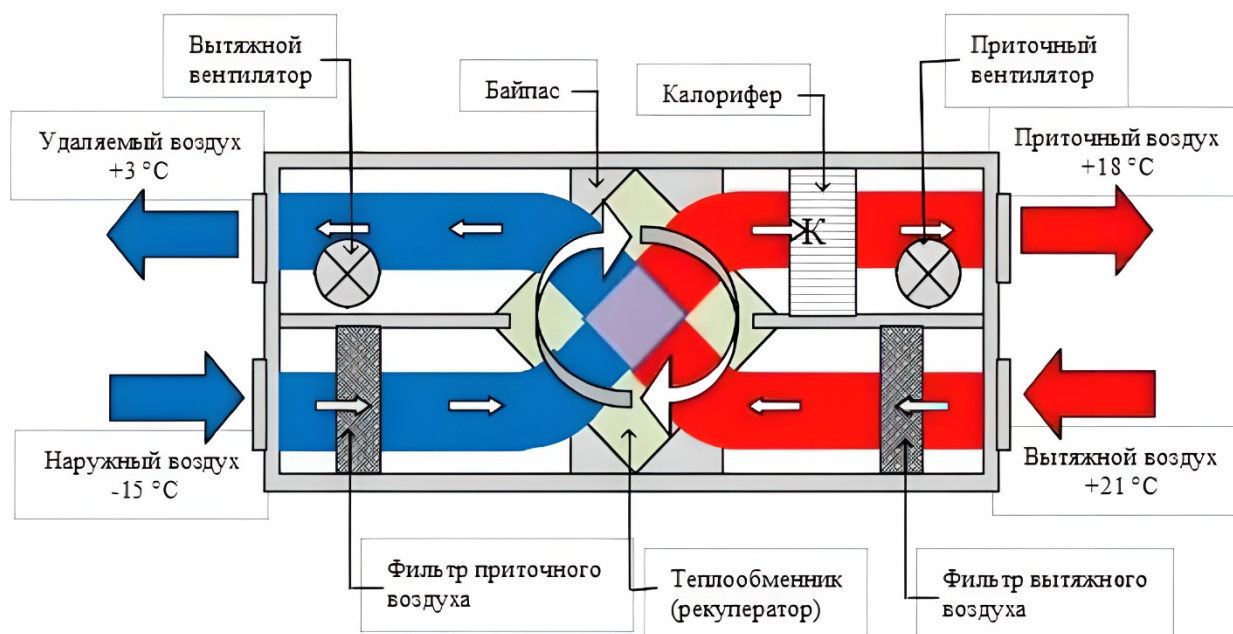


Рис. 2. Схема работы приточно-вытяжной установки с рекуператором тепла

Наибольший резерв для повышения энергоэффективности лечебных учреждений сосредоточен в модернизации инженерных систем. В табл. 2 представлен детальный анализ потенциала энергосбережения, сроков окупаемости и ключевых преимуществ для различных систем.

Таблица 2

Сравнительный анализ потенциала энергосбережения по системам ЛУ

Инженерная система	Традиционное решение	Энергоэффективное решение	Потенциал экономии, %	Ориентировочный срок окупаемости, лет	Ключевые преимущества, помимо энергосбережения
Система вентиляции	Прямоточная, без рекуперации	Приточно-вытяжная с рекуперацией (КПД 80%), VAV-системы	40-60% на подогрев приточного воздуха	3-7	Стабильность микроклимата, повышенное качество воздуха, снижение шума
Система отопления/ГВС	Стандартный газовый котел (КПД 90%)	Конденсационный котел (КПД 105-110%) + ИТП + солнечные коллекторы	25-40% (до 70% на ГВС в летний период)	5-10 (для ВИЭ)	Повышение надежности, модульность системы, снижение выбросов
Система освещения	Люминесцентные и галлогеновые лампы	Светодиоды + АСУ (датчики присутствия/освещенности, сценарное управление)	60-80%	2-4	Снижение тепловыделений, улучшение качества освещения (CRI), гибкое управление
Холодоснабжение	Чиллеры с воздушным охлаждением	Чиллеры с водяным охлаждением, высокоэффективные VRV-системы	20-30%	4-8	Повышение стабильности работы в пиковые нагрузки, снижение эксплуатационных затрат

Современное проектирование немислимо без использования технологий информационного моделирования зданий (BIM). BIM-модель позволяет:

- проводить энергетическое моделирование на ранних стадиях проекта, сравнивая различные варианты решений и выбирая наиболее эффективный.
- выявлять и устранять коллизии между инженерными системами до начала строительства.
- точнее рассчитывать теплотери и нагрузки.
- формировать «цифрового двойника» здания для последующей оптимизации его эксплуатации.

В табл. 3 представлен сравнительный анализ традиционного и BIM-подхода при проектировании лечебных учреждений, демонстрирующий комплексное влияние информационного моделирования на все этапы создания энергоэффективного объекта.

Как показывают данные, BIM-технологии не только сокращают сроки проектирования, но и существенно повышают точность расчетов энергопотребления, обеспечивая более обоснованный выбор инженерных решений и их координацию между различными разделами проекта.

Особое значение имеет возможность многовариантного анализа, позволяющего оптимизировать проектные решения на ранних стадиях и достичь значительного повышения энергоэффективности объекта.

Таблица 3

Сравнительный анализ традиционного и BIM-подхода
в проектировании энергоэффективных ЛУ

Критерий оценки	Традиционное проектирование	BIM-проектирование	Эффект от внедрения BIM
сроки проектирования	12-18 месяцев	8-12 месяцев	сокращение на 25-30%
точность расчетов энергопотребления	$\pm 15-20\%$	$\pm 5-7\%$	повышение точности в 3 раза
согласованность разделов проекта	ручная проверка коллизий	автоматизированная проверка	снижение ошибок на 40-50%
возможность оптимизации решений	ограниченный анализ вариантов	многовариантный анализ в реальном времени	повышение энергоэффективности на 10-15%
стоимость проектирования	100% (базовая)	110-120%	окупаемость за счет снижения эксплуатационных затрат

Проектирование лечебных учреждений с учетом принципов энергосбережения – это комплексная, междисциплинарная задача, требующая системного подхода. Успех достигается не за счет единичных мер, а благодаря синергии архитектурно-планировочных, конструктивных и инженерных решений, объединенных интеллектуальной системой управления.

Несмотря на более высокие первоначальные инвестиции, жизненный цикл энергоэффективного ЛУ демонстрирует значительную экономическую выгоду за счет резкого снижения эксплуатационных затрат. Кроме того, создание устойчивой, комфортной и экологичной среды напрямую соответствует миссии лечебного учреждения – способствовать здоровью и благополучию человека [2]. Внедрение данных принципов должно стать стандартом для всех вновь проектируемых и реконструируемых объектов здравоохранения.

Библиографический список

1. СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий". Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. - М.: Минрегион России, 2012. - 96 с.
2. СП 158.13330.2014 "Здания и помещения медицинских организаций". Актуализированная редакция СНиП 2.08.02-89. - М.: Минстрой России, 2014. - 84 с.
3. СП 60.13330.2016 "Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха". Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. - М.: Минстрой России, 2016. - 125 с.
4. Горборукова А.Д., Анализ отечественного и зарубежного опыта в проектировании энергоэффективных зданий/ А.Д. Горборукова, Э.Е. Семенова //Высокие технологии в строительном комплексе. 2025. № 1. С. 41-45.
5. Рекомендации по применению возобновляемых источников энергии в зданиях [Текст] / Под ред. В.И. Петрухина. - СПб.: Политехника, 2020. - 184 с.
6. BIM-технологии в проектировании медицинских учреждений [Текст] / А.К. Семенов, М.П. Воронова // Строительство уникальных зданий и сооружений. - 2021. - № 5(104). - С. 34-48.
7. Энергоэффективные решения для объектов здравоохранения [Текст] / Е.В. Морозова, П.С. Николаев // Энергосбережение. - 2020. - № 4. - С. 45-52.

8. Семенова Э.Е., Пути повышения энергоэффективности гражданских зданий / Э.Е. Семенова, М.Г. Самсонова, Д.Е. Нецепляев, В.Ю. Компанеец // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2019. №3 (36). С.20-24.

9. Семенова Э.Е. Мероприятия по повышению энергоэффективности при реконструкции зданий больниц/ Э.Е. Семенова, С.О. Габитова // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2017. № 1. С. 140-142.

References

1. SP 50.13330.2012 "Thermal protection of buildings". Updated edition of SNiP 23-02-2003. Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2012. 96 p.

2. SP 158.13330.2014 "Buildings and premises of medical organizations". Updated edition of SNiP 2.08.02-89. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2014. 84 p.

3. SP 60.13330.2016 "Heating, ventilation and air conditioning". Updated edition of SNiP 41-01-2003. Moscow: Ministry of Construction of Russia, 2016. 125 p.

4. Gorborukova A.D., Analysis of domestic and foreign experience in designing energy-efficient buildings/ A.D. Gorborukova, E.E. Semenova //High technologies in the construction complex. 2025. No. 1. pp. 41-45.

5. Recommendations on the use of renewable energy sources in buildings [Text] / Edited by V.I. Petrukhin. - St. Petersburg: Polytechnic, 2020. - 184 p.

6. BIM technologies in the design of medical institutions [Text] / A.K. Semenov, M.P. Voronova // Construction of unique buildings and structures. - 2021. - № 5(104). - Pp. 34-48.

7. Energy-efficient solutions for healthcare facilities [Text] / E.V. Morozova, P.S. Nikolaev // Energy saving. 2020. No. 4. pp. 45-52.

8. Semenova E.E., Ways to improve the energy efficiency of civil buildings / E.E. Semenova, M.G. Samsonova, D.E. Netseplyaev, V.Y. Companeeets // Scientific Journal. Engineering systems and structures. 2019. No. 3 (36). pp.20-24.

9. Semenova E.E. Measures to improve energy efficiency in the reconstruction of hospital buildings/ E.E. Semenova, S.O. Gabitova // Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: High technology. Ecology. 2017. No. 1. pp. 140-142.

*Воронежский государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доц. кафедры проектиро-
вания зданий и сооружений
им. Н.В. Троицкого Э.Е. Семенова
Магистр кафедры проектирования зданий
и сооружений им. Н.В. Троицкого
А.А. Чехонадских
Россия, г. Воронеж, тел. +79507767407
e-mail: chekhonadskikh.lina@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Professor, Department of Design of Buildings
and Structures N.V. Troitsky
E.E. Semenova
Master of the Department of Design
of Buildings and Structures N.V. Troitsky
A.A. Chekhonadskikh
Russia, Voronezh, tel. +79507767407
e-mail: chekhonadskikh.lina@mail.ru*

А.А. Чехонадских, Э.Е. Семенова

АНАЛИЗ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Проектирование зданий с использованием энергоэффективных свето-
прозрачных конструкций позволяет создать комфортную среду обитания,
одновременно сокращая затраты на эксплуатацию здания.

Ключевые слова: светопрозрачные конструкции, низкоэмиссионное стекло, мягкое покрытие, энергосберегающая пленка.

A.A. Chekhonadskikh, E.E. Semenova

ANALYSIS OF BUILDING DESIGN USING ENERGY-SAVING TRANSPARENT CONSTRUCTIONS

Designing buildings using energy-efficient translucent structures allows for
the creation of a comfortable living environment while reducing building operat-
ing costs.

Keywords: translucent structures, low-emission glass, soft coating, energy-saving film.

Современные тенденции строительства ориентированы на повышение энергоэффе-
тивности зданий. Важнейшую роль в этом процессе играют светопрозрачные конструкции,
позволяющие эффективно использовать солнечную энергию и обеспечивать комфортные ус-
ловия внутри помещений. Светопрозрачные фасады, окна и стеклянные крыши становятся
неотъемлемой частью архитектурных решений. Тепловое сопротивление окон значительно
уступает показателям стен. В связи с этим особое внимание уделяется разработке новых
оконных систем с регулируемыми теплоизоляционными свойствами [1].

Энергосберегающее (низкоэмиссионное, селективное) стекло – это стекло, с нанесен-
ным на его поверхность низкоэмиссионным оптическим покрытием. Низкоэмиссионное по-
крытие – тончайшая пленка из слоев оксидов и чистых металлов на поверхности стекла неви-
димая для глаза. Данное покрытие практически не влияет на пропускание и отражение стек-
лом видимого света, но в то же время хорошо отражает инфракрасные тепловые лучи. Энер-
госберегающие стекла с таким покрытием свободно пропускают в здание энергию солнечного
излучения и препятствуют выходу из помещения тепловой энергии [2].

Показатель энергосбережения стекла определяется его излучательной способностью. Излучательную способность (или эмиссию) характеризует способность поверхности стекла отражать невидимый глазу инфракрасный тепловой спектр. Чем ниже значение эмиссии, тем эффективнее сохраняется тепло. Излучение возникает вследствие движения свободных электронов на поверхности материала и зависит от их концентрации. Важно отметить, что далеко не каждый металл, отлично проводящий электричество, способен эффективно отражать длинные тепловые волны.

При проектировании зданий необходимо сравнить основные характеристики различных типов стёкол и энергосберегающей плёнки. Результаты сравнения позволят сформировать рекомендации по выбору остекления для разных сценариев использования: от бюджетного варианта для жилых домов до высокотехнологичных решений для коммерческих объектов. Анализ будет полезен как профессиональным строителям и проектировщикам, так и частным лицам, планирующим замену окон с целью повышения комфорта и экономии на отоплении/кондиционировании.

На данный момент на рынке представлены несколько типов стёкол, различающихся по технологии нанесения покрытий и по сопротивлению теплопередаче. Самым популярным типом энергосберегающего стекла выступает низкоэмиссионное стекло, которое отличается отличной пропускаемостью света и прозрачностью, одновременно обеспечивая высокий уровень теплоизоляционных характеристик. Проще говоря, такое стекло позволяет дневному свету свободно проходить внутрь комнаты, а накопленное тепло и тепловую энергию обогревателей отражает обратно внутрь помещения.

Твердое энергосберегающее покрытие (К-стекло) представляет собой разновидность флоат-стекла с твёрдым низкоэмиссионным покрытием, наносимым посредством метода пиролиза непосредственно в процессе изготовления горячего флоат-стекла [2]. Металлооксидная пленка, образующаяся вследствие химического взаимодействия атомов оксида металла и силикатной матрицы стекла, обеспечивает улучшенные теплоизоляционные характеристики материала благодаря снижению коэффициента излучения. Данное покрытие отличается повышенной устойчивостью к механическим воздействиям и сохраняет свою эффективность даже при последующей термообработке и ламинации стекла. Принцип действия покрытия основан на селективном пропускании солнечной энергии в видимой части спектра внутрь помещения и одновременном отражении инфракрасного теплового излучения, генерируемого внутренними источниками обогрева, предотвращая теплопотери через окна.

Мягкое энергосберегающее покрытие (I-стекло) является разновидностью низкоэмиссионного стекла с многослойным металлооксидным покрытием, содержащим слои серебра, которое наносится с использованием технологии магнетронного распыления в условиях высокого вакуума [2]. Структура покрытия включает чередующиеся слои серебра и диэлектрических материалов (например, BiO , AlN , TiO_2). Поскольку такое покрытие обладает низкой механической прочностью ("мягкое"), лист стекла с ним должен располагаться внутри герметичного стеклопакета. Низкоэмиссионные свойства i-стекла обеспечивают отражение обратно в помещение около 90% длинноволновых тепловых лучей, исходящих от обогревательных устройств в зимний период, и препятствуют проникновению в помещение значительной доли тепловой (инфракрасной), составляющей солнечного света в летний сезон, способствуя эффективному регулированию микроклимата помещений.

Мультифункциональное стекло (MF-стекло) обозначает multifunctional glass с многослойным низкоэмиссионным покрытием, обладающим низкими механическими свойствами («мягкое») [4]. Оно эффективно решает сразу две задачи: повышает энергоэффективность стеклопакетов аналогично i-стеклу и снижает перегрев помещений в жаркий период. Достигается это благодаря способности покрытия избирательно отражать инфракрасное излучение солнца наружу, обеспечивая эффективное теплосбережение зимой и защиту от избыточного нагрева летом. Использование МФ-стекла способствует значительному сокращению

энергозатрат на системы отопления и охлаждения, поддерживая оптимальный температурный режим в помещениях. Таким образом, данное стекло выступает универсальным материалом, сочетающим в себе функции солнцезащиты, энергосбережения, светоотражения, повышения прочности и защиты от загрязнений.

Энергосберегающая пленка функционирует как эффективный барьер против нежелательного теплового потока, создавая благоприятный микроклимат в помещении и уменьшая расходы на обогрев зимой и охлаждение летом. Известно, что солнечный спектр состоит из компонентов различной природы: ультрафиолетового, инфракрасного и видимого диапазонов. Действие пленки основано на избирательном пропускании: она отражает преимущественно инфракрасные волны, сохраняя прозрачность для видимого света [4]. Композитная структура покрытия формируется путём последовательного осаждения тонких слоёв металлов и керамических соединений методами физического осаждения из газовой фазы (спаттерингом). По сравнению с традиционными низкоэмиссионными стеклами классов «K» и «I», используемыми в энергосберегающих стеклопакетах, такая пленка демонстрирует большую простоту монтажа и эксплуатации, позволяя значительно увеличить поступление естественного освещения, при этом её стоимость существенно ниже стоимости новых современных стеклопакетов. Следует подчеркнуть, что цена энергосберегающей пленки заметно меньше, чем у аналогичных типов стекол, обеспечивающих сопоставимую степень энергетической эффективности.

Таблица

Характеристики энергосберегающих покрытий,
представленных на строительном рынке

Наименование	K-стекло (твёрдое покрытие)	I-стекло (мягкое покрытие)	MF-стекло	Энергосберегающая пленка
Технология нанесения	Пиролиз (в процессе производства)	Магнетронное распыление в вакууме (после изготовления стекла)	Многослойное «мягкое» напыление (после изготовления стекла)	Нанесение полимерной пленки на поверхность стекла
Коэффициент эмиссии	0,2	0,04	0,04-0,1 (зависит от количества слоев)	0,05-01
Эффективность энергосбережения	Ниже, чем у I-стекло и MF-стекло	Выше, чем у K-стекло	Высокая, энергосбережение и солнцезащита	Высокая, сопоставима с I-стекло и MF-стекло
Стоимость	Ниже, чем у I-стекло и MF-стекло	Выше, чем у K-стекло	Высокая (самая дорогая технология)	Средняя
Сопротивление $\text{че, } \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	0,5-0,6	0,7-0,8	0,8-1,0	Может увеличить сопротивление на 20-30%

Сравнительный анализ различных типов стёкол показал, что каждый из вариантов имеет свои преимущества и недостатки. Для экономичного остекления с умеренной энергоэф-

фективностью подойдёт К-стекло. В регионах с холодным климатом оптимальным выбором будет I-стекло за счёт высокой энергоэффективности. В районах с контрастным климатом (жаркое лето, холодная зима) лучшим решением станет MF-стекло.

Для модернизации существующих окон без замены стёкол целесообразно использовать энергосберегающую плёнку.

Таким образом, выбор типа стекла или плёнки должен базироваться на климатических условиях, бюджете и специфических требованиях к остеклению (энергосбережение, солнцезащита, светопропускание).

Библиографический список

1. Чехонадских А.А. Развитие применения энергоэффективного остекления в России / А.А. Чехонадских, Э.Е. Семенова, А.В. Исанова // В сборнике: Будущее науки - 2025. Сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции. В 5-х томах. Курск, 2025. С. 292-295;
2. Попов А.П. Анализ энергоэффективности оконных конструкций пассивных домов / А.П. Попов, Э.Е. Семенова // В сборнике: Строительство и реконструкция. Сборник научных трудов 2-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. 2020. С. 162-167;
3. Семенова Э. Е., Ярошова А.О. Пути повышения энергоэффективности // Международный научный журнал «Наука через призму времени» №10(31)2019;
4. Семенова Э.Е. Исследование отечественного опыта применения светопрозрачных конструкций в общественных зданиях/Э.Е Семенова, И.А. Войтенко, Д.Е. Исаева // В сборнике: Проектирование и строительство. Сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Редакция: С.В. Дубраков (отв. ред.) [и др.]. Курск, 2021. С. 115-119.
5. Ельников С. А. Пластиковые окна история и современные тренды. – м. 2018.- 36с.
6. Магай А. А., Дубынин Н. В. Современное стекло в архитектуре multifunctional-ных высотных зданий. Статья опубликована в журнале "Строительные материалы" — 2010 г. - № 4 - С. 10-11.

References

1. Chekhonadskikh, A.A. Development of the Application of Energy-Efficient Glazing in Russia / A.A. Chekhonadskikh, E.E. Semenova, A.V. Isanova // In the collection: The Future of Science - 2025. Collection of scientific articles of the 12th International Youth Scientific Conference. In 5 volumes. Kursk, 2025. Pp. 292-295;
2. Popov A.P. Analysis of the energy efficiency of window structures of passive houses / A.P. Popov, E.E. Semenova // In the collection: Construction and reconstruction. Collection of scientific papers of the 2nd All-Russian scientific and practical conference of young scientists, post-graduate students, masters and bachelors. 2020. Pp. 162-167;
3. Semenova E. E., Yaroshova A.O. Ways to improve energy efficiency // International scientific journal "Science through the prism of time" No. 10(31)2019;
4. Semenova E.E. Research of domestic experience in the use of translucent structures in public buildings/E.E Semenova, I.A. Voytenok, D.
5. Elnikov S. A. Plastic Windows: History and Modern Trends. Moscow, 2018, 36 p.
6. Magay A. A., Dubynin N. V. Modern Glass in the Architecture of Multifunctional High-Rise Buildings. The article was published in the journal "Building Materials" in 2010, No. 4, pp. 10-11.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 624.046.5

*Воронежский государственный
технический университет
канд. техн. наук, доцент кафедры
строительной механики Габриелян Г.Е.*

тел.: +7(473)271-52-30,

e-mail: grayr2010@rambler.ru

*канд. техн. наук, доцент кафедры строи-
тельной механики*

Варнавский В.С.

тел.: +7(473)271-52-30,

e-mail: mailvvs@inbox.ru

*канд. техн. наук, доцент кафедры приклад-
ной математики и механики*

Некрасова Н.Н.

тел.: +7(473)271-53-62,

e-mail: nekrasova-n@yandex.ru

Voronezh State Technical University

*PhD of Technical Sciences, Associate Profes-
sor of the Department of Structural Mechanics
Gabrielyan G.E.*

tel.: +7(473)271-52-30,

e-mail: grayr2010@rambler.ru

*PhD of Technical Sciences, Associate Profes-
sor of the Department of Structural Mechanics*

Varnavsky V.S.

tel.: +7(473)271-52-30,

e-mail: mailvvs@inbox.ru

*PhD of Technical Sciences, Associate Profes-
sor of the Department of Applied Mathematics
and Mechanics Nekrasova N.N.*

tel.: +7(473)271-53-62,

e-mail: nekrasova-n@yandex.ru

Г.Е. Габриелян, В.С. Варнавский, Н.Н. Некрасова

СТЕРЖНЕВОЙ КОНЕЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ИЗ НЕЛИНЕЙНО УПРУГОГО МАТЕРИАЛА

Излагается алгоритм разработки конечного элемента (КЭ) с нелинейными свойствами на базе соответствующего линейного с добавлением нелинейного вектора. Разработан нелинейный вектор для стержневого КЭ из нелинейно упругого материала на основе метода взвешенных невязок с использованием критерия Галеркина.

Ключевые слова: стержневой конечный элемент, метод конечных элементов, нелинейно упругий материал.

G.E. Gabrielyan, V.S. Varnavsky, N.N. Nekrasova

A CORE FINITE ELEMENT MADE OF A NON-LINEARLY ELASTIC MATERIAL

An algorithm for developing a finite element (FE) with nonlinear properties based on a corresponding linear vector with the addition of a nonlinear vector is described. A nonlinear vector has been developed for a core FE made of a non-linearly elastic material based on the weighted residual method using the Galerkin criterion.

Keywords: a core finite element, the finite element method, a non-linearly elastic material.

Известны два основных вида разрешающих уравнений МКЭ

$$L \cdot \vec{U} = \vec{P} \text{ и} \quad (1)$$

$$C \cdot \vec{U} + \vec{H} = \vec{P}, \quad (2)$$

где L – нелинейный оператор;

C – матрица жесткости линейно упругого элемента;

\vec{U}, \vec{P} – векторы неизвестных перемещений и нагрузки в глобальной системе координат;

\vec{H} – вектор, учитывающий нелинейности.

Представление системы уравнений МКЭ в виде (2) предпочтительнее при слабой нелинейности и при известном линейном решении, когда его можно принять в качестве начального приближения.

Вывод соотношений нелинейно упругого КЭ сводится к составлению уравнения равновесия КЭ и вычислению его нелинейного члена. В общем случае, вычисление вектора $\vec{H} = \vec{H}(\vec{U})$ состоит из следующих операций:

1) вычисление деформаций с использованием вектора перемещений \vec{U} для КЭ $\vec{\varepsilon} = \vec{\varepsilon}(\vec{U})$;

2) вычисление по деформациям напряжений с учётом диаграммы $\sigma - \varepsilon$ для одноосного растяжения-сжатия;

3) вычисление компонентов нелинейного вектора \vec{H} .

Рассмотрим вывод соотношений стержневого КЭ растяжения-сжатия из нелинейно упругого материала на базе соответствующего линейного КЭ.

Представим уравнение равновесия КЭ в виде

$$C_k \cdot \vec{U}_k + \vec{H}_k = \vec{P}_k, \quad (3)$$

где C_k – матрица жесткости k-го КЭ;

\vec{U}_k, \vec{P}_k – векторы перемещений и нагрузки, действующей на рассматриваемый элемент;

\vec{H}_k – вектор, учитывающий нелинейные свойства материала.

В целях упрощения записи в дальнейшем индекс k в обозначениях для одного конечного элемента будем опускать. Такое представление позволяет разрабатывать элементы с нелинейными свойствами на базе соответствующих линейных КЭ с добавлением нелинейного вектора \vec{H} .

Рассмотрим в локальной системе координат XOY стержневой КЭ с 2-мя степенями свободы, вектор перемещений которого представляется в виде

$$\vec{U} = [u_{x1} u_{x2}]^T. \quad (4)$$

Положительные направления перемещений и внешних воздействий показаны на рис.1, а положительные направления внутренних усилий на рис.2.

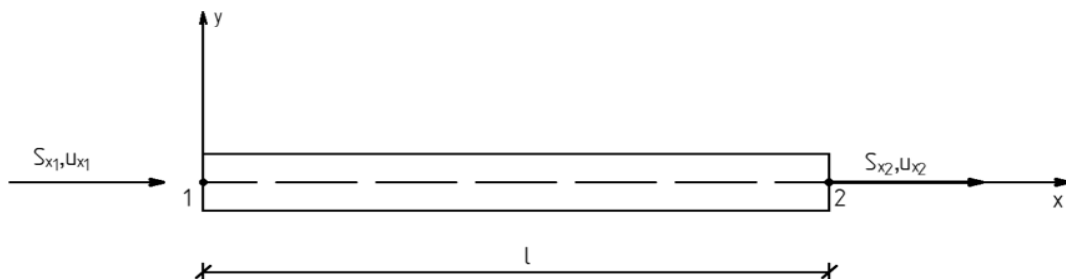


Рис. 1. Конечный элемент стержня

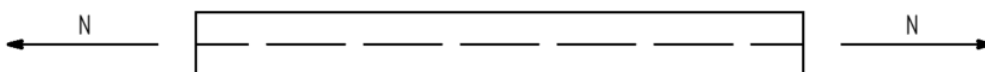


Рис. 2. Положительные направления внутренних усилий

Перемещения в пределах элемента аппроксимируются линейными функциями формы

$$u_x = \bar{F}^T \cdot \bar{U}; \quad \bar{F}^T = [f_1(x) f_2(x)]^T; \quad (5)$$

$$f_1(x) = 1 - \frac{x}{l}; \quad f_2(x) = \frac{x}{l},$$

где l – длина КЭ.

Уравнение равновесия для бесконечно малого элемента стержня имеет вид

$$N' = 0, \quad (6)$$

где N – продольная сила, равная

$$N = \sigma A. \quad (7)$$

Здесь $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ – напряжение, нелинейно зависящее от деформации ε в общем случае;
 A – площадь поперечного сечения стержня.

Для линейного варианта расчета $\sigma = E\varepsilon$, или, учитывая зависимость $\varepsilon = u'_x$, имеем

$$\sigma = Eu'_x. \quad (8)$$

Известная матрица жесткости, соответствующая (6)-(8) и аппроксимации (5), имеет вид

$$C = \frac{EA}{l} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Сформулируем нелинейный вектор \vec{H} для элемента из нелинейно упругого материала. Примем зависимость между напряжениями и деформациями в виде

$$\sigma = a \cdot \arctg(b\varepsilon + c\varepsilon^3). \quad (10)$$

Анализ экспериментальных диаграмм $\sigma - \varepsilon$ для песчаных грунтов, приведенных в соответствующей литературе [1, 2, 3], позволил принять в качестве аппроксимирующей функции зависимость (10), где постоянные a , b и c подбираются исходя из наилучшего приближения зависимости (10) к экспериментальной диаграмме $\sigma - \varepsilon$. Для удобства определения этих постоянных выразим величины a , b и c через характерные параметры диаграммы (рис. 3).

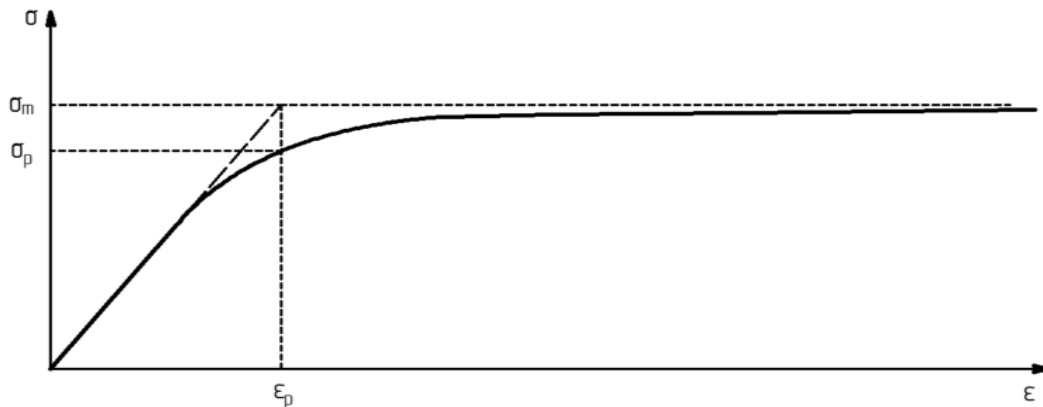


Рис. 3. Диаграмма $\sigma - \varepsilon$ для нелинейно упругого материала

Граничные условия при этом имеют вид

$$E(0) = E_0; \quad \sigma(\infty) = \sigma_m; \quad \sigma(\varepsilon_p) = \sigma_p, \quad (11)$$

где модуль упругости E в соответствии с (10) изменяется по закону

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \frac{a(b+3c\varepsilon^2)}{1+(b\varepsilon+c\varepsilon^3)^2}; \quad (12)$$

E_0 – начальный модуль упругости;

σ_m – предельное значение напряжения, к которому асимптотически стремится функция (10) с ростом деформации;

σ_p – напряжение, соответствующее характерной деформации $\varepsilon_p = \sigma_m/E_0$.

Подчиняя (10) и (12) условиям (11), получим выражения для коэффициентов a , b и c

$$a = \frac{2\sigma_m}{\pi}; \quad b = \frac{\pi E_0}{2\sigma_m}; \quad c = \left(\frac{E_0}{\sigma_m}\right)^3 \left[tg \left(\frac{\pi \sigma_p}{2\sigma_m} \right) - \frac{\pi}{2} \right]. \quad (13)$$

Подставив (13) в (12), найдем выражение для касательного модуля упругости в характерной точке диаграммы $\sigma - \varepsilon$

$$E_p = E_0 \cdot \frac{\frac{\varepsilon}{\pi} tg \left(\frac{\pi \sigma_p}{2\sigma_m} \right) - 2}{1 + tg^2 \left(\frac{\pi \sigma_p}{2\sigma_m} \right)}. \quad (14)$$

Для определения нелинейного вектора \vec{H} вновь обратимся к уравнению равновесия (6). Для вывода дискретизированного уравнения равновесия КЭ примем метод взвешенных невязок, использующий критерий Галеркина. Проинтегрируем уравнение (6), используя в качестве весовых множителей указанные выше функции формы $f_i (i = 1, 2)$

$$\int_0^l N' f_i dx = 0. \quad (15)$$

Граничные условия для КЭ имеют вид:

$$N_1 = -S_{x_1}; \quad N_2 = S_{x_2}. \quad (16)$$

Интегрируя (15) по частям, с учётом (5) и граничных условий, получим

$$\int_0^l N f'_1(x) dx = S_{x_1}, \quad (17)$$

$$\int_0^l N f'_2(x) dx = S_{x_2}.$$

Преобразуем уравнения (17) к матричной форме

$$\vec{H} = \vec{S}, \quad (18)$$

где

$$\vec{S} = \begin{bmatrix} S_{x_1} \\ S_{x_2} \end{bmatrix}, \quad \vec{H} = \left[\int_0^l N f'_1(x) dx \quad \int_0^l N f'_2(x) dx \right]^T. \quad (19)$$

Выделим в (18) линейные жесткостные слагаемые. Для этого перепишем их в виде

$$C\vec{U} + (\vec{H} - C\vec{U}) = \vec{S}. \quad (20)$$

После несложных преобразований с учётом (20), (19) и функций форм (5) получим нелинейный вектор \vec{H} в замкнутой форме

$$\vec{H} = [-h \ h]^T, \quad (21)$$

где

$$h = A(\sigma(\varepsilon) - E_0 \varepsilon); \quad \varepsilon = \frac{1}{l}(u_{x_2} - u_{x_1}). \quad (22)$$

Полученные формулы реализованы в вычислительном комплексе «ИМПУЛЬС» для нелинейных расчетов оболочки в упругой среде.

Библиографический список

1. Леденев В.В. Прочность и деформативность оснований заглубленных фундаментов. - Воронеж: ВГУ, 1990. - 224 с.
2. Леденев В.В. Экспериментальное исследование оснований заглубленных фундаментов. - Воронеж: ВГУ, 1985. - 156 с.
3. Малышев М.В. Прочность грунтов и устойчивость оснований сооружений. - М.: Стройиздат, 1980. - 136 с.

References

1. Ledenev V.V. Strength and deformability of the bases of deep foundations. - Voronezh: VSU, 1990. - 224 p.
2. Ledenev V.V. Experimental research of the bases of deep foundations. - Voronezh: VSU, 1985. - 156 p.
3. Malyshev, M.V. Soil Strength and stability of the foundations of structures. - Moscow: Stroyizdat, 1980. - 136 p.

*Воронежский государственный
технический университет
Аспирант кафедры строительства
и эксплуатации автомобильных дорог
Е.В. Корнилов
Россия, г. Воронеж,
тел. +7(919) 247-75-25
e-mail: jenya8885@gmail.com
канд. техн. наук, доцент
В.П. Волокитин;
Россия, г. Воронеж,
тел. +7-910-343-59-37
e-mail: nova.vp@mail.ru
Канд. техн. наук, доцент
А.В. Андреев;
Россия, г. Воронеж,
тел. +7-951-870-95-84
e-mail: aavturbo@yandex.ru
Студент 4 курса Дорожно-транспортного
факультета Д.М. Оськин;
Россия, г. Воронеж, тел. +7(980) 543-59-61
e-mail: danya.oskin.99@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Postgraduate student of the Department
of construction and operation of highways
E.V. Kornilov;
Russia, Voronezh,
tel. +7(919) 247-75-25
e-mail: jenya8885@gmail.com
Cand. Of Tech. Science, Associate prof.
V.P. Volokitin;
Russia, Voronezh,
tel. +7-910-343-59-37
e-mail: nova.vp@mail.ru
Cand. Of Tech. Science, Associate prof.
A.V. Andreev;
Russia, Voronezh,
tel. +7-951-870-95-84
e-mail: aavturbo@yandex.ru
Fourth year student of the Faculty of Roads
and Transport D.M. Oskin;
Russia, Voronezh, tel. +7(980) 543-59-61
e-mail: danya.oskin.99@mail.ru*

Е.В. Корнилов, В.П. Волокитин, А.В. Андреев, Д.М. Оськин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САМОВОСТАНАВЛИВАЮЩЕГОСЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ТЕРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В статье приведена информация о самовосстанавливающемся асфальтобетоне, его составе, назначении и применении на дорогах общего пользования.

Ключевые слова: асфальтобетон, самовосстанавливающийся асфальтобетон, строительство дорожной одежды, усиление дорожной одежды, графен, микрокапсулы.

E.V. Kornilov, V.P. Volokitin, A.V. Andreev, D.M. Oskin

THE USE OF SELF-HEALING ASPHALT CONCRETE IN THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION

The article provides information about self-healing asphalt concrete, its composition, purpose and application on public roads.

Keywords: asphalt, self-healing asphalt, pavement construction, reinforcement of pavement, graphene, microcapsules.

По мере ускорения урбанизации и усиления воздействия изменения климата на инфраструктуру, потребность в долговечных, экономичных и экологически чистых дорожных материалах стоит очень остро. Самовосстанавливающийся асфальт становится революционным решением, способным продлить срок службы дорог, сократить расходы на обслуживание и минимизировать воздействие на окружающую среду.

Самовосстанавливающийся асфальт – это усовершенствованный тип дорожного покрытия, предназначенный для самостоятельного устранения трещин и повреждений. Традиционный асфальт подвержен образованию трещин в связи с повышенными транспортными нагрузками, перепадами температур и факторами окружающей среды. В отличие от него, самовосстанавливающийся асфальт содержит специальные добавки и технологии, которые активируются при определённых условиях для устранения трещин, тем самым продлевая срок службы дорожного покрытия и снижая потребность в частом обслуживании.

Одним из более простых вариантов нового материала является внедрение в асфальтобетонную смесь мелкой металлической стружки (рис.1).

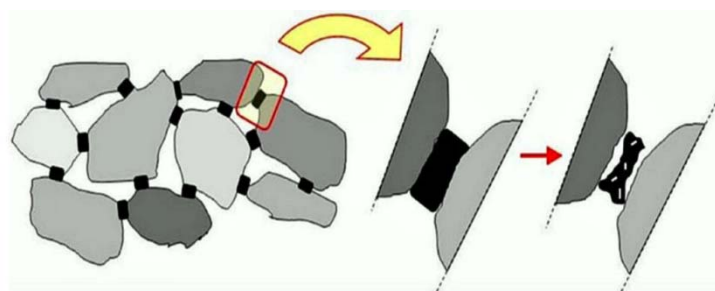


Рис. 1. Схема внедрения в асфальтобетонную смесь металлической стружки

Суть технологии заключается в индукционном нагреве покрытия. Нагрев предполагает выработку тепла в покрытии путём воздействия переменного электромагнитного поля, которое вызывает вихревые токи в проводящих материалах. При образовании на верхнем слое покрытия трещин, службы содержания применяют индукционную машину, которая осуществляет подходы по повреждённым участкам (рис.2).



Рис. 2. Принцип действия индукционного нагрева покрытия

При этом металлические частицы разогреваются, параллельно разогревая битум и далее нагретый битум заполняет трещины. После охлаждённый битум затвердевает, эффективно заполняя трещины и восстанавливая целостность дорожного покрытия.

Предварительные расчёты подтверждают, что срок службы дороги можно продлить более чем на 30% с помощью самовосстановления в сочетании с другими мерами по уходу.

Это профилактическое обслуживание позволит не только отложить замену верхнего слоя покрытия, но и внедрить недорогую меру, которая сводит к минимуму время перекрытия автомобильных дорог.

К недостаткам данного метода можно отнести отсутствие специальной техники, которая позволяла бы нагревать большую площадь покрытия за один проход.

Ещё одним вариантом является внедрение микрокапсул с асфальтобетонную смесь. Суть заключается в том, что при образовании трещин из микрокапсул высвобождаемое вещество проникает в трещины и связывается с окружающей асфальтовой матрицей, эффективно герметизируя трещины и восстанавливая целостность дорожного покрытия. Возможно 2 наполнения капсул: графеном и альгинатом кальция (рис.3).



Рис. 3. Примеры микрокапсул с графеном и альгинатом кальция

При внедрении в асфальтобетонную смесь микрокапсул с альгинатом кальция ($C_{12}H_{14}CaO_{12}$), наблюдается заметное увеличение прочности на изгиб и долговечности асфальта. Капсулы, в состав которых входит графен, улучшают реологические свойства и способность асфальта к самовосстановлению. Также увеличивается устойчивость к старению асфальтобетонного покрытия.

К недостаткам всех видов микрокапсул можно отнести то, что при введении их в асфальтобетонную смесь не может быть обеспеченная устойчивость к высоким температурам и механическим воздействиям во время смешивания и укладки асфальтобетонной смеси. В настоящее время ведутся исследования по разработке более прочных материалов для капсул и методов инкапсуляции.

Из полученного материала можно сделать вывод, что самовосстанавливающийся асфальт – это революционное решение для современного дорожного строительства, которое обеспечивает повышенную прочность, снижение затрат на обслуживание и экологическую устойчивость. Благодаря использованию передовых технологий, таких как микрокапсулы, , индукционный нагрев, самовосстанавливающийся асфальт обеспечивает потребительские свойства на всём сроке эксплуатации.

Библиографический список

1. [Электронный ресурс] – <https://www.ixbt.com>.
2. [Электронный ресурс] – <https://www.petronaftco.com>.
3. [Электронный ресурс] – <https://healroad.eu>.

References

1. [Electronic resource] – <https://www.ixbt.com>.
2. [Electronic resource] – <https://www.petronaftco.com>.
3. [Electronic resource] – <https://healroad.eu>.

УДК 691;625.7

*Воронежский государственный
технический университет
Аспирант кафедры строительства
и эксплуатации автомобильных дорог
Е.В. Корнилов;
Россия, г. Воронеж,
тел. +7(919) 247-75-25
e-mail: jenya8885@gmail.com
Воронежский государственный
технический университет
Доктор. техн. наук, профессор
Ю.И. Калгин;
Россия, г. Воронеж, тел. +7-906-671-98-
40 e-mail: kalgin36@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Postgraduate student of the Department
of construction and operation of highways
E.V. Kornilov;
Russia, Voronezh,
tel. +7(919) 247-75-25
e-mail: jenya8885@gmail.com
Voronezh State
Technical University
Doctor of Technical Sciences, Professor
Y.I. Kalgin;
Russia, Voronezh, tel. +7-906-671-98-40
e-mail: kalgin36@yandex.ru*

Е.В. Корнилов, Ю.И. Калгин

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОПИТКИ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПЕРЕХОДНОГО И НИЗШЕГО ТИПОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

В статье приведена информация о применении дорожной пропитки на основе диоксида кремния (SiO_2) для улучшения физико-механических свойств малопрочных местных каменных материалов и минеральных материалов, полученных из отходов промышленности и разборки зданий и сооружений, для применения на региональных дорогах с дорожной одеждой переходного и низшего типа.

Ключевые слова: щебёночное основание, щебёночное покрытие, каменные материалы, отходы промышленности, диоксид титана, диоксид кремния, пропитка слоя основания, строительство дорожной одежды, региональные дороги, дороги с низкой интенсивностью движения.

E.V. Kornilov, Y.I. Kalgin

APPLICATION OF IMPREGNATION OF MINERAL MATERIALS FOR THE STRUCTURES OF REGIONAL HIGHWAYS OF TRANSITIONAL AND LOWER TYPES BASED ON SILICON DIOXIDE

The article provides information on the use of road impregnation based on silicon dioxide (SiO_2) to improve the physical and mechanical properties of low-strength local stone materials and mineral materials obtained from industrial waste and disassembly of buildings and structures for use on regional roads with transitional and lower-type road clothing.

Keywords: crushed stone base, crushed stone coating, stone materials, industrial waste, titanium dioxide, silicon dioxide, impregnation of the base layer, road surface construction, regional roads, roads with low traffic intensity.

Актуальной задачей дорожной отрасли в настоящее время является приведение к нормативному состоянию региональных дорог, в том числе дорог с низкой интенсивностью движения. По информации из открытых источников, необходимость выполнения дорожных работ по приведению в нормативное состояние на период до 2035 г. должно затронуть не менее 60 % региональных дорог и дорог с низкой интенсивностью движения. Для того, чтобы уменьшить затраты на выполнение дорожных работ необходимо применять местные малопрочные каменные материалы или материалы от разборки зданий и сооружений, а также минеральные отходы промышленности

Щебень, являющийся наиболее распространённым материалом для строительства слоя основания дорожной одежды, должен обладать требуемым уровнем показателей физико-механических свойств, наиболее важными из которых являются прочность, морозостойкость, истираемость, а также обладать заданными формой и размерами. Однако в регионах страны не всегда есть возможность применять нужный по требуемым показателям свойств минеральный материал ввиду его несоответствия требованиям нормативно-технической документации. Действующая нормативная литература допускает применять в основании местные минеральные материалы и отходы промышленности на дорогах с низкой интенсивностью движения с дорожной одеждой переходного и низшего типов при условии устройства двойной поверхностной обработки. Указанные материалы на региональных дорогах с интенсивностью более 400 авт/сут применяют для устройства оснований при условии их укрепления вяжущим с последующим устройством асфальтобетонных покрытий [1, 2, 3].

Постановка задачи и анализ эффективности метода. Для увеличения физико-механических свойств исходного местного каменного материала или минерального материала из отходов промышленности можно применить специальные методы укрепления, такие как разные виды дорожных пропиток. Одним из возможных и эффективных методов является пропитка с использованием диоксида кремния (рис.1).

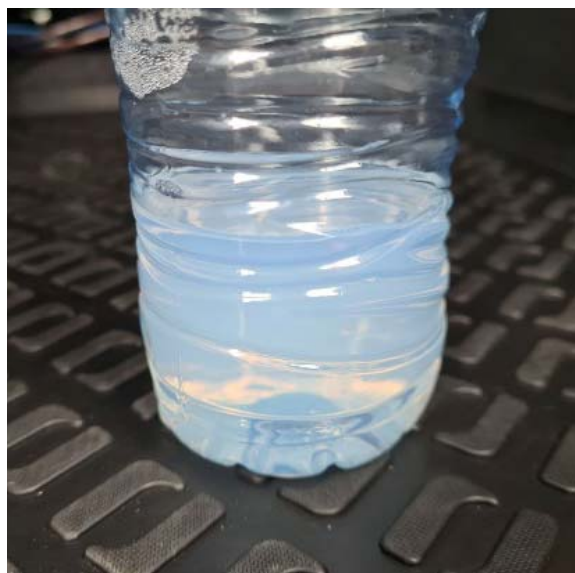


Рис. 1. Состав пропитки на основе диоксида кремния (SiO_2)

Диоксид кремния (SiO_2) - это химическое соединение кремния и кислорода [4,5]. Он довольно распространён в природе (рис.2).

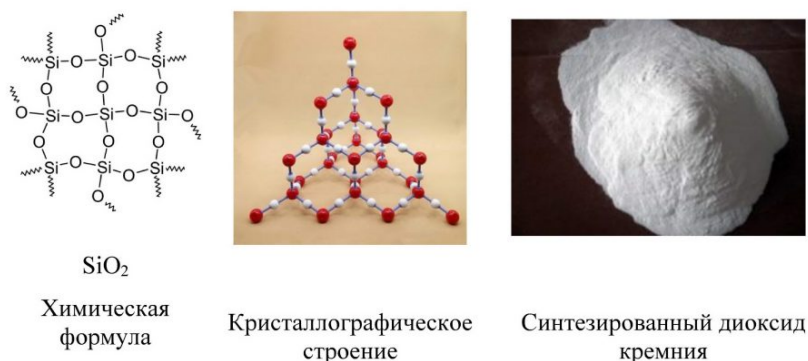


Рис. 2. Строение диоксида кремния:

а – химическая формула,
б – строение кристалла вещества, внешний вид синтезированного сухого вещества

Его содержание в земной коре составляет 12 % от массы. Диоксид кремния применяют в различных сферах жизнедеятельности, в том числе в строительстве и производстве строительных материалов и изделий. Например, SiO_2 основной элемент при производстве стёкол и бетонных конструкций. Он позволяет снизить расслаиваемость цементобетонной смеси и ускоряет гидратационные процессы [6]. Основные свойства диоксида кремния как химического элемента, это нерастворимость в воде и химическая стабильность.

В дорожной пропитке диоксид кремния отвечает за придание минеральному материалу для устройства дорожного основания гидрофобных свойств, что положительно сказывается на его прочности и морозостойкости. Дорожная пропитка в виде жидкости имеет перламутровый оттенок без резкого запаха. По своей физической структуре при нормальной температуре жидкая и сильно текучая. Пропитка снижает показатель водопоглощения щебня [7] в следствие гидрофобизации его поверхности. Поры и пустоты минеральной поверхности перестают заполняться влагой. Благодаря этому морозостойкость исходного малопрочного минерального материала увеличится [8,9]. Разрушение при попеременном замораживании и оттаивании происходит из-за воды в порах, которая, расширяясь при замерзании, создаёт внутреннее давление в материале. Поскольку после пропитки материал обладает гидрофобными свойствами, количество циклов замораживания и оттаивания существенно увеличится (рис.2).



Рис. 3. Пример работы пропиточного состава на поверхности каменного материала, слева поверхность впитала воду, справа после пропитки вода в виде капель на поверхности

Так же диоксид кремния увеличивает прочность дорожно-строительных материалов. Прочность во влажном состоянии минеральных материалов увеличиться. Так же за счёт диффузии мельчайших частиц диоксида кремния может наблюдаться и прирост прочности.

Для получения более выраженного эффекта от дорожной пропитки в составе можно применить диоксид титана (TiO_2). Его функция - обеспечить максимальную адгезию состава с дорожно-строительным материалом.

Для объединения всех компонентов состава необходимо применять органической кремниевый растворитель. Это также способствует приданию каменным местным материалам и материалам от разборки зданий и сооружений, и минеральным отходам промышленности антистатических свойств и минимизации пылеобразования на поверхности покрытия [10].

Рассмотрим сравнение стоимости устройства покрытия из малопрочного щебня без использования пропитки на основе диоксида кремния и с применением данного состава. Стоимость работ по устройству покрытия из щебня М600 по ФЕР 27-04-014-01 составляет 23 447,10 руб. на 1000 м². Средний расход состава для обеспечения требуемых свойств составляет 0,4-0,5 литра на 1 м². В зависимости от пористости материала расход пропитки может изменяться. Стоимость пропитки за 1 м³ в зависимости от варианта состава и концентрации веществ в среднем составляет 250 тыс. руб. На 1000 м² потребуется 400 литров состава стоимостью 100 тыс. руб. Из этого следует, что на устройство покрытия из щебня М600 на 1000 м² требуется 123 447,10 руб. Но ФЕР 27-04-014-01 не учитывает затраты на транспортировку щебня. Для строительства 1 км автомобильной дороги с шириной покрытия 4 метра учтём стоимость доставки необходимого инертного материала с дальностью возки 100 км. Стоимость перевозки одной тонны инертного материала в среднем по Воронежской области составляет 4 рубля за транспортировки 1 тонны на 1 километр. Из всего этого следует, что стоимость транспортировки равняется 600 000 руб. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

Сравнение стоимости строительства 1 км автомобильной дороги с покрытием из щебня

Варианты конструкции дорожной одежды	Стоимость на ед. изм. (1000м ²)	Стоимость строительства 1 км дороги (без учёта стоимости транспортировки)	Стоимость транспортировки инертного материала (средняя дальность возки 100км)	Итого
Без применения пропитки	23 447,10 Р	93 788,40 Р	600 000 Р	693 788.40 Р
С применением пропитки	123 447,10 Р	493 788,40 Р	-	493 788.40 Р

Из полученных расчетов можно сделать вывод, что разница в цене составляет 28,8 % или 200 000 руб. Применение данного состава на основе диоксида кремния позволяет уменьшить стоимость строительства 1 километра дороги, имеющей покрытие из щебня. Так же не стоит забывать, что применение пропитки не подразумевает дальнейшие работы по содержанию щебёночного покрытия, так как оно будет в обеспыленном состоянии, в отличие от традиционной конструкции. Так же покрытие будет обладать гидрофобными свойствами. Это позволит увеличить срок службы покрытия.

Климат на территории нашей страны сильно отличается от региона к региону в зависимости от дорожно-климатического районирования. Так, на европейской части количество циклов попеременного замораживания и оттаивания может быть более 5 случаев только за один календарный день. Поэтому, необходимо более тщательно подбирать материалы для устройства дорожной одежды региональных дорог, в том числе дорог с низкой интенсивностью движения. Пропитка на основе диоксида кремния позволяет расширить область применения малопрочных местных материалов и материалов из отходов промышленности, физико-механические свойства которых не соответствовали требованиям для устройства дорожной одежды. Применение пропитки позволяет снизить стоимость строительства, что важно при определении затрат на строительство и капитальный ремонт автомобильных дорог.

Предложенный состав дорожной пропитки позволит поддерживать региональные дороги с дорожной одеждой переходного и низшего типов в обеспыленном состоянии и увеличить календарный период обработки для борьбы с пылеобразованием щебёночных покрытий.

Библиографический список

1. [Нормативный документ] – СП 243.1326000.2015 «Проектирование и строительство автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения».
2. [Нормативный документ] – ГОСТ Р 58818-2020 «Дороги автомобильные с низкой интенсивностью движения. Проектирование, конструирование и расчет».
3. [Нормативный документ] – ГОСТ 71244-2024 «Дороги автомобильные с низкой интенсивностью движения. Дорожная одежда. Конструирование и расчёт».
4. [Нормативный документ] – ГОСТ 10834-76 «Жидкость гидрофобизирующая 136-41. Технические условия».
5. [Нормативный документ] – ГОСТ 9428-73. «Реактивы. Кремний (IV) оксид. Технические условия».
6. [Нормативный документ] – ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия».
7. [Нормативный документ] – ГОСТ 33057-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение средней и истинной плотности, пористости и водопоглощения».
8. [Нормативный документ] – ГОСТ 32703-2014. «Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования».
9. [Нормативный документ] – ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний».
10. [Нормативный документ] – ГОСТ Р 70052-2022 «Отходы строительных материалов, образуемые при сносе зданий и сооружений. Правила сортировки и транспортирования».

References

1. [Regulatory document] – SP 243.1326000.2015 «Design and construction of highways with low traffic intensity».
2. [Regulatory document] – GOST R 58818-2020 «Automobile roads with low traffic intensity. Design, construction and calculation».
3. [Regulatory document] – GOST 71244-2024 «Automobile roads with low traffic intensity. Travel clothes. Design and calculation».
4. [Regulatory document] – GOST 10834-76 «Hydrophobic liquid 136-41. Technical specifications».
5. [Regulatory document] – GOST 9428-73 «Reagents. Silicon (IV) oxide. Technical specifications».
6. [Regulatory document] – GOST 7473-2010 «Concrete mixtures. Technical specifications».
7. [Regulatory document] – GOST 33057-2014 «Public roads. Crushed stone and gravel from rocks. Determination of average and true density, porosity, and water absorption».
8. [Regulatory document] – GOST 32703-2014 «Public roads. Crushed stone and gravel from rocks. Technical requirements».
9. [Regulatory document] – GOST 8269.0-97 «Crushed stone and gravel from dense rocks and industrial waste for construction work. Methods of physico-mechanical testing».
10. [Regulatory document] – GOST R 70052-2022 «Waste of building materials generated during the demolition of buildings and structures. Sorting and transportation rules».

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 69.059.2

*Воронежский государственный
технический университет
магистрант гр. змКНС-232
А.Ф. Мирзаман*

*Россия, г. Воронеж,
e-mail: anarlider@mail.ru
Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры
техносферной и пожарной безопасности
С.Д. Николенко*

*Россия, г. Воронеж, тел. +7 910 2444159
e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru
Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры
строительной техники
и инженерной механики
имени профессора Н.А. Ульянова
А.Н. Щиенко
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 2-77-01-29
e-mail: a.n.shienko@mail.ru*

*Voronezh State
Technical University
Master's Student, Group gr. zmKNS-232
A.F. Mirzaman*

*Russia, Voronezh,
e-mail: anarlider@mail.ru
Cand. of Techn. Science, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of
Technosphere and Fire Safety S.D. Nikolenko
Russia, Voronezh, tel. +7 910 2444159
e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru*

*Cand. of Techn. Science, Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of Construction Equipment and Engineering
Mechanics named after Professor N.A. Ulyanov
A.N. Shchlenko
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 2-77-01-29
e-mail: a.n.shienko@mail.ru*

А.Ф. Мирзаман, С.Д. Николенко, А.Н. Щиенко

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ МУЗЕЙНОГО КОМПЛЕКСА

В статье представлены результаты комплексного технического обследования внешних фасадов и витражей здания музейного комплекса «Новый Иерусалим». Обследование проводилось с применением визуального и инструментального методов контроля, включая неразрушающий контроль прочности бетона. В ходе работы выявлен и систематизирован обширный перечень дефектов и повреждений конструкций вентилируемых фасадов, витражей, железобетонных и каменных конструкций. Установлено, что преобладающими являются дефекты, связанные с нарушением технологии монтажа и эксплуатации: сдвиг облицовочных плит, коррозия элементов крепления, нарушение целостности теплоизоляционного контура и неэффективная работа системы водоотвода. Дана интегральная оценка технического состояния конструкций, согласно которой 75% площади фасадов находятся в неудовлетворительном состоянии, а 10% – в предаварийном. Сформулированы выводы о системных причинах сложившейся ситуации и предложены рекомендации по проведению ремонтных работ и мониторингу технического состояния для обеспечения безопасной эксплуатации объекта культурного наследия.

Ключевые слова: техническое обследование, вентилируемый фасад, дефекты, техническое состояние.

ANALYSIS OF DEFECTS AND ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE FACADES OF THE NEW JERUSALEM MUSEUM COMPLEX

The article presents the results of a comprehensive technical survey of the external facades and stained-glass windows of the New Jerusalem Museum Complex. The survey was conducted using visual and instrumental methods of control, including non-destructive testing of concrete strength. During the survey, a wide range of defects and damage to the ventilated facades, stained-glass windows, reinforced concrete structures, and stone structures was identified and systematized. It was found that the most common defects were related to improper installation and operation, such as shifting of the facade panels, corrosion of the fastening elements, damage to the thermal insulation system, and ineffective drainage systems. An integral assessment of the technical condition of the structures was given, according to which 75% of the facade area is in an unsatisfactory condition, and 10% is in a pre-emergency condition. Conclusions were formulated about the systemic causes of the current situation, and recommendations were proposed for carrying out repair work

Keywords: technical inspection, ventilated facade, defects, technical condition.

Проектные решения фасадных систем на основании обследования. Для принятия правильных проектных решений, обычно проводят предварительное обследование зданий [1] и сооружений [2]. Целью обследований и дальнейших проектных решений является повышение эксплуатационных характеристик конструкций [3]. Проектные решения являются важным этапом в процессе строительства. Они обязательно контролируются [4].

Современные общественные здания музейного назначения характеризуются сложными архитектурно-планировочными решениями и использованием инновационных фасадных систем. Одной из таких систем являются навесные вентилируемые фасады (НВФ), которые обеспечивают энергоэффективность и эстетический облик. Однако их долговечность и надежность напрямую зависят от качества проектирования, монтажа и эксплуатации. Нарушение технологии на любом из этих этапов приводит к возникновению дефектов, снижающих эксплуатационные характеристики и несущую способность конструкций.

Целью настоящего исследования является анализ фактического технического состояния фасадных систем и витражей музейного здания на основе данных натурного обследования, классификация выявленных дефектов, установление причин их возникновения и разработка научно-обоснованных рекомендаций по восстановлению. В процессе разработки проектных решений использовалась следующая нормативно-техническая литература [5-9].

Объектом исследования выступило здание Государственного бюджетного учреждения культуры Московской области «Государственный историко-художественный музей «Новый Иерусалим» (г. Истра). Здание представляет собой сложный объем переменной высоты с подземным этажом, монолитным железобетонным каркасом и уникальной «зеленой» кровлей.

Обследование включало:

1. Визуальный осмотр: сплошной осмотр всех доступных поверхностей фасадов с фотофиксацией дефектов.

2. Инструментальный контроль:

измерение геометрических параметров (лазерный дальномер Leica DISTO A6);

измерение ширины раскрытия трещин (измерительная лупа ЛА-20);

определение прочности бетона неразрушающим методом (склерометр Digi Schmidt);

определение толщины защитного слоя бетона (прибор «Proceq Profoscope»);

ультразвуковое исследование (прибор UK1401).

3. Локальные вскрытия: для визуализации скрытых элементов конструкции вентфасада (обрешетка, утеплитель, крепеж).

Работы выполнялись в соответствии с требованиями действующих нормативных документов [5-8].

Анализ дефектов конструкций вентилируемых фасадов. Обследование выявило комплекс критических дефектов системы НВФ. Повсеместно наблюдаются сдвиги и вывалы керамогранитных плит (рис. 1). Причина – деформация металлического каркаса, коррозия и отсутствие кляммеров, неравномерное крепление. В зонах оконных проемов керамогранит был заменен на окрашенные фанерные фальш-панели, что свидетельствует о попытках кустарного ремонта и не соответствует проектным решениям.

Обнаружена массовая коррозия металлических кляммеров с образованием характерных подтеков на плитке. В отдельных случаях вместо сертифицированных металлических профилей применялись деревянные доски, что является грубейшим нарушением технологии. Отмечены многочисленные повреждения и отсутствие утеплителя, что приводит к увлажнению минераловатного утеплителя и резкому снижению его теплотехнических свойств.

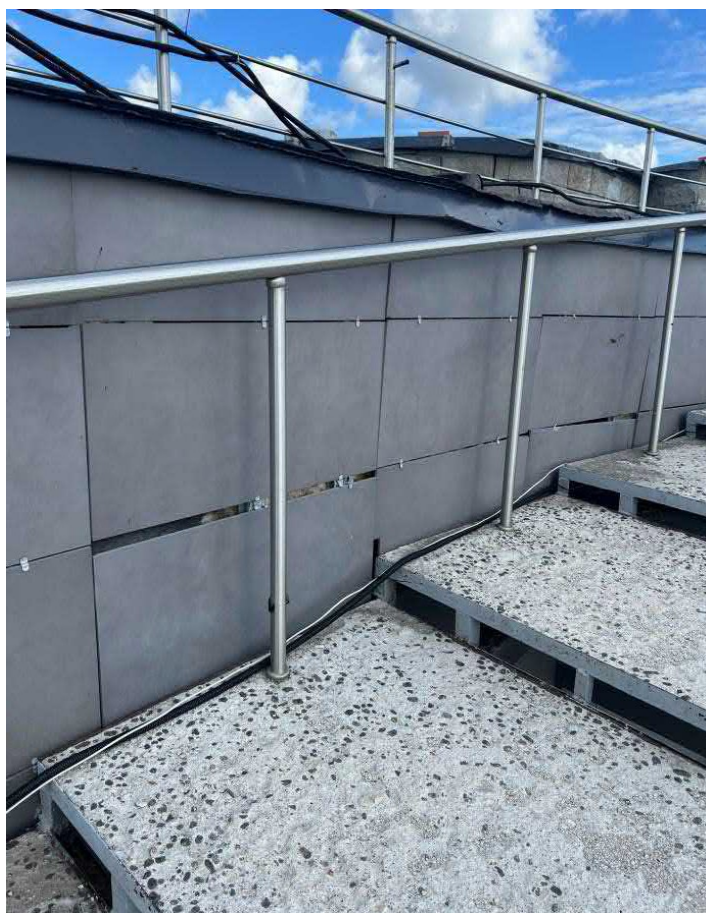


Рис. 1. Характерные дефекты крепления керамогранитных плит

Оценка состояния витражных конструкций. Витражные системы демонстрируют признаки деформации и разгерметизации. Обнаружены протечки в зоне примыкания витражей к конструкциям здания. Отмечены искривления откосов витражей, приводящие к нарушению геометрии светопрозрачной конструкции (рис. 2). В частности, витраж над главным входом по осям 5А-10А находится в аварийном состоянии.

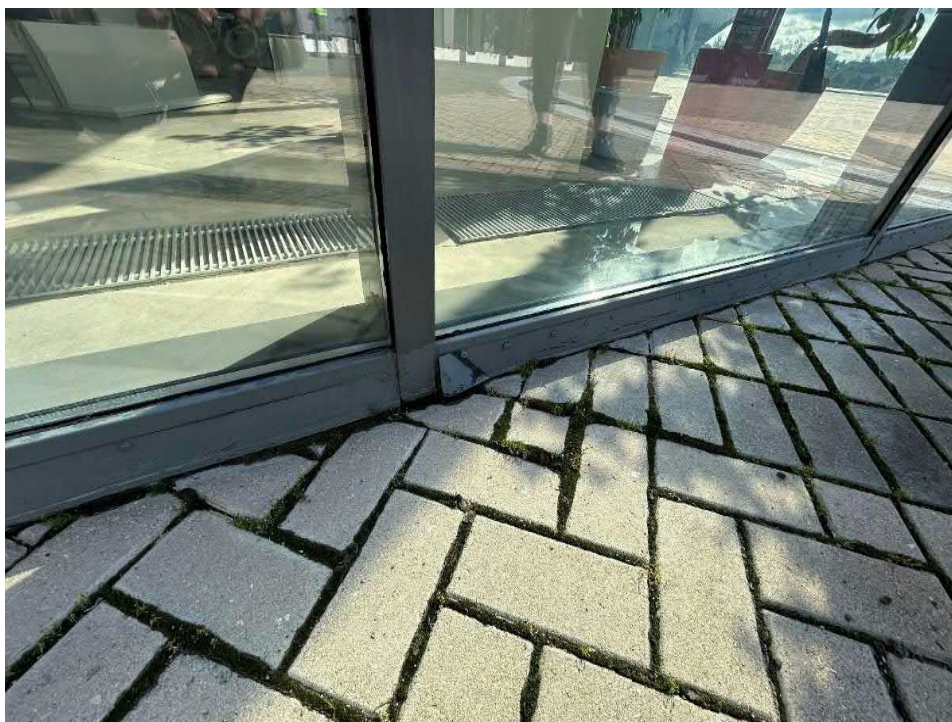


Рис. 2. Вид деформации конструкций витражей

Состояние железобетонных конструкций. Инструментальные исследования показали, что фактический класс бетона монолитных конструкций соответствует проектным значениям и составляет В24-В29. Однако наблюдаются многочисленные дефекты поверхностей: выщелачивание цементного камня, образование раковин и каверн, отслоение защитного слоя арматуры (см. табл. 1).

Таблица 1

Результаты инструментальных исследований бетона

Обследуемая конструкция	Средняя прочность, МПа	Фактический класс бетона
Парапетная стена	33,5	В26,8
Колонна	30,3	В24,2
Арка	34,1	В27,2

Интегральная оценка технического состояния. На основании анализа всех выявленных дефектов была проведена интегральная оценка технического состояния фасадов (см. табл. 2).

Таблица 2

Результаты оценки технического состояния конструкций

Тип конструкций	Оценка состояния	Площадь, %
Вентилируемые фасады	Неудовлетворительное	75
Вентилируемые фасады	Предаварийное	10
Кирпичная кладка	Неудовлетворительное	100
Конструкции витражей	Неудовлетворительное	85

Выводы

В результате комплексного обследования фасадных систем музейного комплекса «Новый Иерусалим» установлено, что их текущее техническое состояние в значительной степени не соответствует требованиям нормативной документации и проектным решениям.

Доминирующими факторами, приведшими к деградации конструкций, являются: системные ошибки, допущенные на этапе монтажа (применение несертифицированных материалов, нарушение технологии крепления), а также недостаточный контроль в процессе эксплуатации.

Наличие зон предаварийного состояния (10% площади фасадов) требует немедленного проведения противоаварийных работ для предотвращения риска обрушения элементов облицовки.

Для восстановления эксплуатационных характеристик объекта рекомендован комплексный капитальный ремонт с полной заменой системы НВФ, витражных конструкций и реконструкцией системы гидроизоляции.

Внедрение системы регулярного мониторинга технического состояния фасадов позволит своевременно выявлять и устранять дефекты на ранней стадии, обеспечивая долговечность и безопасность эксплуатации объекта культурного наследия.

Библиографический список

1. Inspection of industrial building load-bearing structures for defects. Nikolenko S., Sazonova S., Asminin V.F., Chernikov E.A., Kurchenkova T., Sysoev D., Glazkova M. В сборнике: AIP CONFERENCE PROCEEDINGS. PROCEEDINGS OF THE IV INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERNIZATION, INNOVATIONS, PROGRESS: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-IV-2022. Melville, 2024. С. 060015.
2. Monitoring of the technical condition of structures and building materials of an elevator silo housing. Sazonova S., Nikolenko S., Akamsina N., Sysoev D., Stenyukhin L. E3S Web of Conferences. 2024. Т. 471. С. 02025.
3. Measures to improve the performance of concrete of reinforced concrete supports of technological overpasses. Nikolenko S.D., Sazonova S.A., Akamsina N.V., Rylev S.S., Rogov N.Yu. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Krasnoyarsk, 2021. С. 52036.
4. Inspection of project documentation during the construction of an apartment building. Sazonova S., Nikolenko S., Meshcheryakova A.A., Stenyukhin L., Sysoev D., Lemeshkin A., Osipov A. В сборнике: Proceedings II International Scientific Conference on Advances in Science, Engineering and Digital Education (ASEDU-II-2021). Conference Proceedings. Krasnoyarsk, 2022. С. 30019.
5. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. - М.: Госстрой России, 2003.
6. ГОСТ Р 53769-2010. Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями. Общие технические условия. - М.: Стандартинформ, 2010.
7. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. - М.: Минрегион России, 2016.
8. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. - М.: Стандартинформ, 2011.
9. Технический отчет "Обследование внешних фасадов и витражей здания ГБУК МО «Музей «Новый Иерусалим»". - Истра, 2024.

References

1. Inspection of industrial building load-bearing structures for defects. Nikolenko S., Sazonova S., Asminin V.F., Chernikov E.A., Kurchenkova T., Sysoev D., Glazkova M. В сборнике: AIP CONFERENCE PROCEEDINGS. PROCEEDINGS OF THE IV INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERNIZATION, INNOVATIONS, PROGRESS: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-IV-2022. Melville, 2024. С. 060015.
2. Monitoring of the technical condition of structures and building materials of an elevator silo housing. Sazonova S., Nikolenko S., Akamsina N., Sysoev D., Stenyukhin L. E3S Web of Conferences. 2024. Т. 471. С. 02025.
3. Measures to improve the performance of concrete of reinforced concrete supports of technological overpasses. Nikolenko S.D., Sazonova S.A., Akamsina N.V., Rylev S.S., Rogov N.Yu. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Krasnoyarsk, 2021. С. 52036.
4. Inspection of project documentation during the construction of an apartment building. Sazonova S., Nikolenko S., Meshcheryakova A.A., Stenyukhin L., Sysoev D., Lemeshkin A., Osipov A. В сборнике: Proceedings II International Scientific Conference on Advances in Science, Engineering and Digital Education (ASEDU-II-2021). Conference Proceedings. Krasnoyarsk, 2022. С. 30019.
5. SP 13-102-2003. Rules for Inspecting Load-Carrying Building Structures. - Moscow: Gosstroy of Russia, 2003.
6. GOST R 53769-2010. Facade thermal insulation composite systems with external plaster layers. General technical conditions. - Moscow: Standartinform, 2010.
7. SP 20.13330.2016. Loads and Effects. Updated Edition of SNiP 2.01.07-85*. - Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2016.
8. GOST 31937-2011. Buildings and structures. Rules for inspection and monitoring of technical condition. - Moscow: Standartinform, 2011.
9. Technical report "Inspection of the external facades and stained glass windows of the building of the New Jerusalem Museum". - Istra, 2024.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 621.436

*Воронежский государственный
технический университет
Студент дорожно-транспортного
Факультета М.П. Панин
Россия, г. Воронеж,
тел. +7(920)205-86-07
e-mail: paninmp262004@gmail.com
Канд. техн. наук, доц. кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Р.А. Жилин
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18
e-mail: zhilinra@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Student of the Faculty of Road Transport
Faculty M.P. Panin
Russia, Voronezh,
tel. +7(920)205-86-07
e-mail: paninmp262004@gmail.com
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
R.A. Zhilin
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-59-18
e-mail: zhilinra@yandex.ru*

М.П. Панин, Р.А. Жилин

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЕЙ С ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Работа посвящена вопросу развития и компоновке автомобилей с гибридной силовой установкой. В настоящее время наблюдается значительный рост их использования, который обосновывается высокими экономическими и экологическими показателями. Экологические показатели достигаются путем снижением выбросов отработавших газов за счет применения преобразованной и накопленной электрической энергии. Экономические показатели достигаются путем рекуперации кинетической энергии, тем самым повышая топливную эффективность. При активном развитии автомобилей с гибридной силовой установкой, в том числе на территории России, требуется создание дополнительных условий для обеспечения их технически исправного состояния.

Ключевые слова: гибридная силовая установка; гибридный автомобиль; электромотор; двигатель внутреннего сгорания; тяговая аккумуляторная батарея; рекуперация; топливная экономичность; токсичность выбросов отработавших газов; техническое обслуживание; ремонт.

М.Р. Panin, R.A. Zhilin

FUTURE DEVELOPMENT OF CARS WITH HYBRID POWER INSTALLATION

The work is devoted to the development of cars with hybrid power plant. There is now a significant increase in their use, justified by high economic and environmental indicators. Environmental - reduction of exhaust gas emissions due to use of converted and accumulated electric energy. Economic indicators are achieved by recovery of kinetic energy, thereby increasing fuel efficiency. With the active development of cars with hybrid power plant, including on the territory of Russia, it is necessary to create conditions to ensure their technically serviceable condition.

Keywords: hybrid power plant; hybrid car; electric motor; internal combustion engine; traction battery; recuperation; fuel economy; toxicity of exhaust gas emissions; maintenance, repair.

В соответствии со «Стратегией развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 г.» и «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» [1-4] одним из приоритетных направлений инновационного развития автомобилестроения в Российской Федерации в соответствии с мировыми тенденциями являются повышение энергоэффективности и экологичности автомобилей, соответствие их конструкции требованиям технических регламентов и других нормативных документов, а также технологии электрификации транспортных средств (электромобили, гибриды). Критическими технологическими операциями при производстве автомобилей являются производство систем управления и диагностики двигателя, накопителей электроэнергии. В сфере развития новых продуктов предполагается применение механизма консорциума в области автомобилестроения, который представляет собой временное объединение органов власти, организаций производителей автомобилей и компонентов, научно-исследовательских и общественных организаций, выполняющих совместные научно-исследовательские, опытно-конструкторские, инженерные и производственные работы, направленные на создание и реализацию высокотехнологичной продукции, включающей, в том числе, развитие гибридных автомобилей [3-8].

Автомобили с гибридной силовой установкой (ГСУ) отличаются от традиционных, наличием двух двигателей (ДВС и электрического). В настоящее время существуют следующие компоновки ГСУ, которые можно разделить на три принципиально отличающиеся схемы [1, 10, 11]:

- последовательную (Plug-in Hybrid);
- параллельную (Mild Hybrid);
- последовательно-параллельную (Full Hybrid).

Последовательная схема ГСУ.

Отличительной особенностью последовательной схемы является отсутствие механической связи ДВС и ведущих колёс автомобиля (рис. 1). В этом случае ДВС, работая на постоянном режиме минимального удельного расхода, вращает только ротор электрического генератора, как правило, переменного тока. В приводе ведущих колёс установлен электромотор, который соединен с накопителями электрической энергии. Так как накапливать можно только электроэнергию постоянного тока, между ними устанавливается преобразователь (инвертор).

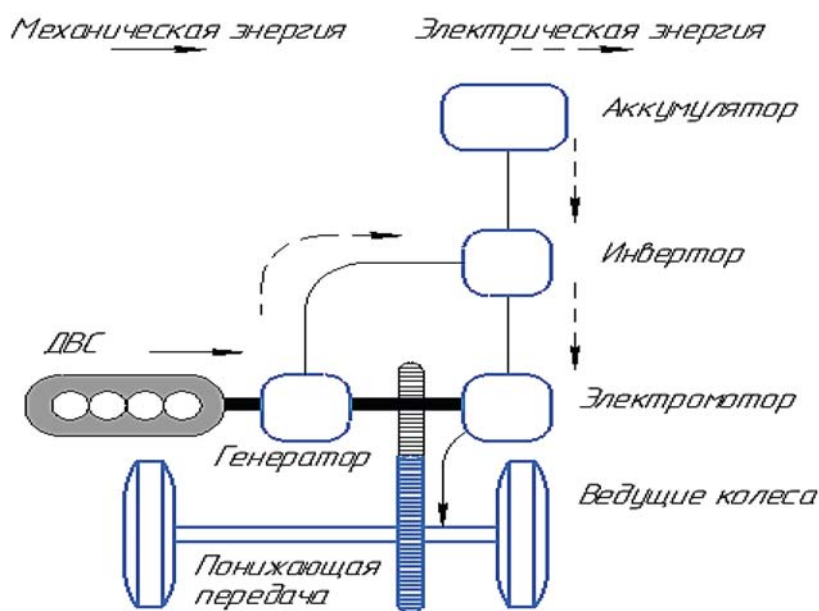


Рис. 1. Последовательная схема ГСУ

В зависимости от режима работы ДВС и условий дорожного движения, электрический ток, вырабатываемый генератором, может подаваться только на электромотор, работающий в этом случае в режиме электродвигателя, или только в накопитель энергии, а может одновременно в оба эти устройства. При замедлении транспортного средства электромотор работает в режиме генератора, обеспечивая рекуперацию кинетической-энергии автомобиля [1]. Достоинствами последовательной схемы являются возможность работы ДВС на режиме минимальных удельных расходов топлива или даже при постоянной частоте вращения коленчатого вала, бесступенчатого изменение передаточного числа трансмиссии и её значительное упрощение. Недостатками являются: малый КПД системы передачи энергии от ДВС до ведущих колес; зарядка от аккумуляторных батарей и движение автомобиля происходит только в режиме постоянной работы ДВС.

Параллельная схема ГСУ.

При параллельной схеме ГСУ (рис. 2) ДВС имеет механическую связь с ведущими колёсами. На автомобиле, в отличие от последовательной схемы, установлен только один электромотор. ДВС и электромотор могут работать на трансмиссию автомобиля как раздельно, так и совместно. ДВС через трансмиссию отдаёт энергию ведущим колёсам автомобиля и при избытке его энергии может через электромотор, работающий в этом случае в режиме генератора, питать накопитель [1]. При недостатке энергии ДВС для движения автомобиля дополнительная энергия к ведущим колесам подводится от электромотора, работающего в режиме электродвигателя.

Достоинством параллельной схемы является более высокий КПД передачи энергии от первичного двигателя (ДВС) к ведущим колесам в сравнении с последовательной и возможность применения одной электромашины вместо двух [1]. Недостатками являются обязательное усложнение трансмиссии (так как нужно обеспечить подвод крутящего момента как отдельно от электромотора, так и отдельно от ДВС) и усложнение системы управления трансмиссией и ДВС.

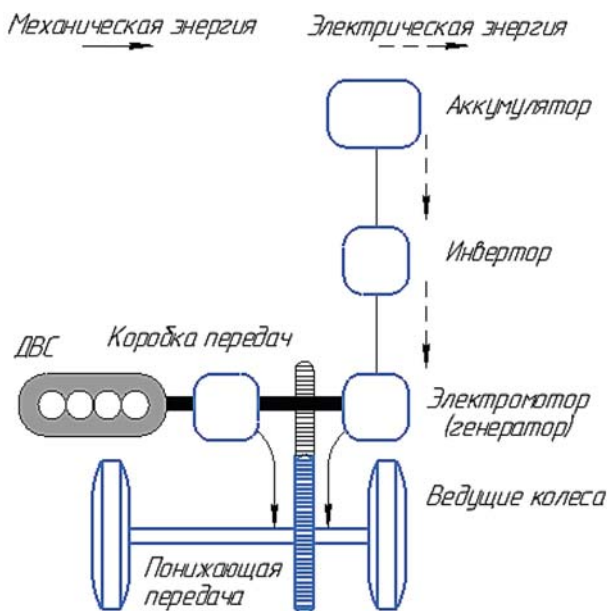


Рис. 2. Параллельная схема ГСУ

Последовательно-параллельная схема ГСУ.

Последовательно-параллельная схема представляет собой совмещение первых двух [1]. В параллельную схему добавлен дополнительный генератор и делитель мощности (рис. 3). Благодаря этому автомобиль при трогании и на малых скоростях движется только на электрической тяге, ДВС только обеспечивает работу генератора (как при последовательной схеме).

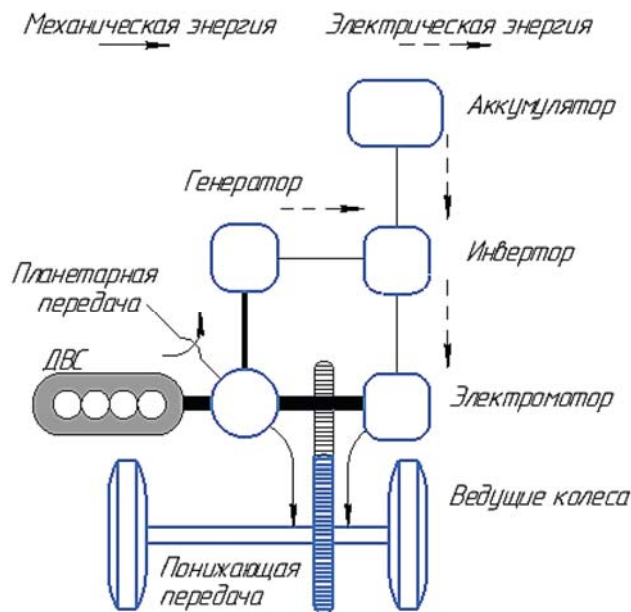


Рис. 3. Последовательно-параллельная схема ГСУ

На высоких скоростях крутящий момент на ведущие колеса передается и от двигателя внутреннего сгорания [1]. При повышенных нагрузках (например, при подъеме в гору), когда генератор не в силах обеспечить требуемый ток, электромотор получает дополнительное питание от аккумулятора (параллельная схема).

Поскольку в системе имеется отдельный генератор, заряжающий аккумуляторную батарею, электромотор используется только для привода ведущих колес и во время рекуперативного торможения [1, 9, 15]. Через планетарный механизм (он же делитель мощности), часть крутящего момента от ДВС частично передается на колеса и частично отбирается для работы генератора, который питает либо электромотор, либо аккумуляторную батарею. Электронный блок управления все время регулирует подачу мощности из обоих источников [1].

Плюсы последовательно-параллельного гибридного двигателя данной схемы, в максимальной топливной экономичности и высокой экологичности. Минусы системы – сложность конструкции и высокая стоимость, поскольку требуется дополнительный генератор, достаточно емкая аккумуляторная батарея и сложный электронный блок управления.

Автомобили с гибридной силовой установкой имеют следующие основные преимущества [16]:

- экономичность. Расход топлива уменьшается от 20...25% при интенсивной эксплуатации автомобиля. Двигатель внутреннего сгорания тратит большую энергию при старте автомобиля, так как при движении с места на автомобиль действует большое сопротивление, в это время в работу включается электромотор, питающийся от аккумуляторов, который при увеличении оборотов собственного вала выдает максимальный крутящий момент, благодаря этому бензиновый или дизельный двигатель будут экономить топливо [13-16];

- экологичность;

- электродвигатели гибридной силовой установки могут работать как стартер или генератор;

- может обеспечить большой пробег без дозаправки;

- получение энергии посредством рекуперации, при торможении, а также зарядка аккумуляторных батарей при равномерном движении от электромотора, который работает как генератор.

Недостатки автомобиля с гибридной силовой установкой [12]:

- значительные сложности при утилизации аккумуляторной батареи;

- завышенная стоимость аккумулятора при его ограниченном ресурсе;

- недостаточность соответствующих ремонта, технического обслуживания и диагностирования, их высокая стоимость;
- сложность конструкции.

Тяговая аккумуляторная батарея (ТАБ) является составной частью гибридного автомобиля [2, 5]. Основными параметрами работы ТАБ являются высокая пиковая и удельная мощность, удельная энергия, высокая степень приспособляемости к зарядке, способность максимально регенерировать энергию торможения, высокий ресурс работы.

В наши дни широко используется свинцово-кислотные батареи. Они относительно недороги и обладают высокой мощностью, надежностью и безопасностью [2, 5]. Но такие ТАБ имеют низкую удельную энергию, чувствительны к низкой температуре и имеют относительно небольшой ресурс работы, что препятствует их использованию в гибридах. Никель-кадмиевые ТАБ имеют высокую удельную мощность, значительный ресурс работы. Однако они не выдают необходимую энергию для гибридных автомобилей. Никельводородные батареи имеют более высокий, по сравнению со свинцово-кислотными, ресурс, обладают необходимой энергией и сравнительно безопасны. Такие ТАБ используются в электромобилях и гибридных автомобилях небольшой мощности. К недостаткам никель-водородных батарей относят тепловыделение при высоких температурах, высокую стоимость, саморазряд и необходимость контролировать утечки водорода. Литий-ионные и литий-полимерные батареи имеют высокую удельную энергию, мощность, и низкий саморазряд, что вполне обуславливает их применение в гибридных автомобилях. Однако литиевые ТАБ имеют относительно малый ресурс по количеству циклов заряд-разряд и склонность к старению. В настоящее время технология литиевых аккумуляторов активно развивается, в том числе для применения в гибридных автомобилях [1]. Перспективы развития автомобилей с гибридной силовой установкой и их сервисного обслуживания:

- совершенствование конструкции автомобиля;
- модернизация ТАБ;
- приобретение необходимой оснастки автосервиса;
- обеспечение профессионального обучения работников;
- развитие специализации услуг, предоставляемых предприятиями сервиса автомобилей;
- разработка нормативных и регламентных документов для проведения качественных работ по ремонту, техническому обслуживанию и диагностированию.

Аналитический обзор современного состояния развития автомобилей с гибридной силовой установкой позволил выявить следующие недостатки использования выше изложенных систем: сложность утилизации аккумуляторных батарей; высокая стоимость аккумуляторных батарей, сложность конструкции. Достоинства использования гибридных силовых установок заключается в следующем: экологичность; использование гибридной установки позволяет повысить пробег автомобиля без дозаправки; получение энергии посредством рекуперации.

Тенденция развития и увеличение эксплуатации автомобилей с гибридной силовой установкой обусловлены повышением требований международных стандартов по экологической безопасности и экономичности, ростом цен на углеводородное топливо. Необходим ряд мероприятий, направленных на развитие и создание производственно-технического обеспечения по поддержанию и восстановлению исправного и работоспособного состояния автомобилей с гибридной силовой установкой. Существует потребность в разработке технологий выполнения сервисных работ, а также их нормативно-технического обеспечения.

Библиографический список

1. Конструктивные схемы автомобилей с гибридными силовыми установками: учеб. пособие / С.В. Бахмутов, А.Л. Карунин, А.В. Круташов [и др.]. М.: МГТУ «МАМИ», 2007. 71 с.
2. Кузов современного автомобиля: материалы, проектирование и производство: учебное пособие / Пачурин Г.В. [и др.]. Санкт-Петербург: Лань, 2018. 316 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/107953>.

3. Распоряжение Правительства РФ от 28 апреля 2018 года N 831-р «Об утверждении Стратегии развития автомобильной промышленности до 2025 года». 1 с.
4. Распоряжение Правительства РФ от 22 ноября 2008 года N 1734-р «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года (с изменениями на 11 июня 2014 года)». 496 с.
5. Савич, Е.Л. Легковые автомобили: учебник. Минск: Новое знание, 2013. 758 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/43872>
6. Селифонов В.В., Круташов А.В., Баулина Е.Е. Приемно-распределительное устройство преимущественно для комбинированных энергетических установок транспортных средств (варианты) // Патент №55445 на полезную модель. 2006.
7. Селифонов В.В., Круташов А.В., Баулина Е.Е. Электромобиль особо малого класса гибридной энергетической установкой // Авто-тракторное электрооборудование. 2004. №9. С. 20–22.
8. Умняшкин В.А., Филькин Н.М., Ившин К.С., Скуба Д.В. Автомобили особо малого класса (квадроциклы) с гибридной энергосиловой установкой / Под общ. ред. В.А. Умняшкина. Ижевск: НИЦ «Регуляторная и хаотическая динамика», 2006. 137 с.
9. Умняшкин В.А., Филькин Н.М., Музофаров Р.С., Хамидуллин Р.П. Выбор мощности тягового электродвигателя, двигателя внутреннего сгорания и параметров накопителей гибридных силовых установок автомобилей: Учебное пособие. Ижевск: НИЦ «Регуляторная и хаотическая динамика», 2006. 138 с.
10. Федотова Ю. Гибридные автомобили: настоящее и будущее // Аймпресс. 2005. №9 (49). С. 23–27.
11. Горячев О.В., Ефромеев А.Г., Степочкин А.О. Разработка нелинейной математической модели гибридного шагового двигателя на основе анализа магнитного поля машины // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 12: в 3 ч. Ч. 3. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. С. 9–27.
12. Becerra G., Alvarez-Icaza L., Flores De La Mota I., Mendoza-Soto J.L. Simulation and Optimization Applied to Power Flow in Hybrid Vehicles. // Applied Simulation and Optimization, Springer, 2017, Cham.
13. Hellgren J., Jonasson E. Maximisation of brake energy regeneration in a hybridelectric parallel car // Int. J. Electric and Hybrid Vehicles, Vol. 1, No. 1, 2007, pp. 95–121.
14. Kazuaki Shingo, Kaoru Kubo, Toshiaki Katsu, and Yuji Hata. Development of Electric Motors for the TOYOTA Hybrid Vehicle “PRIUS”. Toyota Motor Corporation.
15. Kim D-H, Kim J-M, Hwang S-H, and Kim H-S. Optimal brake torque distribution for a four-wheeldrive hybrid electric vehicle stability enhancement // Proc. Instn Mech Engrs, Part D: J. Automobile Engineering, 2007, 221, pp. 1357–1366.
16. Masrur M.A., Garg V.K. Hybrid Electric and Hydraulic Technology Applications in Off-Road Vehicles // Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Springer, New York, 2012.
17. Пузанов А.В. Перспективы применения гибридных приводов в мобильной технике специального назначения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 11. Тула: Изд-во ТулГУ, 2024. С. 75–80.

References

1. Bahmutov S.V., Karunin A.L., Krutashov A.V. et al. Konstruktivnye shemy avtomobilej s gibridnymi silovymi ustanovkami: ucheb. Posobie [Design diagrams of cars with hybrid power plants]. M.: MGTU «MAMI», 2007. 71 p.
2. Pachurin G.V. et al. Kuzov sovremennogo avtomobilja: materialy, proektirovanie i proizvodstvo [Modern car body: materials, design and production]. Sankt-Peterburg: Lan, 2018. 316 p. <https://e.lanbook.com/book/107953/>
3. Order of the Government of the Russian Federation of April 28, 2018 N 831-r “On approval of the Strategy for the development of the automotive industry until 2025”. 61 p.

4. Order of the Government of the Russian Federation of November 22, 2008 N 1734-r "On approval of the Transport Strategy of the Russian Federation for the period until 2030 (as amended on June 11, 2014)". 496 p.
5. Savich E.L. Legkovye avtomobili [Cars]. Minsk: Novoeznanie, 2013. 758 p. <https://e.lanbook.com/book/43872>.
6. Selifonov V.V., Krutashov A.V., Baulina E.E. Priemno-raspredelitel'noe ustrojstvo preimushhestvenno dlja kombinirovannyh jenergeticheskikh usta- novok transportnyh sredstv (varianty) [Receiving and distributing device mainly for combined power plants of vehicles]. Patent №55445, 2006.
7. Selifonov V.V., Krutashov A.V., Baulina E.E. Jelektromobil' osobo malogo klassa gibridnoj jenergeticheskoy ustanovkoj [Electric vehicle of particularly small class hybrid power plant]. Avtotraktornoe jelek- trooborudovanie. 2004. №9, pp. 20–22.
8. Umnjashkin V.A., Fil'kin N.M., Ivshin K.S., Skuba D.V. Avtomobili os- obo malogo klassa (kvadrocikly) s gibridnoj jenergosilovoj ustanovkoj [Ars of particularly small class (quadrocooks) with hybrid power plant] / ed. V.A. Umnjashkin. Izhevsk, 2006. 137 p.
9. Umnjashkin V.A., Fil'kin N.M., Muzofarov R.S., Hamidullin R.P. Vybora moshhnosti tjavovogo jelektrodvigatelja, dvigatelja vnutrennego sgoranija i parametrov nakopitelej gibridnyh silovyh ustanovok avtomobilej [Selection of power of traction motor, internal combustion engine and parameters of accumulators of hybrid power plants of automobiles]. Izhevsk, 2006. 138 p.
10. Fedotova Ju. Gibridnye avtomobili: nastojashhee i budushhee [Hybrid Cars: Present and Future]. Ajmpress. 2005. №9 (49), pp. 23–27.
11. Goryachev O.V., Efromeev A.G., Steepochkin A.O. Development of a nonlinear mathematical model of a hybrid stepper motor based on the analysis of the magnetic field of the machine // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. Issue 12: at 3 p.m. 3. Tula: TulSU Publishing House, 2017. pp. 9-27.
12. Becerra G., Alvarez-Icaza L., Flores De La Mota I., Mendoza-Soto J.L. Simulation and Optimization Applied to Power Flow in Hybrid Vehi- cles. Applied Simulation and Optimization, Springer, 2017, Cham.
13. Hellgren J., Jonasson E. Maximisation of brake energy regeneration in a hybridelec- tric parallel car. Int. J. Electric and Hybrid Vehicles, Vol. 1, No. 1, 2007, pp. 95–121.
14. Kazuaki Shingo, Kaoru Kubo, Toshiaki Katsu, and Yuji Hata. Devel- opment of Electric Motors for the TOYOTA Hybrid Vehicle "PRIUS". Toyota Motor Corporation.
15. Kim D-H, Kim J-M, Hwang S-H, and Kim H-S. Optimal brake torque distribution for a four-wheeldrive hybrid electric vehicle stability en- hancement. Proc. Instn Mech Engrs, Part D: J. Automobile Engineer- ing, 2007, 221, 1357–1366.
16. Masrur M.A., Garg V.K. Hybrid Electric and Hydraulic Technology Applications in Off-Road Vehicles // Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Springer, New York, 2012.
17. Puzanov A.V. Prospects of using hybrid drives in special-purpose mobile equipment // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. Issue 11. Tula: TulSU Publishing House, 2024. pp. 75-80.

МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

УДК 625.7

*Воронежский государственный
технический университет*

канд. техн. наук, доцент

В.П. Волокитин;

Россия, г. Воронеж,

тел. +7-910-343-59-37

e-mail: nova.vp@mail.ru

канд. техн. наук, доцент

О.А. Волокитина;

Россия, г. Воронеж, тел. +7-910-349-72-56

e-mail: dixi.o@mail.ru

*Аспирант кафедры строительства
и эксплуатации автомобильных дорог*

Е.В. Корнилов

Россия, г. Воронеж,

тел. +7(919) 247-75-25

e-mail: jenya8885@gmail.com

*Студент 4 курса дорожно-транспортного
факультета*

Д.М. Оськин;

Россия, г. Воронеж, тел. +7(980) 543-59-61

e-mail: danya.oskin.99@mail.ru

Voronezh State

Technical University

Cand. Of Tech. Science, Associate prof.

V.P. Volokitin;

Russia, Voronezh,

tel. +7-910-343-59-37

e-mail :nova.vp@mail.ru

Cand. of Tech. Science, Associate prof.

O.A. Volokitina;

Russia, Voronezh, tel. +7-910-349-72-56

e-mail: dixi.o@mail.ru

*Postgraduate student of the Department
of construction and operation of highways*

E.V. Kornilov;

Russia, Voronezh,

tel. +7(919) 247-75-25

e-mail:jenya8885@gmail.com

*Fourth year student of the Faculty of Roads
and Transport*

D.M. Oskin;

Russia, Voronezh, tel. +7(980) 543-59-61

e-mail: danya.oskin.99@mail.ru

В.П. Волокитин, О.А. Волокитина, Е.В. Корнилов, Д.М. Оськин

СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА НА АВТОМАТИЗИРОВАННОМ УПРАВЛЕНИИ

В статье приведена информация о строительной технике на автоматизированном управлении, её управлении и использовании.

Ключевые слова: автоматизация, техника, дорожная деятельность, автоматизированное управление.

V.P. Volokitin, O.A. Volokitina, E.V. Kornilov, D.M. Oskin

CONSTRUCTION EQUIPMENT ON AUTOMATED CONTROL

The article provides information about construction equipment with automated control, its control and use.

Keywords: automation, technology, expensive activities, automated control.

В настоящее время на рынке труда присутствует острая нехватка опытных механизаторов, водителей катков, бульдозеров и автогрейдеров. В связи с этим возникает потребность в создании программных обеспечения, благодаря которому потребность в высококвалифицированном персонале отпадает. В качестве примеров рассмотрим некоторое количество программных комплексов.

1. Система нивелирования ShovelManager.

Данная новейшая система – это комплексное автоматизированное решение, позволяющее добиться точного и качественного рабочего процесса от экскаваторной техники за счет системы позиционирования. Автоматизированная система управления экскаваторной выемкой и нивелированием ShovelManager делает такое обеспечение, как:

- навигацию и позиционирование рабочего органа экскаватора с точностью до 20 см;
- отслеживание количества материала;

Она так же подходит для дорожного строительства и горной промышленности.

При разработке месторождений проводится топографическая съемка, становится ясным работа по геологии и положения тела месторождения. Готовится детальный план, в котором рассчитано, как будет извлекаться и обрабатываться руда. Электронный проект разработки месторождения автоматически загружается в систему ShovelManager напрямую из САПР. Система высокоточного позиционирования дает возможность оператору контролировать положение режущей кромки относительно всего контура выемки. На бортовом экране отображается траектория движущей режущей кромки ковша. За счет этого качество проработки подошвы уступа становится выше, а так же соблюдается угол наклона откоса уступа (рис.1).

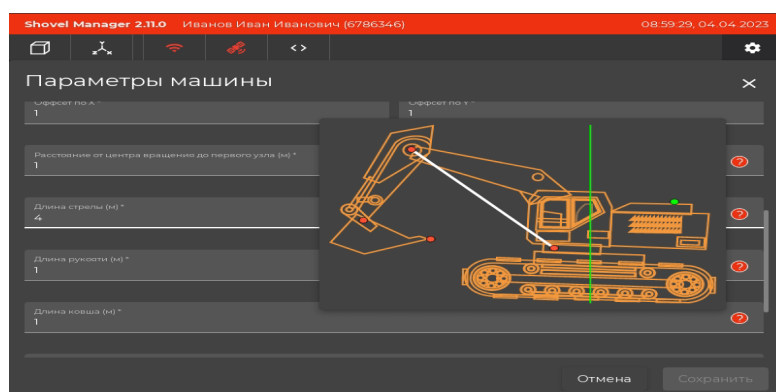


Рис. 1. Система нивелирования ShovelManager

2. Автоматизированная система управления бульдозерной техникой DozerManager:

Данное решение обеспечивает контроль и управление грейдерными работами посредством системы высокоточного позиционирования техники и рабочего инструмента. Результатом данных работ будет формирование поверхности с высокой точностью.

В основе системы нивелирования и мониторинга машины лежит использование высокоточных трехосных датчиков угла наклона вместе с высокоточным определением координат. Это обеспечивает отслеживание положения техники.

Эти параметры позволяют точно определять рабочие углы захвата, резания и наклона во время выполнения рабочих операций. При отклонении от планового положения на экране отображается графическое уведомление с требованием внести корректировку положения инструмента по углу и направлению.

Помощь машинисту осуществляется в реальном времени в виде графического отображения текущего положения уклона относительно проектных значений и указания угла направления корректировки для соответствия фактического положения отвала проектному.

Явным преимуществом такого исполнения перед конкурентами является достижение аналогичного набора параметров и реализация функционала с использованием меньшего количества датчиков. Отказ от использования лазерных дальнометров для измерения глубины реза (рис.2).

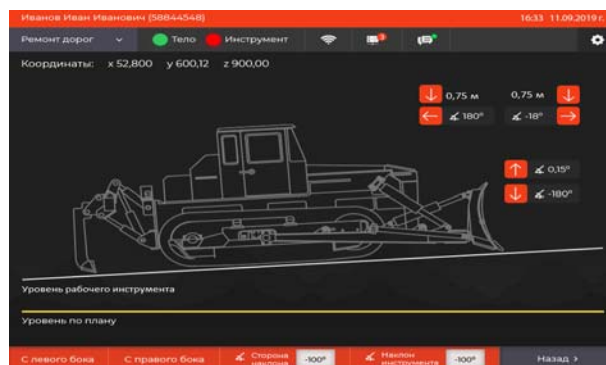


Рис. 2. Автоматизированная система управления бульдозерной техникой DozerManager

3. Автоматизированная система управления буровыми и сваебойными работами DrillBuilder.

Система DrillBuilder состоит из телеметрических датчиков, бортового компьютера, монитора, программного обеспечения, базы данных, а так же дополнительного оборудования.

Персонал составляет проект бурения и после этого через систему связи план попадает в бортовой компьютер и выводится на монитор оператора машины.

На дисплее оператор видит электронный план бурения с заданной сеткой скважин, точное местоположение станка относительно скважин.

Используя фактическое отображение бурового инструмента относительно координат проектной скважины, оператор легко позиционирует шарошку или молот над устьем будущей скважины (рис.3).

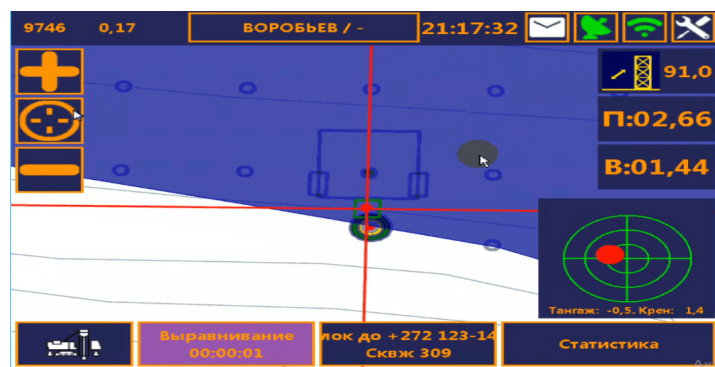


Рис. 3. Автоматизированная система управления буровыми и сваебойными работами DrillBuilder

Из полученных исследований можно сделать вывод, что применение систем автоматизированного управления на строительной технике существенно повысит производительность и итоговое качество строительно-монтажных работ.

Библиографический список

1. [Электронный ресурс] – <https://rit-s.ru>
2. [Электронный ресурс] – <https://psm-st.com>

References

1. [Electronic resource] – <https://rit-s.ru>
2. [Electronic resource] – <https://psm-st.com>

*Воронежский государственный
технический университет
Студент дорожно-транспортного
факультета Горбачев А.Е.
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 277-01-29
e-mail: vladnil1014@mail.ru
Канд. техн. наук, доц. кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Р.А. Жилин
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18
e-mail: zhilinra@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Student of the Faculty of Road Transport
Faculty Gorbachev A.E.
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 277-01-29
e-mail: vladnil1014@mail.ru
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor
N.A. Ulyanov R.A. Zhilin
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-59-18
e-mail: zhilinra@yandex.ru*

А.Е. Горбачев, Р.А. Жилин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

В статье представлен алгоритм расчета, рассмотрены вопросы проектирования, грамотного расположения элементов и выбор материала трубопровода для пневматических линий производства.

Ключевые слова: пневматическая линия, материал трубопровода.

A.E. Gorbachev, R.A. Zhilin

PNEUMATIC LINE DESIGN

The article presents a calculation algorithm, discusses design issues, the proper arrangement of elements and the choice of pipeline material for pneumatic production lines.

Keywords: pneumatic line, pipeline material.

Система подготовки сжатого воздуха: факторы качества. Основные задачи, стоящие перед системой подачи сжатого воздуха, включают в себя: производство требуемого объема сжатого воздуха под высоким давлением, поддержание стабильного давления и расхода с возможностью контроля и регулировки, а также исключение присутствия в воздухе загрязняющих примесей, таких как пыль, влага и пары масла. Кроме того, система должна обеспечивать перемещение сжатого воздуха от компрессорной установки к потребителю.

Использование термина «система» оправдано, поскольку речь идет о комплексе технических устройств и компонентов, где центральным элементом является компрессор. Его мощность и суммарный объем ресиверов должны обеспечивать непрерывную работу всего пневматического оборудования. Важным аспектом, который следует обдумать сразу после приобретения компрессора, является выбор места его расположения.

Выбор места для компрессора. Помещение должно быть сухим и отапливаемым (большинство моделей компрессоров предназначены для работы при температуре от +5 до +40°C). Следует избегать попадания на компрессор атмосферных осадков. Необходима хорошая вентиляция, при этом всасываемый воздух не должен содержать токсичных испаре-

ний, взрывоопасных газов и растворителей. Поддержание низкого уровня запылённости имеет первостепенное значение, так как фильтр не задерживает всю пыль. В случае невозможности обеспечить низкую запылённость, особого внимания требует состояние воздушного фильтра. Загрязнённый фильтр снижает производительность компрессора и может привести к поломке клапанов.

Площадка для установки компрессора должна быть ровной и горизонтальной. Для удобства обслуживания рекомендуется установить компрессор на определённом расстоянии от стен (0,8...1 м). Компрессор является основным элементом пневмосистемы.

Материал трубопровода.

Сталь и оцинковка. Использование стальных водопроводных труб в качестве материала для трубопроводов может показаться целесообразным решением, но главный враг пневмосетей это конденсат, провоцирующую внутреннюю коррозию трубопроводов. Коррозия образует оксид железа – абразив, способный повредить детали пневмоинструмента.

Следовательно, пневматическая магистраль должна быть изготовлена из материалов, устойчивых к коррозии, таких как оцинковка, пластик или алюминий. Гальваническое цинковое покрытие не имеет высокой устойчивости в условиях подачи сжатого воздуха, пусть и выше, чем у обычной стали.

Пластик. Главное преимущество пластика – мобильность и легкость монтажа. Пневмолинию из пластиковых труб можно собрать любой геометрической формы. Такой трубопровод легко нарастить или передвинуть (удобно для мобильных пневмолиний). К тому же пластиковые трубы не подвержены коррозии, их сопротивление потоку воздуха значительно ниже, чем у стали. Вместе с тем, пластик имеет низкую прочность и теплостойкость.

Алюминий. Пожалуй, лучший материал для пневмомагистралей на сегодняшний день алюминиевая труба с полимерным покрытием. Такие не подвержены коррозии, герметичны, просты в монтаже и обслуживании. Алюминиевые трубы обладают наименьшим газодинамическим сопротивлением по сравнению с любыми другими материалами трубопроводов. Их внутренняя поверхность отшлифована до уровня зеркала, поэтому ничто не препятствует движению потока воздуха. Затраты на такие трубы окупаются высоким качеством воздуха, долговечностью службы пневмоинструмента и фильтров, отсутствием утечек и, как следствие, сбережением электроэнергии. Все прочие элементы пневмосети, такие как муфты, сгоны, тройники, запорная и регулировочная арматура также должны быть изготовлены из не подверженных коррозии материалов. Такие выпускаются ведущими производителями компрессорного оборудования.

Диаметр труб. Важным фактором является выбор подходящего диаметра труб. Чем меньше диаметр, тем больше потери давления. Внутренний диаметр труб должен быть не меньше внутреннего диаметра выходного штуцера компрессора.

Ключевым аспектом является правильный выбор диаметра труб пневматической магистрали. В протяжённых системах происходит снижение давления по мере удаления от компрессора. Уменьшение диаметра трубопровода ведёт к увеличению потерь давления.

Аналогичные проблемы возникают в других узких местах пневматической системы. Даже при наличии мощного компрессора и вместительных ресиверов краскопульт может не получать достаточно воздуха из-за переходников с малым диаметром в соединениях.

Универсальное правило: внутренний диаметр основного трубопровода должен соответствовать или превышать внутренний диаметр выходного штуцера компрессора или ресивера.

Точный расчет диаметра трубопровода – сложная задача, требующая вычисления скоростей и расходов воздуха, а также величин падения давления. Учитывая сжимаемость воздуха, расчет сложнее, чем для гидравлических систем. В большинстве случаев применяют специальные номограммы или таблицы.

Альтернативный метод расчета основан на эквивалентной длине трубы, учитывающей потери давления на фитингах и кранах.

Расчет включает выбор начального диаметра трубы по длине трубопровода и производительности компрессора. Затем подсчитывается количество фитингов, определяется эквивалентная длина запаса и прибавляется к длине трубопровода. На последнем этапе проверяется соответствие выбранного диаметра с учетом новой длины, при необходимости диаметр увеличивается. За основу расчета параметров кольцевого трубопровода берется половина его номинальной длины, а расчет тупикового трубопровода проводится по полной номинальной длине.

Шланги и разъемы. Чтобы свести потери давления к минимуму, все шланги и разъемы должны быть достаточного внутреннего диаметра (не менее 9 мм), а при длине шлангов свыше 7 метров – не менее 10 мм. Чтобы свести потери давления к минимуму не стоит использовать шланги длиной более 10 метров. Оптимально – 3...5 метров.

Что касается соединений, то для удобства работы следует использовать быстро-съемные штуцеры и переходники, в изобилии выпускаемые производителями компрессорного оборудования.

Правила монтажа: уклоны, замкнутый контур. Сводя все элементы пневмосети воедино, стоит придерживаться следующих рекомендаций.

Магистраль необходимо придать небольшой уклон 1...2 %. Это нужно для того, чтобы конденсат, скапливающийся в основной линии, не попадал к потребителям, а стекал в нижнюю точку пневмолinii, оборудованную клапаном слива.

С той же целью отводам от основной линии к потребителям следует придать кольцеобразную форму в виде арок (так называемая «гусиная шея»). То есть отвод должен не просто опускаться вниз, а сначала подниматься вверх, а потом – вниз. Благодаря этому конденсат, опять же, будет проходить по уклону вниз, не попадая на посты потребления.

Наиболее низкие точки магистрали и все тупиковые окончания трубопроводов должны быть оборудованы конденсатоотводчиками. Желательно объединить их общей дренажной линией, подключенной к сепаратору конденсата.

Пневмомагистраль должна образовывать общий замкнутый контур, чтобы давление во всех ее точках было одинаковым. В противном случае давление в самой дальней точке магистрали будет минимальным.

Ответвления к потребителям желательно распределять согласно их рабочему давлению: чем выше давление – тем ближе к компрессору. Каждый пост потребления следует оборудовать редуктором с манометром, фильтром-влагоотделителем и лубрикатором, а также запорным вентилем.

Запорные краны должны быть и на отдельных участках магистрали - чтобы иметь возможность отсекать от сети любой участок для местного ремонта, не отключая всех потребителей.

Для уплотнения резьбовых соединений стоит применять специальные герметики, содержащие тефлон, либо тефлоновую ленту. При сборке следите, чтобы частицы уплотнительного материала не попадали внутрь трубопроводов.

Маршруты трубопроводов должны быть простыми, насколько это возможно, иметь минимальное количество изгибов, пересечений, врезок или соединений.

Библиографический список

1. Кудрявцев. А.И., Кудрявцев А.А. Пневматические системы, энергосбережение и оптимизация. 2018. – 157с., табл. 19, ил. 30.
2. Нагорный В. С. Гидравлические и пневматические системы : учебное пособие для СПО / В. С. Нагорный. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 444 с. : ил.
3. Парамонов А. М., Стариков А. П.. Системы воздухообеспечения предприятий: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2021. — 160 с.: ил.

4. Коротыч Д.А., Грищенко В.И., Ивлиев Е.А., Сидоренко В.С. Теоретическое исследование влияния внешних факторов на точность позиционирования и быстродействие длинноходового пневмопривода // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 4. Тула: Изд-во ТулГУ, 2024. С. 508–516.

5. Шредер А.С., Курасов О.А., Гаврилин А.Н. Численное моделирование газодинамических процессов в технологических трубопроводах компрессорной станции // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 8. Тула: Изд-во ТулГУ, 2025. С. 250–259.

References

1. Kudryavtsev A.I., Kudryavtsev A.A. Pneumatic systems, energy saving and optimization. 2018. – 157c., table 19, ill. 30.

2. Nagorny V. S. Hydraulic and pneumatic systems : a textbook for SPO / V. S. Nagorny. — 2nd ed., revised. — St. Petersburg : Lan, 2021. — 444 p. : ill.

3. Paramonov A.M., Starikov A. P. Enterprise air supply systems: A textbook. — St. Petersburg: Lan Publishing House, 2021. 160 p.: ill.

4. Korotych D.A., Grishchenko V.I., Ivliev E.A., Sidorenko V.S. A theoretical study of the influence of external factors on the positioning accuracy and performance of a long-stroke pneumatic actuator. Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Technical sciences. Issue 4. Tula: TulSU Publishing House, 2024. pp. 508-516.

5. Schroeder A.S., Kurasov O.A., Gavrilin A.N. Numerical modeling of gas dynamic processes in technological pipelines of a compressor station // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. Issue 8. Tula: TulSU Publishing House, 2025. pp. 250-259.

Государственный научный центр
Российской Федерации Федеральное
государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский
автомобильный и автомоторный институт
«НАМИ»» (ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»)

Канд. техн. наук

Р.Г. Данилов

Россия, г. Москва, тел. +7-903-597-72-11

e-mail: r.danilov@nami.ru

Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет
(МАДИ),

Канд. техн. наук, доцент

Н.М. Андрюхов

Россия, Москва, тел. +7-916-706-90-62

e-mail: andryukhov_nm@mail.ru

Государственный научный центр
Российской Федерации Федеральное
государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский
автомобильный и автомоторный институт
«НАМИ»» (ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»)

В.И. Заколоткин

Россия, г. Москва, тел. +7-977-953-05-08

e-mail: v.zakolodkin@nami.ru

Государственный научный центр
Российской Федерации Федеральное
государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский
автомобильный и автомоторный институт
«НАМИ»» (ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»)

П.И. Литвак

Россия, г. Москва, тел. +7-963-779-95-37

e-mail: pavel.litvak@nami.ru

Государственный научный центр
Российской Федерации Федеральное
государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский
автомобильный и автомоторный институт
«НАМИ»» (ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»)

Е.И. Заколоткин

Россия, г. Москва, тел. +7-977-341-31-79

e-mail: evgeny.zakolodkin@nami.ru

State Scientific Center
of the Russian Federation Federal State
Unitary Enterprise

«Central Research Automobile and Auto-Motor
Institute «NAMI»»

(SSC RF FSUE «NAMI»),

Cand. Of Tech. Science

R.G. Danilov

Russia, Moscow, tel. +7-903-597-72-11

e-mail: r.danilov@nami.ru

Moscow Automobile and Road Engineering
State Technical University
(MADI),

Cand. of Tech. Science, Associate prof

N.M. Andryukhov

Russia, Moscow, tel. +7-916-706-90-62

e-mail: andryukhov_nm@mail.ru

State Scientific Center
of the Russian Federation Federal State
Unitary Enterprise
«Central Research Automobile and Auto-Motor
Institute «NAMI»»

(SSC RF FSUE «NAMI»),

V.I. Zakolodkin

Russia, Moscow, tel. +7-977-953-05-08

e-mail: v.zakolodkin@nami.ru

State Scientific Center
of the Russian Federation Federal State
Unitary Enterprise
«Central Research Automobile and Auto-Motor
Institute «NAMI»»

(SSC RF FSUE «NAMI»),

P.I. Litvak

Russia, Moscow, tel. +7-963-779-95-37

e-mail: pavel.litvak@nami.ru

State Scientific Center
of the Russian Federation Federal State
Unitary Enterprise
«Central Research Automobile and Auto-Motor
Institute «NAMI»»

(SSC RF FSUE «NAMI»),

E.I. Zakolodkin

Russia, Moscow, tel. +7-977-341-31-79

e-mail: evgeny.zakolodkin@nami.ru

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ДЛЯ ПРИВОДА СТАЦИОНАРНОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Рассмотрены характерные особенности выбора автомобильных бензиновых двигателей для привода стационарного строительного оборудования на объектах строительства. Приведены технические параметры и внешние скоростные характеристики современных российских двигателей. Представленные в статье материалы позволяют обоснованно выбирать современные автомобильные двигатели для использования их в строительном производстве.

Ключевые слова: двигатели внутреннего сгорания, строительная техника, автомобили, внешние скоростные характеристики, мощность, крутящий момент.

R.G. Danilov, N.M. Andriukhov, V.I. Zakolodkin, P.I. Litvak, E.I. Zakolodkin

AUTOMOTIVE ENGINES FOR DRIVING STATIONARY CONSTRUCTION MACHINERY

The characteristic features of the choice of automobile gasoline engines for driving stationary construction equipment at construction sites are considered. The technical parameters and external speed characteristics of modern Russian engines are given. The materials presented in the article make it possible to reasonably choose modern automobile engines for use in the construction industry.

Keywords: internal combustion engines, construction machinery, automobiles, external speed characteristics, power, torque.

В последнее время автомобильные бензиновые двигатели нередко применяются для работы в стационарном режиме. Это экономически оправдано, так как потребность строительного производства в этих двигателях, имеющих мощность больше 20 кВт, незначительная и организовывать их специальное производство не выгодно. Переоборудование автомобильных двигателей для стационарного режима требует минимальных затрат. Кроме того, применение транспортных двигателей в стационарном режиме уменьшает номенклатуру двигателей, что создает благоприятное условие для ремонта (снабжения запасными частями) в эксплуатации.

Применение автомобильных двигателей для стационарного режима работы требует пересчета их номинальных параметров. Мощность двигателя (номинальную), необходимую для обеспечения номинальной мощности энергоагрегата, определяют по формуле

$$N_{el} = \frac{K_z K_{об} K_{см}}{0,36} \frac{P_e}{\eta_e \eta_{пер}}, \quad (1)$$

где K_z – коэффициент запаса;

$K_{об}$ – коэффициент снижения мощности двигателя при эксплуатации с частотой вращения, не соответствующей N_e расчетной,

$$K_{об} = 1,2 \dots 1,25;$$

$K_{см}$ – коэффициент, учитывающий снижение мощности транспортного двигателя при переводе его на длительный стационарный режим,

$K_{см} = 1,1 \dots 1,2$ – для двигателей с жидкостным охлаждением, $K_{см} = 1,2 \dots 1,25$ – для двигателей с воздушным охлаждением [1];

P_z – номинальная мощность энергоагрегата (генератора, компрессора или насосного агрегата);

η_z – КПД энергоагрегата;

$\eta_{пер}$ – КПД передачи от двигателя к энергоагрегату.

Для агрегатов с генераторами, имеющими непосредственное сочленение валов двигателя и энергоагрегата, формула примет вид

$$N_{el} = \frac{K_z P_z}{0,73 \eta_z}, \quad (2)$$

Коэффициент запаса K_z определяется температурой окружающего воздуха K_t , барометрическим давлением K_b , износоустойчивостью основных деталей K_u , производственным разбросом K_n и др., т.е.

$$K_z = 1 + K_t + K_b + K_u + K_n. \quad (3)$$

Запас мощности двигателя с учетом температуры $+50^\circ\text{C}$ и высоты над уровнем моря 1000 м (674 мм рт. ст.), что соответствует условиям номинальной мощности агрегата, составляет 12...14 %, то есть $K_t + K_b = 0,12...0,14$.

Запас мощности на износ основных деталей и узлов K_u к концу гарантийного срока службы (1000...1200 ч) принимается 4...5 %. Запас мощности на производственный разброс K_n – 2,5...3 %. Кроме того, для карбюраторных двигателей принимается запас мощности на несовершенство карбюраторной топливной аппаратуры, равный 2...3 %.

Суммарный запас мощности для первичных двигателей агрегатов принимается равным 25...30 % [2]. Однако, чем больше запас мощности у первичного двигателя, тем больше приходится ограничивать его по частоте вращения при работе на номинальной мощности и тем больше повышается удельный расход топлива. Особенно это характерно для автомобильных двигателей, используемых в стационарном режиме, так как их минимальный удельный расход топлива соответствует номинальной мощности двигателей, работающих в транспортном режиме, а в стационарном режиме, как правило, двигатель работает на меньших оборотах коленчатого вала (1500...1800 об/мин) и, следовательно, с другими значениями номинальной мощности.

Поэтому автомобильные бензиновые двигатели в стационарном режиме по сравнению с специальными стационарными двигателями по удельному расходу топлива и удельным весовым показателям имеют худшие значения. Однако этот недостаток окупается меньшей стоимостью автомобильных двигателей при их массовом производстве. Рассмотрим современные автомобильные бензиновые и двухтопливные двигатели, выпускаемые в нашей стране.

Двигатели Волжского автозавода (АвтоВАЗ) используются для привода насосных станций и мотопомп [3]. Волжский автозавод в настоящее время выпускает бензиновые 8-клапанные двигатели ВАЗ-11182 и 16-клапанные двигатели ВАЗ-21129, рабочим объемом 1,6 л, и 1,8-литровым ВАЗ-21179 (1.8 EVO) для автомобилей Granta и Vesta. Двигатели ВАЗ-11189 и ВАЗ-11182 устанавливаются на автомобили Largus. 80-сильным 8-клапанным двигателем ВАЗ-2123 оснащаются полноприводные Niva Travel и Niva Legend. В апреле 2025 г. началось производство автомобиля Niva Sport, оснащенного 16-клапанным двигателем ВАЗ-21127-77 рабочим объемом 1,6 л. В IV квартале 2025 г. намечен серийный выпуск Niva Travel с новым 8-клапанным двигателем ВАЗ-11184 рабочим объемом 1,8 л. Волжский автозавод для поставок в качестве запасных частей продолжает выпуск ограниченных партий карбюраторных двигателей. Завод реализует снятые с производства двигатели ВАЗ-2101, ВАЗ-2103, ВАЗ-2106, ВАЗ-21083, ВАЗ-11113, ВАЗ-21213, ВАЗ-2110, ВАЗ-2111, ВАЗ-2112, ВАЗ-21114, ВАЗ-11194, ВАЗ-21124, ВАЗ-21126, ВАЗ-21127. Внешние скоростные характеристики (BCX) двигателей АвтоВАЗ приведены в таблице 1.

Таблица 1

ВСХ бензиновых двигателей АвтоВАЗ

Модель двигателя	Применение	N_e , кВт	n , мин ⁻¹	M_{max} , Нм	n , мин ⁻¹	Мощность, кВт, при частоте вращения n , мин ⁻¹									
						1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
ВАЗ-11113	Сез-11113	24,3	5000	55	3500			10	15,7	20,1	22,6	23,1	24,3	22,6	20,3
ВАЗ-2101	ВАЗ-2101	47,1	5600	87,3	3400	12	16	22,5	25	33	38	38,5	45	47	
ВАЗ-2103	ВАЗ-2103	55	5600	106	3400	14,7	20,6	27	33	39	45	50	53,5	55	53
ВАЗ-2106	ВАЗ-2106	57	5400	121,6	3000	15,8	23,2	29,4	38,2	43,7	47,8	51,5	54,4	56,6	55,5
ВАЗ-21083	ВАЗ-21083	54	5400	122	3400		18,5	29	37,6	44	49	52	54	53,7	53,6
ВАЗ-2110	ВАЗ-2110	54	5500	106	3000	11	18	25,4	33,3	38,8	44	49,5	53	54	53,6
ВАЗ-2111	ВАЗ-2110	58	5300	116	4000	17,5	23,3	29,8	36	42,2	48,6	54,6	57,3	58	
ВАЗ-21213	ВАЗ-21213	58	5000	130	3000	18,4	26,2	33,3	40,8	47	52,8	56,8	58	57,6	53,4
ВАЗ-21114	Lada Kalina	59	5400	120	2600	16	23	30	37	43	47	53	57	58	54
ВАЗ-11194	Lada Kalina	65,4	5000	127	4500	15,7	23,6	29,6	35,8	44,9	52,4	59,8	65,4	63,3	63,3
ВАЗ-21124	Lada Priora	65,4	5000	131	3700	17	26,5	32	38,8	46,5	54	60,5	65,4	63,3	63,1
ВАЗ-2112	ВАЗ-2110	70	5900	133	3000		25	32	42	52	58	64	67	66	69
ВАЗ-21126	Lada Priora	72	6000	145	4000	17	26	34	42	51	60,7	67	72	74	72
ВАЗ-21127	Lada Granta	78	6000	148	4200	18	27	35	43	53	62	69	73	77	78
ВАЗ-2123	Niva Legend	61	5000	129	3800	18	26,2	32,4	38,5	47,2	54	57,5	61	59,3	54
ВАЗ-11189	Lada Largus	63,6	5000	141	3800	18,7	27,2	35,3	42,4	50,3	58	61,7	63,6	61,9	58,4
ВАЗ-11182	Lada Granta	66,2	5000	144	3800	19	27,6	36	43,3	51,8	59,7	64,6	66,2	64,5	60,3
ВАЗ-11184	Niva Travel	66,2	5000	153	3800	20,5	29,7	39,3	47,1	56	62,8	66	66,2	63,4	53,4
ВАЗ-21129	Lada Vesta	78	5800	148	4200	19	27	34	44	53	61,5	68	72	76	48,7
ВАЗ-21127-77	Niva Sport	89,7	5900	151	5000	18,5	27	34	42	52	62	70	79	85	89
ВАЗ-21179	Lada Aura	90	6000	170	3700	22	32	39,5	49	66	71	79	83,5	87	90

Ульяновский моторный завод выпускает 4-цилиндровые бензиновые и двухтопливные двигатели Evotech – 2,7-литровые А2755 и 3-литровые А3055, оснащенные комплексной микропроцессорной системой управления впрыском топлива и зажиганием и работающие на бензине и сжиженном нефтяном (СНГ) или компримированном природном (КПГ) газе, которыми оснащаются легкие коммерческие автомобили «Газель NN» и «Соболь NN». В запчасти к автомобилям УАЗ-СГР, «Хантер», «Патриот», «Газель» изготавливаются карбюраторные двигатели УМЗ-4178.10, УМЗ-421.10, УМЗ-4218.10 и впрысковые УМЗ-4213.10 и УМЗ-4216.10.

Заволжский моторный завод выпускает рядные 4-цилиндровые 16-клапанные двигатели семейства ЗМЗ-409 с комплексной микропроцессорной системой управления впрыском топлива и зажиганием, которые устанавливаются на полноприводные и коммерческие автомобили Ульяновского автозавода. В запчасти к автомобилям ГАЗ-24 «Волга», ГАЗ-3302 «Газель» и ГАЗ-2310 «Соболь» можно приобрести бензиновые двигатели с распределенным впрыском топлива ЗМЗ-4062.10, ЗМЗ-40522.10 и ЗМЗ-40524.10. ВСХ двигателей УМЗ и ЗМЗ приведены в таблице 2.

Таблица 2

ВСХ 4-цилиндровых двигателей УМЗ и ЗМЗ

Модель двигателя	Топливо	N_e , кВт	n , мин ⁻¹	M_{max} , Нм	n , мин ⁻¹	Мощность, кВт, при n , мин ⁻¹									
						1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	
УМЗ-4178.10	Бензин А92	71,3	4300	181,4	2500		25,3	37	47,5	56,4	67,4	69,1			
УМЗ-4218.10	Бензин А92	72	4250	201	2500		27	40	53	61,6	68	72			
УМЗ-421.10	Бензин А92	78	4250	211	2200		30	43	55	65	72	77			
А2755 Evotech	Бензин А95	78,5	4000	220	2500	19	31,7	42,7	57,6	66,6	75,1	78,5			
А2755 Evotech	СНГ	76,7	4000	219	2500	20,5	32,2	42,8	57,3	66	74	76,7			
А3055 Evotech	Бензин А95	87,5	4000	250	2350	21,5	34,5	49,8	64,6	73,2	83,9	87,5			
А3055 Evotech	СНГ	82,5	4000	240	2350	21,5	34,2	49	62	69,7	80,3	82,5			
А3055 Evotech	КПГ	78	4000	220	2400	19,9	31,4	44	57,5	62,8	71,5	78			
УМЗ-4213.10	Бензин А92	87,5	4250	224	2500	18	32	44	56	67	79	84,5			
УМЗ-4216.10	Бензин А92	90,4	4400	230	2350	19,1	33,9	47,7	60,3	70,9	81,6	90,4			

Окончание табл. 2

ЗМЗ-40911.10	Бензин А95	92	4250	219,5	3000	18,5	30,5	42,9	54,7	69	80	89,6	85,7
ЗМЗ-409055.10	Бензин А95	95	4250	224,7	3500	18,5	30,6	44,7	54,2	66,6	82,3	90,9	
ЗМЗ-40524.10	Бензин А92	103	5000	214	4000	17,4	29	41,7	56,4	62,8	77	89,6	98 103
ЗМЗ-40905.10	Бензин А95	105	5000	230	4000	18	31	44,6	57,8	69	83	96	106 105
ЗМЗ-40906.10	Бензин А95	105	5000	230	3900	19,4	31	43,8	56,8	66,2	81	96	102,5 105
ЗМЗ-409.10	Бензин А92	105	4600	230	3900	19	33	45	58	71	81	95,6	105
ЗМЗ-4062.10	Бензин А92	110	5200	206	4000	14,4	26,2	39,6	51	61,3	75	86,3	97 108
ЗМЗ-40522.10	Бензин А92	111,8	5200	210	4200	17	29	42	53	62	72	86	103 111
ЗМЗ-409051.10	Бензин А95	117,6	5000	245	4000	19	31,9	44,6	61,8	73,6	86	102,7	113 117,6

Заволжским моторным заводом изготавливаются V-образные 8-цилиндровые 8-клапанные двухтопливные двигатели с распределенным впрыском ЗМЗ-5245.10 экологического класса Евро-5 для автобусов Павловского автобусного завода. В запчасти к автомобилям ГАЗ-3307, ГАЗ-66 и автобусам ПАЗ-3205 выпускаются карбюраторные двигатели ЗМЗ-52342.10 (таблица 3).

Таблица 3

ВСХ бензиновых и двухтопливных V-образных двигателей ЗМЗ

Модель двигателя	Топливо	$N_e, n,$ кВт мин ⁻¹		$M_{max}, n,$ Нм мин ⁻¹		Мощность, кВт, при частоте вращения n , мин ⁻¹								
						1000	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2800	3000
ЗМЗ-52342.10	Бензин А80	91	3200	298	2000	27,4	42	48,6	56	60	64	69	79	84
ЗМЗ-5245.10	Бензин А95	101,8	3200	314	2600	29	44,5	54	61	63	70	78	91,5	96,8
ЗМЗ-5245.10	СНГ	98,1	3200	299,6	2600	27,5	41	47	53,5	60	67	75	86	93,5
ЗМЗ-5245.10	КПГ	90,5	3200	277,4	2600	26,5	39,5	45	51	57	63	69	81	85,8

Также для привода стационарных строительных машин могут применяться малогабаритные мотоциклетные двигатели [4]. В настоящее время мотовездеходы и снегоходы в России выпускает рыбинская компания «Русская механика». Снегоходы «Буран» комплектуются двухтактным двухцилиндровым карбюраторным двигателем РМЗ-640 мощностью 25 кВт (34 л. с.). На снегоходы «Тайга-Варяг» и «Тайга-Атака» устанавливаются двухтактные двухцилиндровые одно и двух карбюраторные двигатели РМЗ-500, РМЗ-550 и РМЗ-551 мощностью 35...45 кВт (48...60 л. с.). ВСХ двигателей для снегоходов приведены в таблице 4.

Таблица 4

ВСХ бензиновых двигателей мотовездеходов и снегоходов

Модель двигателя	Топливо	$N_e, n,$ кВт мин ⁻¹		$M_{max}, n,$ Нм мин ⁻¹		Мощность, кВт, при частоте вращения n , мин ⁻¹									
						2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
РМЗ-640	Бензин А80	25	5700	50	4200	6,1	10,2	13,8	17	20,7	23,2	24,3	25		
РМЗ-500	Бензин А92	35	6500	52,8	6000			5,2	9,2	14	19,6	25,1	29,9	33,2	35
РМЗ-550	Бензин А92	38	6800	54,5	6500						17,2	25,1	29,9	33,7	37
РМЗ-551	Бензин А92	45	6800	65	6500			12	15,7	19	20,7	28,3	34,6	40,2	44,2

Технические параметры отечественных автомобильных и мотоциклетных двигателей приведены в таблице 5.

Таблица 5

Технические параметры отечественных бензиновых двигателей

Модель двигателя	Тип, число цилиндров	Диаметр и ход поршня, мм	Рабочий объем, л	Степень сжатия	Номинальная мощность при частоте вращения			Макс. крутящий момент при частоте вращения			Уд. расход $\frac{г}{кВт \cdot ч}$	Сухая масса, кг
					кВт	л. с.	мин ⁻¹	Н·м	кгс·м	мин ⁻¹		
PM3-640	2К-2РВ	76×70	0,635	8,2	25	34	5500	50	5,1	4250	400	50
PM3-500	2К-2РВ	72×61	0,497	10,8	35	48	6500	55	5,6	5600	550*	32
PM3-550	2К-2РВ	76×61	0,553	10,8	38	52	6800	54,5	5,5	6500	500*	32
BA3-11113	4К-2РВ	82×71	0,749	9,9	24,3	33	5000	55	5,6	3500	н.д.	67
BA3-2101	4К-4РВ	76×66	1,198	8,5	47,1	64	5600	87,3	8,9	3400	299	114
BA3-2103	4К-4РВ	76×80	1,452	8,5	56,6	77	5600	105,9	10,8	3400	299	114
BA3-2106	4К-4РВ	79×80	1,568	8,5	58,8	80	5400	121,6	12,4	3000	299	114
BA3-21083	4К-4РВ	82×71	1,499	9,9	54	73,5	5400	122	12,4	3400	279	125
BA3-2110	4К-4РВ	82×71	1,499	9,9	54	73,5	5500	106	10,8	3000	н.д.	126
BA3-21213	4К-4РВ	82×80	1,69	9,3	58	79	5000	130	13,2	3000	279	117
BA3-2111	4В-4РВ	82×71	1,499	9,8	58	79	5300	116	11,8	4000	273	127
BA3-21114	4В-4РВ	82×75,6	1,597	9,6	59	80	5400	120	12,2	2600	268	112
BA3-2123	4В-4РВ	82×80	1,69	9,3	61	83	5000	129	13,1	3800	280	127
BA3-11182	4В-4РВ	82×75,6	1,597	10,5	66,2	90	5000	144	14,7	3800	270	110
BA3-11184	4В-4РВ	82×84	1,774	н.д.	66,2	90	5000	153	15,6	3800	240	98
BA3-11194	4В-4РВ	76,5×75,6	1,39	10,6	65,4	89	5000	127	12,9	4500	250	112
BA3-21124	4В-4РВ	82×75,6	1,597	10,3	65,4	89	5000	131	13,4	3700	263	121
BA3-2112	4В-4РВ	82×71	1,499	10,5	70	95	5900	133	13,5	3000	263	127
BA3-21129	4В-4РВ	82×75,6	1,597	10,5	78	106	5800	148	15,1	4200	240	92,5
BA3-21127-77	4В-4РВ	82×75,6	1,597	10,5	90	122	5900	151	15,4	5000	240	100
BA3-21179	4В-4РВ	82×84	1,774	10,3	90	122	6000	170	17,3	3700	240	110
УМЗ-4178.10	4К-4РВ	92×92	2,445	7,0	71,3	97	4000	181,4	18,5	2500	292	166
УМЗ-4218.10	4К-4РВ	100×92	2,89	7,0	72	98	4000	201	20,5	2500	292	165
A2755 Evotech	4В-4РВ	96,5×92	2,69	10,0	78,5	107	4000	220	22,4	2500	272	178
A3055 Evotech	4В-4РВ	96,5×102	2,984	10,0	87,5	119	4000	250	25,5	2350	272	205
УМЗ-4213.10	4В-4РВ	100×92	2,89	8,8	87,5	119	4000	224	22,8	2800	269	170
УМЗ-4216.10	4В-4РВ	100×92	2,89	8,8	90,4	123	4000	230	23,5	2350	269	172
ЗМЗ-40911.10	4В-4РВ	95,5×94	2,693	9,0	92	125	4250	219,5	22,4	3000	278,5	190
ЗМЗ-40524.10	4В-4РВ	95,5×86	2,46	9,4	103	140	5000	214	21,8	4000	265,2	180
ЗМЗ-4062.10	4В-4РВ	92×86	2,28	9,3	110	150	5200	206	21,0	4000	265,2	187
ЗМЗ-409051.10	4В-4РВ	95,5×94	2,693	9,8	118	160	5000	245,2	25,0	4000	278,5	200
ЗМЗ-52342.10	4К-8V90	92×88	4,67	7,6	91	124	3200	298	30,5	2000	313	268
ЗМЗ-5245.10	4В-8V90	92×88	4,67	8,3	101,8	138,4	3200	314	32,0	2600	283	268

Примечание: 2 – двухтактный; 4 – четырехтактный; К – карбюраторный; В – впрыск бензиновый; РВ – рядное вертикальное; V90 – V-образное под углом 90°; Уд. расход – удельный минимальный расход топлива; * – удельный расход топлива при номинальной мощности; н.д. – нет данных.

Приведенные в статье технические параметры двигателей и их внешние скоростные характеристики при проектировании стационарного строительного оборудования позволяют обоснованно подобрать автомобильный двигатель, при необходимости рассчитать или подобрать редуктор для привода оборудования, определить кинематические и динамические параметры силового привода в рабочем режиме с учетом заданных условий эксплуатации.

Библиографический список

1. Малолитражные стационарные карбюраторные двигатели. Обзор. – М.: ЦИНТИАМ, 1963. – 75 с.
2. Данилов Р.Г. Выбор двигателя для привода специального оборудования дорожно-строительных машин // Строительные и дорожные машины. – 2002. – № 8. – С. 29-31.
3. Данилов Р.Г. Автомобильные двигатели дорожных машин. Послевоенный период // Строительные и дорожные машины. – 2023. – № 11. – С. 12-29.
4. Данилов Р.Г. Малогабаритные стационарные двигатели дорожных машин // Строительные и дорожные машины. – 2023. – № 10. – С. 3-12.

References

1. Subcompact stationary carburetor engines. Review. – M.: CINTIAM, 1963. – 75 p.
2. Danilov R.G. The choice of an engine for driving special equipment for road construction machinery // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. – 2002. – No. 8. – pp. 29-31.
3. Danilov R.G. Automobile engines of road vehicles. The post-war period // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. – 2023. – No. 11. – pp. 12-29.
4. Danilov R.G. Small-sized stationary engines of road vehicles // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. – 2023. – No. 10. – pp. 3-12.

*Воронежский государственный
технический университет
Д-р. техн. наук, проф., зав. кафедрой
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
В.А. Жулай;*

*Воронежский государственный
технический университет
Аспирант кафедры строительной техники
и инженерной механики им. профессора
Н.А. Ульянова*

А.А. Скукин

*Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 277-01-29
e-mail: grumpy.cat2@yandex.ru*

Voronezh State

Technical University

*ScD, professor, head of the department
of construction machinery and mechanical
engineering named after professor N.A. Ulyanov
V.A. Zhulai;*

Voronezh State

Technical University

*Postgraduate student of the department
of construction machinery and mechanical
engineering named after professor N.A. Ulyanov*

A.A. Skukin

*Russia, Voronezh, tel. +7(473) 277-01-29
e-mail: grumpy.cat2@yandex.ru*

В.А. Жулай, А.А. Скукин

АНАЛИЗ СПОСОБОВ УВЕЛИЧЕНИЯ УСИЛИЙ НА ЗУБЬЯХ КОВША ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

Статья связана с исследованием конструкций рабочего оборудования гидравлического одноковшового экскаватора. Предложено изменение конструкции, предназначенная для расширения области высоких усилий на зубьях ковша.

Ключевые слова: одноковшовый экскаватор, рабочее оборудование, ковш экскаватора, зубья ковша.

V.A. Zhulai, A.A. Skukin

ANALYSIS OF METHODS FOR INCREASING FORCES ON THE TEETH OF HYDRAULIC EXCAVATOR BUCKETS

The article deals with the study of the design of working equipment of a hydraulic single-bucket excavator. A design modification has been proposed, intended to expand the area of high forces on the bucket teeth.

Keywords: single-bucket excavator, working equipment, excavator bucket, bucket teeth.

Одноковшовые гидравлические экскаваторы широко применяются для возведения насыпей и рытья выемок в дорожном строительстве, отрывки котлованов и траншей в промышленном и гражданском строительстве, рытья каналов, проходки тоннелей, добычи полезных ископаемых. [1].



Рис. 1. Разработка грунта гидравлическим экскаватором с рабочим оборудованием обратная лопата

Эффективность работы и производительность одноковшовых гидравлических экскаваторов зависит от усилий, развиваемых на зубьях его ковша.

От величины этого усилия зависит площадь срезаемой стружки грунта, а, следовательно, и время цикла, напрямую влияя на производительность экскаватора.

Недостатком конструкции привода поворота ковша, применяемого в современных экскаваторах, является уменьшение усилия на зубьях ковша из-за уменьшения рычага, передающего усилие от гидроцилиндра поворота ковша.

Рассмотрим имеющиеся технические решения для устранения этого недостатка.

Существует рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора по патенту RU2007515 [2] (рис.2), где за счёт внедрения шарнирной качающейся тяги 5, управляемой при помощи дополнительного гидроцилиндра 4, можно увеличить усилие на зубьях ковша.

Однако, при использовании такого решения проблематично сохранить высокую наполняемость ковша одновременно поддерживая высокие усилия на зубьях ковша.

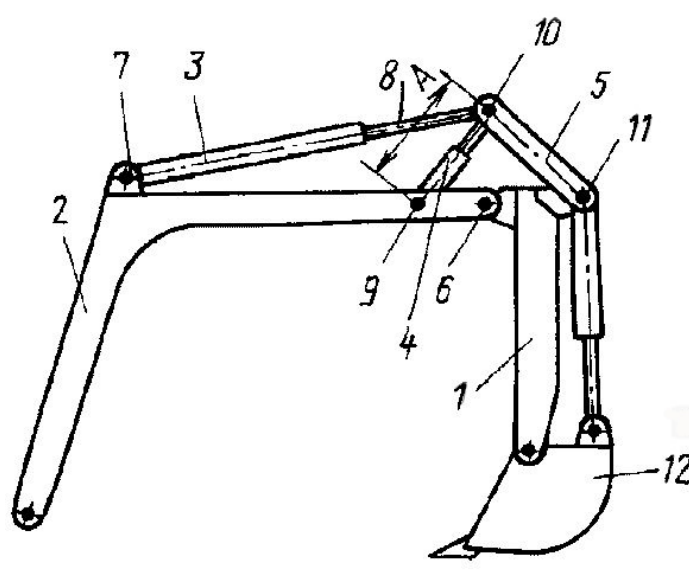


Рис. 2. Конструктивная схема рабочего оборудования обратной лопаты с использованием шарнирной качающейся тяги

Известна конструкция ковша по патенту RU183825 [3] (рис.3), предусматривающая обеспечение полного поворота рукояти и позволяющая удерживать ковш в фиксированном положении.

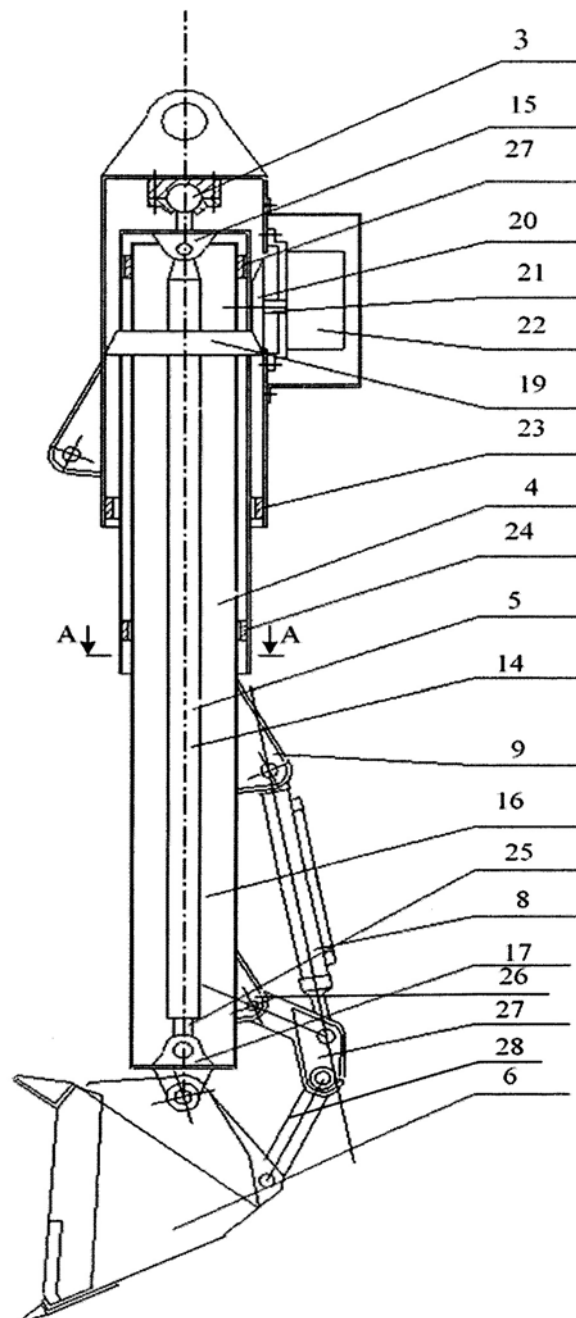


Рис. 3. Общая конструктивная схема рабочего оборудования обратной лопаты с телескопически раздвижной рукоятью гидравлических одноковшовых экскаваторов

В данном рабочем оборудовании применяется рукоять 4 изменяемой длины; изменение этой длины осуществляется посредством гидроцилиндра 14, а для поворота выдвижной части рукояти применяется гидромотор-редуктор 22, вращающий венец 19 поворотной части рукояти с помощью конической шестерни 20.

К недостаткам данной конструкции следует отнести её сложность, увеличение массы оборудования, а как следствие – снижение устойчивости, а также отсутствие увеличения усилий на зубьях ковша при увеличении угла поворота.

Следующее рабочее оборудование позволяет обеспечить оптимальный угла резания при движении ковша или рукояти по отдельности и возможном совмещении рабочих движений элементов рабочего оборудования.

Предполагается установка зубьев ковша на вал 11, управление которым осуществляется при помощи рычагов 12 и гидроцилиндров 13, управляемых гидрораспределителем, в свою очередь, получающий сигнал от блока управления 16, который получает данные от датчиков углового положения стрелы 5, рукояти 6, ковша 7 и зубьев 15. [4] (рис.4)

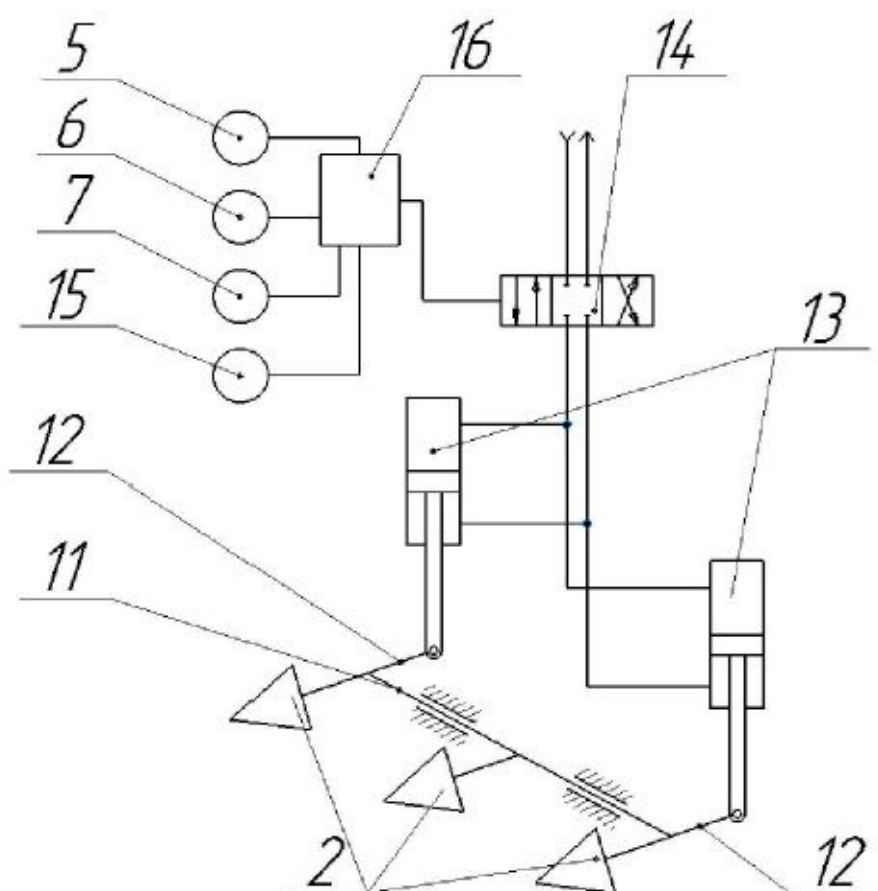


Рис. 4. Электрогидравлическая схема рабочего оборудования с изменяемым углом резания зубьев ковша экскаватора

К негативным моментам такого устройства относятся его сложность, требующая серьёзных переработок серийного оборудования.

Существует система «TriPower» [5] (рис.5) , принцип которой заключается в воздействии поворотных гидроцилиндров на рабочий орган с помощью специального трёхопорного звена, что, обеспечивает поддержание высоких усилий копания на всей траектории копания, однако, такая система увеличивает зону высоких усилий не на зубьях, а на стреле, а при использовании такого решения ковш поворачивается против часовой стрелки, что ведёт к низкому заполнению ковша, следовательно, оператору приходится постоянно управлять гидроцилиндром ковша, чтобы получить наполненный ковш.

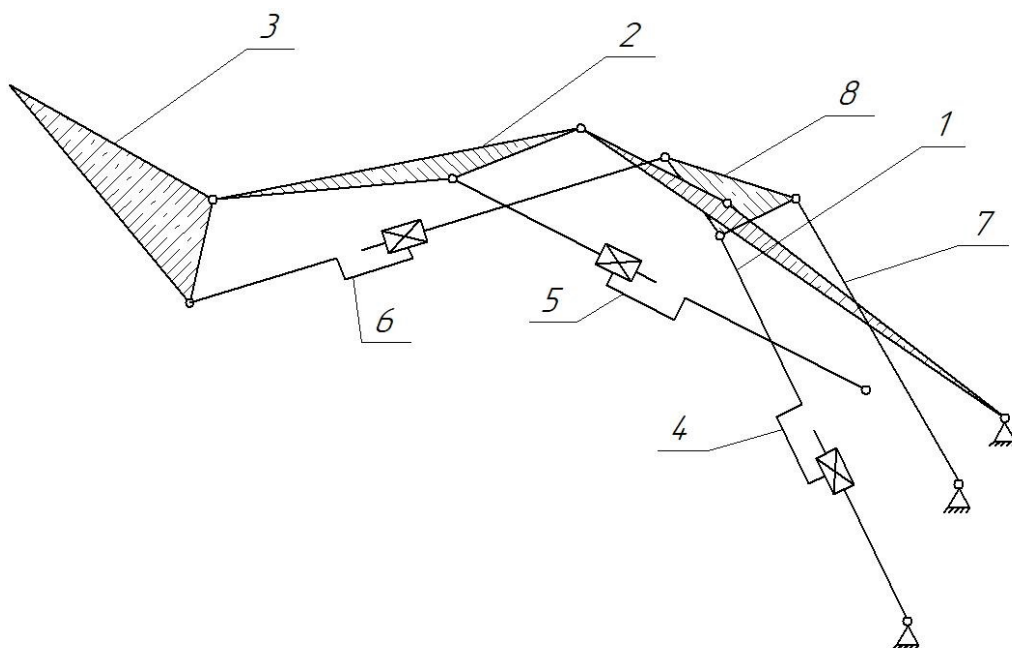


Рис. 5. Кинематическая схема оборудования TriPower:
1 – стрела; 2 – рукоять; 3 – ковш; 4; 5; 6 – гидроцилиндры;
7 – тяга; 8 – трёхопорное звено

Рассмотрим механизм поворота ковша (рис.6) гидравлического экскаватора, с помощью которого можно расширить зону максимальных усилий на зубья ковша гидравлического экскаватора на 10...30%.

Эта конструкция кроме известных элементов: рукоять 1, гидроцилиндр привода 2, коромысло 3, тяга 4, ковш 5 включает гидроцилиндр 6 и направляющие 7, в которых может перемещаться опора коромысла 3.

Конструкция механизма поворота ковша предусматривает *смещение опоры коромысла 3 в пазах рукояти*, когда при серийной конструкции начинается снижение усилий на зубьях. [6].

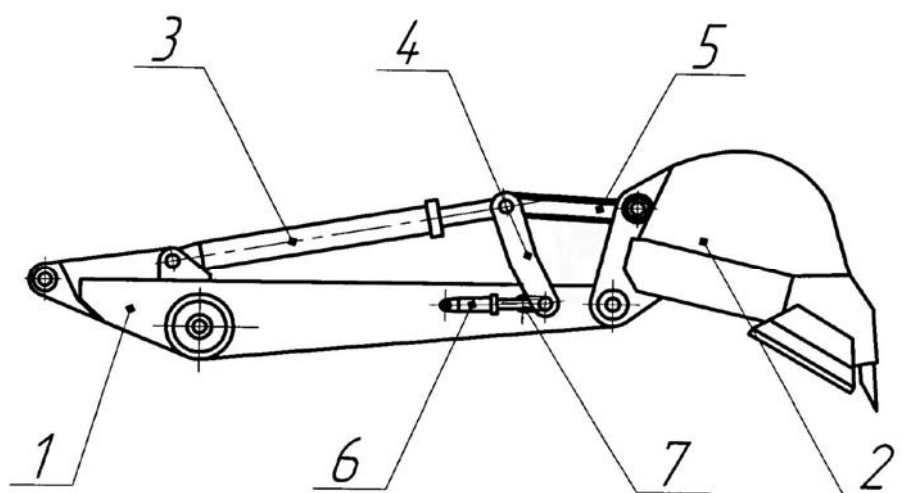


Рис. 6. Механизм поворота ковша:
1 – рукоять; 2 – ковш; 3 – гидроцилиндр привода; 4 – коромысло; 5 – тяга;
6 – гидроцилиндр смещения коромысла; 7 – паз направляющий

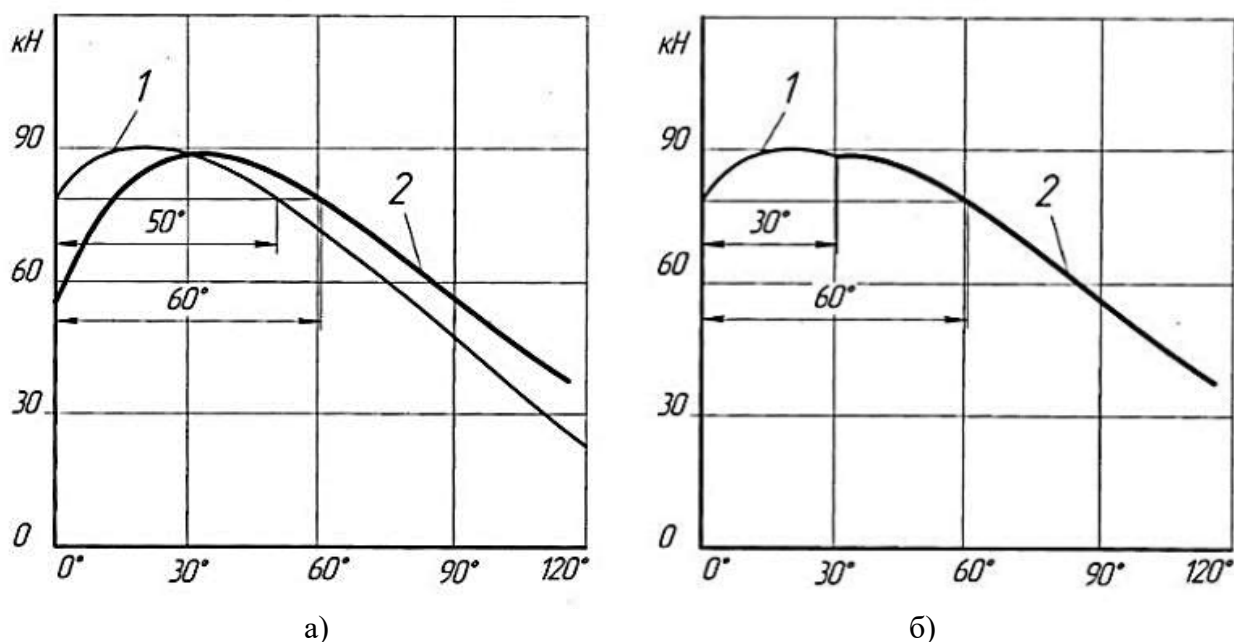


Рис. 7. Усилия на зубьях ковша:
а) 1 – усилия для серийного механизма; 2 – усилия при смещении опоры коромысла;
б) рекомендуемое изменение усилий при смещении опоры коромысла

Выводы

Анализ технических решений показал разнообразие подходов к совершенствованию конструкций рабочего оборудования гидравлических экскаваторов.

Наиболее перспективной для повышения усилий на зубьях ковша гидравлического экскаватора является конструкция, в которой увеличивается рычаг действия усилий гидроцилиндра поворота ковша, и таким образом, повышается диапазон действия максимальных усилий на зубьях ковша.

Библиографический список

1. Дорожные машины. Часть I. Машины для земляных работ (теория и расчет). Алексеева Т.В., Артемьев К.А., Бромберг А.А., Войцеховский Р.И., Ульянов Н.А. М., «Машиностроение», 1972, 504 с.
2. Патент RU 2 007 515. Рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора. Оренбойм Б.Д., Салтан С.С. Оpubл. 15.02.1994.
3. Патент RU 183 825. Рабочее оборудование одноковшовых гидравлических экскаваторов. Репин С.С., Григорьева А.С., Рулис К.В., Зазыкин А.В., Оpubл. 04.10.2018. Бюл. №28.
4. Патент RU 2 779 252. Рабочее оборудование экскаватора. Трифанов Г.Д., Муравский А.К., Оpubл. 05.09.2022. Бюл. №25.
5. <https://os1.ru/article/27584-unikalnaya-kinematika-privoda-rabochego-oborudovaniya-tripower-kinematika-gidravlicheskih-gornyh-eks-kavatorov>.
6. Патент RU 2 764 681. Механизм поворота ковша гидравлического экскаватора. Ниллов В.А., Федоров Е.В., Скукин А.А. Оpubл. 19.01.2022. Бюл. №2.

References

1. Road Machinery. Part I. Earthmoving Machines (Theory and Calculations). Alekseeva T.V., Artemyev K.A., Bromberg A.A., Voitsekhovsky R.I., Ulyanov N.A. Moscow, "Mashinostroenie", 1972, 504 p.
2. Patent RU 2 007 515. Working equipment of a single-bucket hydraulic excavator. Orenbaum B.D., Saltan S.S. Published February 15, 1994.
3. Patent RU 183 825. Working equipment of single-bucket hydraulic excavators . Repin S.S., Grigorieva A.S., Rulis K.V., Zazykin A.V., Published 04.10.2018. Bulletin No. 28.
4. Patent RU 2 779 252. Excavator working equipment. Trifanov G.D., Muravsky A.K., Published September 5, 2022. Bulletin No. 25.
5. <https://os1.ru/article/27584-unikalnaya-kinematika-privoda-rabochego-oborudovaniya-tripower-kinematika-gidravlicheskih-gornyh-ekskavatorov> .
6. Patent RU 2 764 681. Rotary mechanism of hydraulic excavator bucket. Nilov V.A., Fedorov E.V., Skukin A.A. Published 19.01.2022. Bulletin No. 2.

*Тверской государственный
технический университет
Д-р. техн. наук, проф., зав. кафедрой
строительных и дорожных машин
и оборудования А.В. Кондратьев
Аспирант кафедры строительных
и дорожных машин и оборудования
Ф.А. Соколов
студент гр. С.НТС.СДСО.20.03
А.С. Петрачков
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительных и дорожных машин
и оборудования
Ю.Н. Павлов
студент гр. С.НТС.СДСО.21.03
М.А. Рамоданов
Россия, г. Тверь, тел. +7(4822) 78-55-19,
e-mail: avkondr@ya.ru*

*Tver State
Technical University
Dr. Sci. Tech., prof., head of the chair of con-
struction and road machinery and equipment
A.V. Kondratiev
Postgraduate student of the chair of construc-
tion and road machinery and equipment
F.A. Sokolov
a student gr. S.NTS.SDSO.20.03
A.S. Petrachkov
Cand. of Tech. Sciences, Associate prof.
of the chair of construction and road
machinery and equipment
Yu.N. Pavlov
a student gr. S.NTS.SDSO.21.03
M.A. Ramodanov
Russia, Tver, tel. +7(4822) 78-55-19, e-mail:
avkondr@ya.ru*

А.В. Кондратьев, Ф.А. Соколов, А.С. Петрачков, Ю.Н. Павлов, М.А. Рамоданов

БАРАБАННЫЙ КЛАССИФИКАТОР-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ

Представлены конструкция и описание работы нового барабанного классификатора-измельчителя. Предлагаемое устройство снабжено шнековыми лопастями и дробящими элементами, поочередно размещенными на вращающемся валу расположенном внутри барабанного сита. При этом дробящие элементы выполнены в виде валцов установленных на осях дисков вала. Аргументируется повышение производительности и качества реализации процессов грохочения и измельчения сыпучих материалов с одновременным снижением энергоемкости привода классификатора-измельчителя.

Ключевые слова: Барабанный классификатор-измельчитель, цилиндрическое сито, вал, валцы, перфорированная поверхность, просеивание, измельчение, сыпучая смесь.

A.V. Kondratiev, F.A. Sokolov, A.S. Petrachkov, Yu.N. Pavlov, M.A. Ramodanov

DRUM CLASSIFIER-MILLER

The design and operation of a new drum classifier-grinder are presented. The proposed device is equipped with screw blades and crushing elements that are alternately placed on a rotating shaft located inside the drum sieve. The crushing elements are made in the form of rollers mounted on the shaft's disk axles. The invention is aimed at increasing the productivity and quality of the screening and crushing processes of bulk materials while reducing the energy consumption of the classifier-grinder drive.

Keywords: Drum classifier-grinder, cylindrical sieve, shaft, rollers, perforated surface, sifting, grinding, loose mixture.

При переработке полезных ископаемых в горноперерабатывающей промышленности довольно часто на одном оборудовании совмещают во времени процессы измельчения и грохочения, что, бесспорно, ведет к повышению производительности и снижению энергоемкости выполняемых операций. Анализ барабанных устройств, осуществляющих одновременно измельчение и грохочение сыпучих материалов, позволил выявить их некоторые общие недостатки, снижающие эффективность работы оборудования [1-4]. Так, например, в известных конструкциях перед дробящим элементом образуется скопление зерен материала, что затрудняет его затягивание между дробящими элементами. Одновременно с этим в зоне просеивания на барабанном сите вследствие его вращения образуется «ядро» (скопление) материала с циркуляцией зерен с различным размером, что затрудняет просеивание мелкой фракции. В некоторых конструкциях реализуется измельчение материала с одновременным проталкиванием его в отверстия сита, что неизбежно приводит к дополнительному повышению энергоемкости процесса [3,4]. Кроме того, данная операция приводит к забиванию отверстий сита застрявшими там частицами, что отрицательно скажется не только на эффективности измельчения, но и на качестве грохочения материала.

С целью исключения выявленных недостатков барабанных устройств была предложена новая конструкция барабанного классификатора-измельчителя, позволяющего устранить отмеченные выше негативные явления (рис.). Устройство состоит из цилиндрического вращающегося сита 1 наклоненного к горизонту под углом α и установленного на опорных катках 2. Внутри цилиндрического сита 1 расположен приводной вал 3 со встречным вращением, на котором последовательно с чередованием размещены шнековые лопасти 4 и дробящие рабочие элементы, выполненные в виде валцов 5 свободно установленных на осях 6 дисков 7 вала 3. При этом барабан по длине разделяется на зоны грохочения и измельчения, где в зоне измельчения (движения валцов) цилиндрическое сито 1 выполнено в виде неперфорированной поверхности. В то же время валцы 5 смежных дробящих рабочих элементов расположены со смещением относительно друг друга, например, под углом 90° (сечения А-А и Б-Б).

Барабанный классификатор-измельчитель работает следующим образом. Исходный сыпучий материал, например, щебень или гравий, подается в цилиндрическое сито 1, где он подхватывается шнековыми лопастями 4 вращающегося вала 1 и распределяется по всей нижней части перфорированной поверхности решета по встречному направлению движения просеивающей поверхности. Одновременно шнековые лопасти 4 и наклон сита 1 к горизонту под углом α обеспечивают продвижение материала к зоне дробления. При этом из материала выделяется нижняя фракция, которая не подлежит дроблению. В зоне дробления перекачиваемые валцы 5 измельчают компоненты сыпучей смеси. Затем раздробленный материал по наклонной неперфорированной поверхности поступает в следующую зону грохочения. Здесь зерна смеси снова подхватываются шнековыми лопастями 4 и распределяются по всей нижней части цилиндрического сита 1, одновременно перемещаясь вдоль барабана. При этом измельченный материал просеивается в отверстия сита 1, а крупные недоизмельченные зерна поступают в следующую зону дробления, где происходит их окончательное измельчение. После дробления материал перемещается в последнюю зону грохочения, в которой происходит заключительное разделение материала на фракции. Оставшиеся крупные фрагменты смеси выгружаются с цилиндрического сита и могут быть повторно направлены в классификатор-измельчитель.

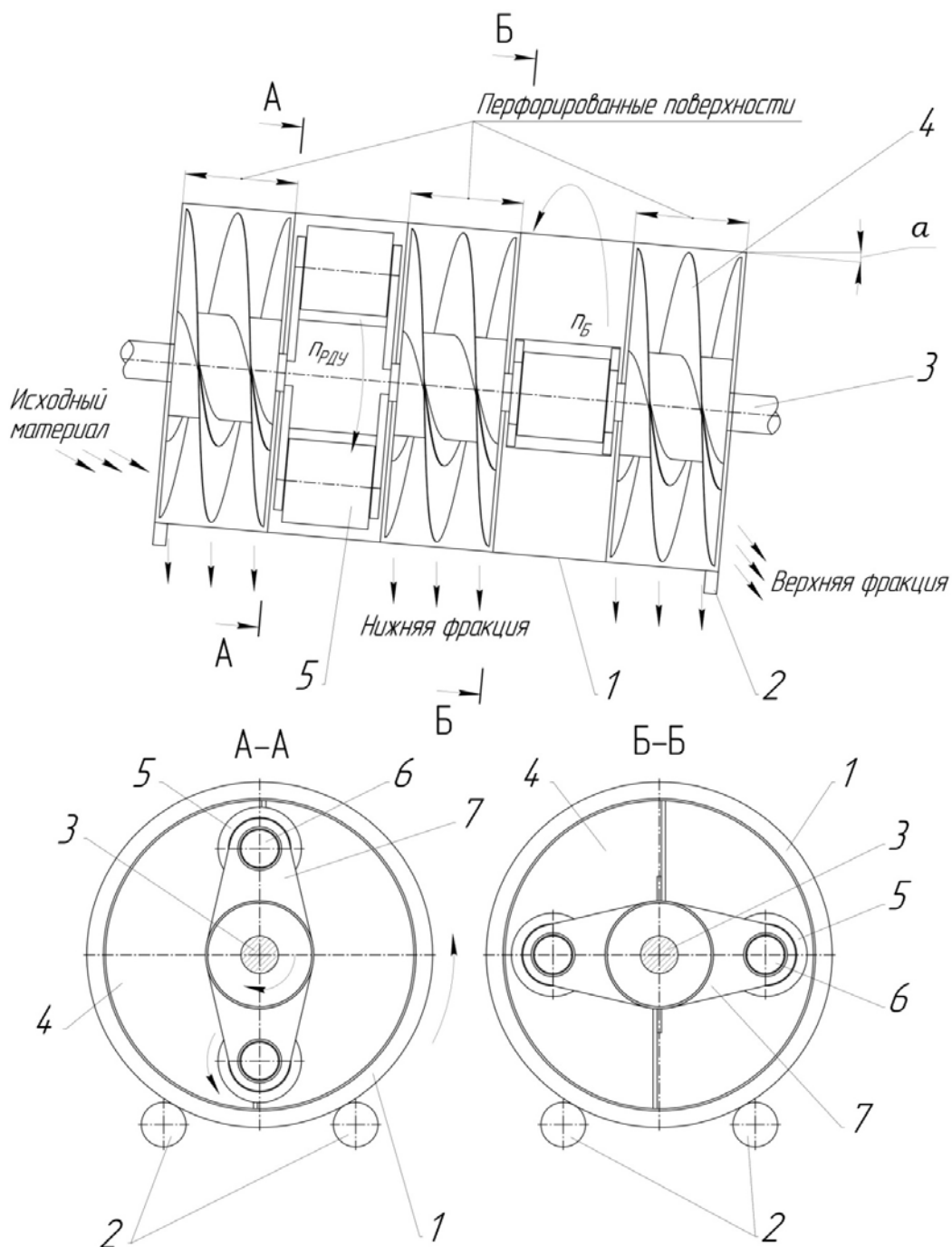


Рис. Схема барабанного классификатора-измельчителя

Такое последовательное чередование зон грохочения и дробления обеспечивает эффективное измельчение и просеивание материала, когда мелкие частицы предварительно просеиваются на сите перед дроблением. Это, в свою очередь, исключает переизмельчение материала и снижает энергоемкость процесса дробления.

Выполнение барабанного сита 1 в зоне движения валцов 5 (зона дробления) в виде сплошной неперфорированной поверхности создает условия для интенсификации процесса измельчения без затрат энергии на продавливание раздробленного материала в отверстиях сита, в случае их наличия.

Расположение валцов 5 смежных дробящих элементов на дисках 7 относительно друг друга со смещением, например, под углом 90°, обеспечивает равномерную передачу усилия дробления на приводной вал 3, что позволяет избежать пикового повышения крутящего момента.

Для предотвращения заклинивания твердых частиц смеси между перфорированной поверхностью сита 1 и торцами шнековых лопастей 4, последние можно выполнить из упруго-эластичного материала, например, из транспортной резиновой ленты.

Таким образом, предлагаемая конструкция барабанного классификатора-измельчителя позволит одновременно осуществлять операции грохочения и измельчения каменного материала. Совокупность конструктивных особенностей нового устройства обеспечит повышение производительности и качества переработки сыпучих материалов на классификаторе-измельчителе. Применение предлагаемого устройства, например, на дробильно-сортировочных комплексах, позволит повысить эффективность процесса производства нерудных строительных материалов или других полезных ископаемых.

Библиографический список

1. А.с. № 360969 СССР, МПК В02С15/16. Барабанный измельчитель / Л.М. Ивачев, А.Л. Панин, заявитель Всесоюзный научно-исследовательский институт цементного машиностроения. - № 1634716/29-33, заявл. 15.03.71; опубл. 07.12.1972, Бюл. № 1.
2. А.с. № 1045930 СССР, МПК В02С21/00. Дробильно-сортировочный агрегат / В.Н. Воротеляк, Е.О. Желиховский, А.С. Кривоносов, М.Г. Кузаков, Б.П. Литвинов, И.Г. Плеханов, заявитель Всесоюзный научно-исследовательский институт нерудных строительных материалов и гидромеханизации. - № 3490590/29-33, заявл. 25.03.82; опубл. 07.10.83, Бюл. № 37.
3. Пат. № 2531438 Российская Федерация, МПК В07В1/00. Измельчитель-классификатор / П.Я. Бибилов, А.Д. Бардовский, П.Е. Митусов, Б.В. Воронин, Н.М. Кряжев, заявитель и патентообладатель Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». - № 2012154291/13, заявл. 17.12.12; опубл. 20.10.24, Бюл. № 18.
4. Митусов П.Е. Обоснование рациональных параметров измельчителя-классификатора для грубого помола слабых горных пород: автореф. диссер. на соиск. ученой степ. канд. техн. наук: 2.8.8 - Геотехнология, горные машины, Тверь, 2023. - 23 с.

References

1. A.S. No. 360969 USSR, IPC V02S15/16. Drum grinder/L.M. Ivachev, A.L. Panin, applicant All-Union Scientific Research Institute of Cement Engineering. - No. 1634716/29-33, application 15.03.71; publ. 07.12.1972, Bul. № 1.
2. A.S. No. 1045930 of the USSR, IPC V02S21/00. Crushing and screening unit/V.N. Vorotelyak, E.O. Zhelikhovsky, A.S. Krivonosov, M.G. Kuzakov, B.P. Litvinov, I.G. Plekhanov, applicant All-Union Scientific Research Institute of Non-Metallic Building Materials and Hydromechanization. - No. 3490590/29-33, application 25.03.82; publ. 07.10.83, Bul. № 37.
3. Pat. No. 2531438 Russian Federation, IPC V07V1/00. Shredder-classifier/P.Ya. Bibikov, A.D. Bardovsky, P.E. Mitusov, B.V. Voronin, N.M. Kryazhev, applicant and patent holder of the National Research Technological University "MISiS." - No. 2012154291/13, application 17.12.12; publ. 20.10.24, Bul. № 18.
4. Mitusov P.E. Justification of rational parameters of the grinder-classifier for coarse grinding of weak rocks: ref. disser. to the nipple. scientific step. Candidate of Technology Sciences: 2.8.8 - Geotechnology, mining machines, Tver, 2023. - 23 s.

*Воронежский государственный
технический университет
Студенты дорожно-транспортного
факультета
В.А. Лобков,
e-mail: lobkov_313@mail.ru
В.В. Щербинин,
e-mail: vladimirexec@gmail.com
Н.О. Стеганцов,
e-mail: nikita.stegancovw@gmail.com
А.А. Чуев,
e-mail: sir.chuew@yandex.ru
Канд. техн. наук, доц. кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Н.М. Волков
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18
e-mail: volkne@bk.ru*

*Voronezh State
Technical University
Students of the Faculty of Road Transport
Faculty
V.A. Lobkov,
e-mail: lobkov_313@mail.ru
V.V. Shcherbinin,
e-mail: vladimirexec@gmail.com
N.O. Stegantsov,
e-mail: nikita.stegancovw@gmail.com
A.A. Chuev,
e-mail: sir.chuew@yandex.ru
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
N.M. Volkov
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-59-18
e-mail: volkne@bk.ru*

В.А. Лобков, В.В. Щербинин, Н.О. Стеганцов, А.А. Чуев, Н.М. Волков

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АМОРТИЗАТОРОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рассматривается анализ существующих технологии в диагностировании амортизаторов легковых автомобилей. Подготовлен обзор и классификация различных перспективных технологий в диагностировании. Особое внимание уделено практическому применению рассмотренных методов в условиях некрупных сервисных центров и специализированных парков машин, с приведением примеров используемого оборудования.

Ключевые слова: диагностирование, технологии, амортизаторы.

V.A. Lobkov, V.V. Shcherbinin, N.O. Stegantsov, A.A. Chuev, N.M. Volkov

FEATURES OF DIAGNOSING PASSENGER CAR SHOCK ABSORBERS USING MODERN TECHNOLOGY

This article analyzes existing technologies for diagnosing passenger car shock absorbers. A review and classification of various promising diagnostic technologies is provided. Special attention is paid to the practical application of the considered methods in the conditions of small service centers and specialized vehicle fleets, with examples of the equipment used.

Keywords: technology, diagnostics, suspension.

Эффективная работа подвески легкового автомобиля является одним из ключевых факторов, определяющих безопасность, комфорт и управляемость транспортного средства. Центральным элементом, влияющим на эти параметры, выступает амортизатор, предназначенный для гашения колебаний кузова, обеспечения постоянного контакта колеса с дорожным полотном и снижения динамических нагрузок на элементы шасси. Своевременная и точная диагно-

стика технического состояния амортизаторов позволяет не только предотвратить преждевременный износ шин и других узлов подвески, но и существенно повысить активную безопасность автомобиля. Современный этап развития автосервиса характеризуется переходом от субъективных методов оценки (например, раскачка кузова) к объективным, высокоточным технологиям, основанным на применении специализированного диагностического оборудования и компьютерного анализа [5]. Актуальность внедрения таких технологий обусловлена возрастающей сложностью конструкций подвесок, ужесточением требований к безопасности и экономической целесообразностью прогнозирования остаточного ресурса узлов.

Основными задачами диагностирования амортизаторов являются определение степени их износа, выявление наличия механических повреждений (подтеков масла, деформаций штока, повреждения резьбовых соединений) и оценка эффективности демпфирования. Традиционная визуальная диагностика, несмотря на свою простоту, обладает низкой достоверностью и не позволяет количественно оценить демпфирующие свойства. Более информативным, но все еще субъективным методом является оценка поведения автомобиля при проезде неровностей или выполнении маневров. Однако золотым стандартом в современном сервисе становятся инструментальные методы, которые можно разделить на два основных класса: стендовые испытания и диагностика в движении.

Среди стендовых методов наибольшее распространение получили вибростенды, или стенды проверки амортизаторов, принцип действия которых основан на анализе колебаний колес [2]. Современный вибростенд представляет собой комплекс, состоящий из четырех платформ, на которые поочередно устанавливаются колеса автомобиля. Платформы совершают низкочастотные колебания с заданной амплитудой и частотой, имитируя движение по неровной дороге. Встроенные датчики с высокой точностью регистрируют силу сцепления колеса с платформой в различные фазы колебательного процесса. Микропроцессорная система обрабатывает полученные данные и вычисляет коэффициент демпфирования для каждого колеса в отдельности. Результаты представляются в графическом виде, где наглядно отображается разница в эффективности работы амортизаторов, а также в виде цветовой индикации (зеленый – норма, желтый – пограничное состояние, красный – необходима замена) [4]. Преимуществом данного метода является скорость диагностики, объективность результатов и возможность выявления разницы в характеристиках амортизаторов на одной оси, что критически важно для курсовой устойчивости. Для некрупных сервисов такое оборудование, как вибростенды марок CARTEC или «BC-4M», является оптимальным решением, позволяющим проводить быструю экспресс-диагностику в рамках планового ТО. Однако точность таких стендов может несколько снижаться при диагностике автомобилей с электронно регулируемыми амортизаторами (например, с системой магнитной реологии) или при наличии неисправностей в шинах.

Более точным, но и более трудоемким стендовым методом является использование переносных диагностических комплексов, таких как анализаторы работы подвески. Эти устройства обычно состоят из датчиков ускорения (акселерометров), которые крепятся на кузов автомобиля в непосредственной близости от точек крепления амортизаторов. Специальным приспособлением колесо приводится в резкие вертикальные колебания, а датчики регистрируют параметры затухания этих колебаний [1]. Полученные данные передаются на ноутбук или планшет, где специализированное программное обеспечение строит графики и выдает вердикт о состоянии демпфера. Такой метод, реализованный в комплексах типа Trueline Suspension Analyzer или «СКАД-А», позволяет получить более детальную информацию о характере износа и часто используется для углубленной диагностики в специализированных парках машин или при спорных результатах, полученных на вибростенде.

Отдельное направление инструментальной диагностики представляют собой методы, осуществляемые в процессе движения автомобиля. Наиболее технологичным из них является диагностика с использованием мобильных диагностических адаптеров, подключаемых к стандартному OBD-II разьему автомобиля. Современные автомобили, оснащенные системами стабилизации (ESP), имеют в своем составе датчики вертикального ускорения кузова, которые используются электронным блоком управления для анализа дорожной ситуации [3].

Специализированное программное обеспечение, установленное на диагностическом сканере (например, Launch X-431 или Autel MaxiSys), может считывать данные с этих датчиков в реальном времени при движении по дороге с определенным профилем. Анализируя амплитуду и частоту колебаний кузова, система может сделать вывод об эффективности работы амортизаторов. Этот метод является весьма перспективным для владельцев крупных парков, так как позволяет интегрировать данные о состоянии подвески в систему телематики и планировать обслуживание на основе объективных показателей, а не только по пробегу.

Еще одним инновационным подходом является использование бесконтактных методов диагностики [2]. Разрабатываются системы, основанные на компьютерном зрении и обработке видеоизображений. Камеры, установленные на въезде в сервисную зону, фиксируют профиль движения автомобиля при проезде специально созданной неровности. Специальные алгоритмы анализируют траекторию и скорость перемещения точек на кузове и колесе, вычисляя демпфирующие характеристики. Хотя подобные технологии находятся на стадии активной разработки и апробации, они обладают колоссальным потенциалом для организации экспресс-диагностики в потоке, например, на пунктах технического осмотра транспортных средств.

Вывод

Таким образом, современная диагностика амортизаторов легковых автомобилей предлагает широкий спектр технологий, выбор которых должен определяться экономической целесообразностью и спецификой задач конкретного сервиса или парка.

Для некрупных автосервисов и станций техобслуживания, ориентированных на разового клиента, наиболее оптимальным решением являются вибродиагностические стенды (например, CARTEC B800, «ВС-4М»). Они обеспечивают высокую скорость и объективность проверки, что является весомым маркетинговым преимуществом и позволяет быстро выявить явные неисправности без значительных временных затрат.

Для специализированных парков машин (такси, каршеринг, службы доставки), где критически важны превентивное обслуживание и минимизация простоев, целесообразно комбинировать методы. Вибростенд может использоваться для планового контроля всего парка, а для углубленного анализа – переносные акселерометрические комплексы (Trueline, «СКАД-А»). Крайне перспективным является метод диагностики через OBD-II, который позволяет интегрировать данные о состоянии подвески в общую систему телематики для планирования ремонтов по фактическому состоянию.

Перспективы развития связаны с дальнейшей цифровизацией и появлением более доступных бесконтактных систем, что в совокупности позволит малым сервисам и владельцам парков перейти от реактивного к превентивному обслуживанию, экономя ресурсы и повышая безопасность эксплуатации.

Библиографический список

1. Кадышев, С. В. Анализ средств диагностики подвески легковых автомобилей / С. В. Кадышев // В мире научных открытий : Материалы V Всероссийской студенческой научной конференции, Ульяновск, 19–20 мая 2016 года. Том V, Часть 1. – Ульяновск: Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина, 2022. – С. 175-178.
2. Карташов, А. А. Диагностика и техническая экспертиза автомобилей : учебное пособие по направлению подготовки 23.00.00 "Техника и технологии наземного транспорта" / А. А. Карташов. – Пенза : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2024. – 208 с.
3. Климанов, Е. А. Диагностирование амортизационных стоек легковых автомобилей / Е. А. Климанов // Научный импульс - 2024 : сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 11 сентября 2024 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2024. – С. 17-23.

4. Попцов, В. В. Совершенствование методики диагностирования амортизаторов легковых автомобилей на СТО ГК "Автоград" в г. Тюмени / В. В. Попцов, М. М. Парасоцкий // Проблемы функционирования систем транспорта : Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2-х томах, Тюмень, 05–07 декабря 2018 года / Ответственный редактор А.В. Медведев. Том 1. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. – С. 361-364.

5. Разговоров, К. И. Экспертиза систем, влияющих на транспортную безопасность при эксплуатации АТС / К. И. Разговоров // Автомобильная промышленность. – 2024. – № 9. – С. 15-18.

References

1. Kadyashev, S. V. Analysis of passenger car suspension diagnostic tools / S. V. Kadyashev // In the World of Scientific Discoveries: Proceedings of the V All-Russian Student Scientific Conference, Ulyanovsk, May 19–20, 2016. Volume V, Part 1. – Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P. A. Stolypin, 2022. – Pp. 175–178.

2. Kartashov, A. A. Diagnostics and Technical Expertise of Vehicles: A Textbook for the Degree in Ground Transport Engineering and Technology 23.00.00 / A. A. Kartashov. – Penza: Penza State University of Architecture and Construction, 2024. – 208 p.

3. Klimanov, E. A. Diagnostics of shock absorbers of passenger cars / E. A. Klimanov // Scientific impulse - 2024: collection of articles of the International scientific research competition, Petrozavodsk, September 11, 2024. - Petrozavodsk: International center of scientific partnership "New Science" (IP Ivanovskaya I.I.), 2024. - Pp. 17-23.

4. Poptsov, V. V. Improving the methodology for diagnosing shock absorbers of passenger cars at the service station of the Avtograd Group of Companies in Tyumen / V. V. Poptsov, M. M. Parasotsky // Problems of functioning of transport systems: Materials of the International scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists: in 2 volumes, Tyumen, December 5-7, 2018 / Editor-in-chief A.V. Medvedev. Volume 1. – Tyumen: Tyumen Industrial University, 2021. – Pp. 361-364.

5. Razgovorov, K. I. Examination of systems affecting transport safety during vehicle operation / K. I. Razgovorov // Automotive Industry. – 2024. – No. 9. – Pp. 15-18.

*Воронежский государственный
технический университет
Студенты дорожно-транспортного
факультета
В.А.Лобков,
e-mail: lobkov_313@mail.ru
В.В. Щербинин,
e-mail:vladimirexec@gmail.com
Н.О. Стеганцов,
e-mail:nikita.stegancovw@gmail.com
А.А. Чуев,
e-mail: sir.chuew@yandex.ru
Канд. техн. наук, доц. кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Н.М. Волков
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18
e-mail: volkne@bk.ru*

*Voronezh State
Technical University
Students of the Faculty of Road Transport
Faculty
V.A.Lobkov,
e-mail: lobkov_313@mail.ru
V.V. Shcherbinin,
e-mail: vladimirexec@gmail.com
N.O. Stegantsov,
e-mail: nikita.stegancovw@gmail.com
A.A. Chuev,
e-mail: sir.chuew@yandex.ru
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
N.M. Volkov
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-59-18
e-mail: volkne@bk.ru*

В.А. Лобков, В.В. Щербинин, Н.О. Стеганцов, А.А. Чуев, Н.М. Волков

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОБКАТКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И СЕРВИСОВ

Рассматривается эволюция процесса обкатки дизельных двигателей в условиях современных технологий. Проведен анализ целесообразности различных видов обкатки (холодной, горячей, эксплуатационной) с учетом конструктивных особенностей современных моторов (Common Rail, турбонаддув, EGR). Особое внимание уделено практическим аспектам организации процесса обкатки на автотранспортных предприятиях и в сервисных центрах. Представлены рекомендуемые методики, основанные на использовании специализированного стендового оборудования и средств диагностики, а также сформулированы практические рекомендации для продления ресурса двигателей после капитального ремонта или замены узлов.

Ключевые слова: дизельный двигатель, технологии, оборудование.

V.A. Lobkov, V.V. Shcherbinin, N.O. Stegantsov, A.A. Chuev, N.M. Volkov

FEATURES OF DIESEL ENGINE BREAK-IN TECHNOLOGY USING MODERN TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR TRANSPORT COMPANIES AND SERVICES

This article examines the evolution of the diesel engine break-in process in the context of modern technology. It analyzes the feasibility of various break-in methods (cold, hot, and operational) taking into account the design features of modern engines (common rail, turbocharging, EGR). Particular attention is paid to the practical aspects of organizing the break-in process at transport companies and service centers. Recommended methods are presented, based on the use of specialized bench equipment and diagnostic tools, and practical recommendations are formulated for extending engine life after major overhauls or component replacements.

Keywords: diesel engine, technology, equipment.

Процесс обкатки дизельного двигателя является критически важным этапом его жизненного цикла, закладывающим фундамент будущей надежности, долговечности и эффективности. Современные дизельные двигатели, несмотря на свои выдающиеся показатели экономичности и крутящего момента, отличаются более сложным устройством, повышенными удельными нагрузками и, как следствие, предъявляют более высокие требования к процессу первоначальной приработки по сравнению с бензиновыми аналогами. Это обусловлено наличием высокоточных систем впрыска, турбонаддува и сложных систем рециркуляции отработавших газов. Современный подход к обкатке кардинально изменился под влиянием этих технологий, ужесточения экологических норм и появления нового диагностического оборудования. Сегодня это не просто рекомендация, а высокотехнологичный, управляемый и контролируемый процесс, интегрированный в производственную цепочку и последующую эксплуатацию [3].

Основная физическая суть обкатки остается прежней – это целенаправленная микродеформация и износ микронеровностей на трущихся поверхностях с целью увеличения площади фактического контакта. В результате формируется оптимальная геометрия сопряжения, обеспечивающая максимальную герметичность камеры сгорания, эффективное распределение масляной пленки и минимальные механические потери. Однако если раньше этот процесс происходил стихийно в ходе эксплуатации, то сегодня он тщательно планируется и управляется. Неправильная или недостаточная обкатка приводит к ряду негативных последствий: повышенному расходу масла на угар из-за негерметичности поршневых колец, снижению компрессии и мощности, повышенной токсичности выхлопных газов и, в конечном счете, к сокращению моторесурса. Для современных систем, таких как Common Rail, некачественная притирка особенно критична, так как может привести к нарушению тонких процессов смесеобразования и повреждению прецизионных пар топливной аппаратуры [2].

Можно выделить три основных вида обкатки:

1. Холодная обкатка на стенде: Производится без запуска двигателя путем вращения коленвала от внешнего привода. Ее главная цель – первичная притирка деталей и проверка качества сборки (отсутствие заклиниваний, стуков, контроль давления масла).
2. Горячая обкатка на стенде: Двигатель запускается и работает на собственном топливе. Это высокотехнологичный этап, позволяющий проводить контролируемое нагружение, имитирующее реальные условия эксплуатации. Именно на этом этапе происходит основная «посадка» поршневых колец.
3. Эксплуатационная обкатка (на транспортном средстве): Проводится в первые сотни километров пробега. Хотя ее эффективность ниже, чем у стендовой, она является единственным вариантом для большинства АТП и частных владельцев после ремонта.

Ключевым элементом современных дизелей, напрямую влияющим на методику обкатки, является электронная система впрыска Common Rail. Она обеспечивает сверхвысокое давление и непосредственный впрыск топлива в цилиндр, что значительно повышает эластичность, экономичность и снижает выбросы, что видно на примере отсутствия черного дыма при разгоне у современных грузовиков в отличие от устаревших моделей. Данная система позволяет увеличить мощность дизельного двигателя до 25% по сравнению с двигателями с механическим ТНВД. Однако ее корректная работа зависит от идеальной герметичности цилиндров, которая достигается в процессе правильной обкатки. Другим важнейшим компонентом является турбонаддув, увеличивающий КПД, особенно на высоких оборотах. Основной износ турбокомпрессора происходит во время запуска и остановки двигателя, из-за недостаточной смазки при пуске «на сухую» и эффекта «масляного голодания», а также

перегрева керамической турбины при резкой остановке после работы под нагрузкой. Эти нюансы должны быть учтены в алгоритмах обкатки [4]. Система EGR (Exhaust Gas Recirculation), направляющая часть выхлопных газов обратно в двигатель для снижения выбросов оксидов азота, приводит к активному образованию нагара в камерах сгорания и впускном тракте, что может негативно сказаться на процессе притирки деталей и дальнейшей эксплуатации [3].

Современная технология обкатки реализуется на специализированных стендах, которые представляют собой сложные электромеханические комплексы с компьютерным управлением, соответствующие, например, требованиям ГОСТ 14846-81, регламентирующим методы стендовых испытаний автомобильных двигателей. Эти стенды позволяют не просто вращать коленчатый вал, а точно воспроизводить заданные режимы работы двигателя – холодную обкатку (без воспламенения топлива) и горячую (с запуском и работой на собственном топливе) [1]. Ключевым отличием современных стендов является наличие системы активного торможения, которая позволяет нагружать двигатель в различных режимах, имитируя реальные условия эксплуатации – от холостого хода до полной мощности. Это обеспечивает необходимое давление в цилиндрах для качественной притирки поршневых колец к гильзам. Опыт, накопленный при сотрудничестве с ведущими производителями, такими как Volvo, Komatsu, Liebherr и КАМАЗ, показывает, что только контролируемое и дозированное нагружение позволяет правильно «посадить» кольца и избежать в дальнейшем проблем с расходом масла и компрессией [4].

Нельзя не упомянуть о системе мониторинга и диагностики в реальном времени. Датчики, установленные на двигателе, непрерывно отслеживают десятки параметров: частоту вращения коленвала, температуру охлаждающей жидкости и моторного масла, давление в масляной магистрали, расход воздуха, компрессию в цилиндрах и вибрационные характеристики. Система телеметрии в режиме реального времени передает эти данные на центральный компьютер, где специальное программное обеспечение анализирует их, сравнивая с эталонными кривыми для данной модели двигателя. Алгоритмы машинного обучения позволяют выявлять даже незначительные отклонения, которые могут свидетельствовать о дефектах сборки, таких как перетянутые подшипники, некачественная обработка поверхности или дефекты поршневой группы [1].

Для АТП и сервисов наиболее целесообразным является комбинированный подход: по возможности проводить кратковременную холодную и горячую обкатку на стенде после капитального ремонта, с последующей щадящей эксплуатацией в течение предписанного пробега.

На основе анализа технологий и опыта эксплуатации сформулированы следующие рекомендации:

1. После капитального ремонта двигателя:
 - Обязательная холодная обкатка (15-30 минут): Проверить подачу масла, отсутствие течей и посторонних шумов.
 - Горячая обкатка на стенде (1-2 часа): Проводить по циклическому алгоритму: чередование режимов холостого хода, средних нагрузок (25-50%) и кратковременных выходов на умеренно высокие обороты (60-70% от max). Это создает переменное давление в цилиндрах для эффективной притирки колец.
 - Контроль параметров: Особое внимание уделить расходу воздуха (признак герметичности), температуре ОЖ и масла, давлению в масляной системе, содержанию продуктов износа в масле.
2. После замены турбокомпрессора или ремонта топливной системы Common Rail:
 - Провести сокращенный цикл горячей обкатки (30-45 минут) с акцентом на плавный выход на режимы и работу турбины.

- Категорически избегать резких сбросов нагрузки и оборотов сразу после запуска.
3. Эксплуатационная обкатка для водителей АТП (при отсутствии стенда):
- Первый 500 км: Избегать оборотов выше 2000-2500 об/мин, резких ускорений и движения на высокой передаче с низкими оборотами. Нагрузка на кузов не должна превышать 50-70%.
 - С 500 до 1500 км: Плавно увеличивать нагрузку и обороты, допускаются кратковременные разгоны.
 - Обязательное условие: После любой поездки под нагрузкой дать двигателю поработать на холостом ходу 2-5 минут перед остановкой для охлаждения турбокомпрессора.
4. Сервисные рекомендации:
- После обкатки (пробег 1500-2000 км) обязательно заменить моторное масло и масляный фильтр, так как в этот период в масло попадает наибольшее количество продуктов притирки.
 - Рассмотреть возможность использования высококачественных присадок к маслу на этапе обкатки, специально предназначенных для этого процесса (антифрикционных, противозадирных).
 - Для двигателей, эксплуатирующихся на низкокачественном топливе, в период обкатки допустимо добавление в топливо специальных смазывающих присадок, компенсирующих недостаток серы, для защиты прецизионных пар ТНВД.

Вывод

Таким образом, процесс обкатки для современных дизельных двигателей, особенно после ремонта, не утратил актуальности, а трансформировался в управляемый, технологичный этап, напрямую влияющий на ресурс силового агрегата. Для автотранспортных предприятий и сервисных центров наиболее эффективной и экономически оправданной является методика, сочетающая кратковременную стендовую обкатку с последующей контролируемой эксплуатацией. Использование современного диагностического оборудования и анализ моторного масла позволяют перевести процесс обкатки из категории «интуитивных» процедур в область управляемых технологий, основанных на объективных данных. Строгое соблюдение регламента обкатки, включая своевременную замену масла и щадящие режимы эксплуатации, позволяет значительно снизить риск преждевременного износа, повышенного расхода масла и выхода из строя дорогостоящих компонентов (турбокомпрессора, форсунок Common Rail), что в итоге повышает рентабельность эксплуатации коммерческого автотранспорта.

Библиографический список

1. Анисимов, М. Г. Ускоренная обкатка дизельного двигателя в процессе ремонта / М. Г. Анисимов // Студенческая наука - первый шаг в академическую науку : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10-11 классов, Чебоксары, 20–21 февраля 2025 года. – Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2025. – С. 1034-1036.
2. Иванов, В. П. Ресурсосберегающая обкатка двигателей внутреннего сгорания при использовании модифицирующих присадок к маслу / В. П. Иванов, Т. В. Вигерина // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2024. – № 1(49). – С. 61-66.

3. Морунков, А. Н. Снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами тракторных дизелей при технологической обкатке / А. Н. Морунков, С. В. Тимохин, М. В. Рыблов // Технический сервис машин. – 2024. – Т. 62, № 4. – С. 40-47.

4. Эксплуатация автотракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы : Сборник статей V Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Пензенского государственного аграрного университета, Пенза, 28–29 октября 2021 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. – 122 с.

References

1. Anisimov, M. G. Accelerated running-in of a diesel engine during repairs / M. G. Anisimov // Student science is the first step to academic science: Proceedings of the All-Russian student scientific and practical conference with the participation of 10th-11th grade students, Cheboksary, February 20-21, 2025. - Cheboksary: Chuvash State Agrarian University, 2025. - Pp. 1034-1036.

2. Ivanov, V. P. Resource-saving running-in of internal combustion engines using modifying additives to oil / V. P. Ivanov, T. V. Vigerina // Bulletin of Polotsk State University. Series B. Industry. Applied Sciences. - 2024. - No. 1 (49). - Pp. 61-66.

3. Morunkov, A. N. Reduction of harmful emissions with exhaust gases of tractor diesel engines during technological running-in / A. N. Morunkov, S. V. Timokhin, M. V. Ryblov // Technical service of machines. - 2024. - Vol. 62, No. 4. - Pp. 40-47.

4. Operation of automotive and agricultural machinery: experience, problems, innovations, prospects: Collection of articles from the V International scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of Penza State Agrarian University, Penza, October 28-29, 2021. - Penza: Penza State Agrarian University, 2021. - 122 p.

*Сибирский федеральный университет
Доктор техн. наук, проф. кафедры
«Транспортные и технологические
машины» В.В. Минин
Россия, г. Красноярск, тел. +7(913)047-78-04
e-mail: vminin@rambler.ru
Канд. техн. наук, доцент кафедры
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
Г.А. Кузнецов
Россия, г. Красноярск, тел. +7(391)249-75-55
e-mail: Gkuznecov@mail.ru
Магистрант А.Е. Пугонин
Россия, г. Красноярск, тел. 89509713355
e-mail: artempugonin@mail.ru*

*Siberian Federal University
Doctor tech. sciences,
prof. departments «Transport and
technological machines» V.V. Minin
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(913)047-78-04
e-mail: vminin@rambler.ru
Cand. tech. sciences, docent of the
«Design and technological support
for machine-building production»
G.A. Kuznetsov
Russia, Krasnoyarsk, tel. +7(391)249-75-55
e-mail: Gkuznecov@mail.ru
Magistrant A.E. Pugonin
Russia, Krasnoyarsk, tel. 89509713355
e-mail: artempugonin@mail.ru*

В.В. Минин, Г.А. Кузнецов, А.Е. Пугонин

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ШАРНИРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПОЛУРАМ МАЛОГАБАРИТНОГО ПОГРУЗЧИКА

Представлены результаты исследований напряжённно-деформированного состояния сферического шарнира, предлагаемого для применения в креплении грузовой и силовой полурам малогабаритного погрузчика. Модернизация узла проведена на основе патентного обзора конструкций, применяемых фирмами-производителями. Оригинальная конструкция позволяет повысить устойчивость шарнирно-сочленённого погрузчика при работе на склонах, что в значительной мере повышает безопасность проведения работ.

Ключевые слова: малогабаритный погрузчик, шарнирно-сочленённая рама, сферический шарнир, напряжённно-деформированное состояние конструкции.

V.V. Minin, G.A. Kuznetsov, A.E. Pugonin

IMPROVEMENT OF ADAPTIVE HINGE JOINTING OF LOADER SEMI-FRAMES

The article presents the results of studies of the stress-strain state of a spherical hinge proposed for use in the articulation of the cargo and power semi-frames of a universal small-sized loader. The modernization of the unit was carried out based on a patent review of the designs used by manufacturing companies. The design considered in the study allows for increased stability of the articulated loader when working on slopes, which significantly improves the safety of operations. The machine's frame position can be self-adjusted to ensure stability and maneuverability.

Keywords: universal small-sized loader, articulated frame, spherical hinge, stress-strain analysis.

Малогабаритные погрузчики с шарнирно-сочленённой рамой зарекомендовали себя как необходимое средство механизации для малых объемов работ на различных рассредоточенных объектах и составляют конкуренцию по эффективности применения машинам средней и большой мощности. Существенным недостатком, снижающим эффективность машин данной конструкции, является: короткое базовое шасси, выполненное в виде двух полурам: силовой, с двигателем и местом оператора и рамы с рабочим оборудованием. Это ограничивает грузоподъёмность машины. Высокая динамическая нагруженность и плохая управляемость на твёрдых скользких покрытиях, а также на склонах требует создания специального механизма крепления полурам. Жесткое, безрессорное крепление колёс, закрытое капотом пространство энергетической установки и гидropередач, снижает теплообмен с окружающей средой. Ведущие фирмы-изготовители постоянно совершенствуют конструктивные схемы и отдельные подсистемы мини-машин, но решения, устраняющего все вышеперечисленные недостатки, пока не найдено [1]. Особенностью конструкции погрузчиков с шарнирно-сочленённой рамой [2] является шарнирный узел, который связывает полураму с грузоподъёмным механизмом в виде стрелы с ковшом и силовую (содержит двигатель, кабину, гидросистему и служит для управления). Шарнир передаёт усилие между полурамами, но не препятствует их относительному повороту в горизонтальной плоскости, а в некоторых случаях и в вертикальной. На практике применяются три схемы поворота погрузчика. Первая – осуществление поворота путём изменения положения полурам относительно друг друга. Вторая – поворот за счёт изменения положения передних, задних или всех колёс. Третья – поворот за счёт проскальзывания колёс одного борта машины и оснащённой флюгерными колёсами, закреплёнными на грузовой полураме. Каждый способ поворота имеет свои преимущества и недостатки, но в данной статье проанализирован только один важный узел, шарнир, соединяющий две полурамы.

Рассмотрим наиболее интересные по конструктивному исполнению устройства крепления полурам. Известно транспортное средство (рис. 1), которое состоит из двух частей, соединённых шарнирной связью. Оно состоит из двух полурам – 1, 2, соединённых между собой переходным звеном – 3, крепящим к гидроцилиндрам управления – 6 и 7, закреплённым на крыльях – 8 и 9. К преимуществам такой связи относится: возможность свободного доступа к конструкции и возможность складывания на 90°. Недостатком является громоздкость конструкции: подвод гидролинии к обоим гидроцилиндрам (к обеим полурамам), неустойчивость системы в вертикальной плоскости.

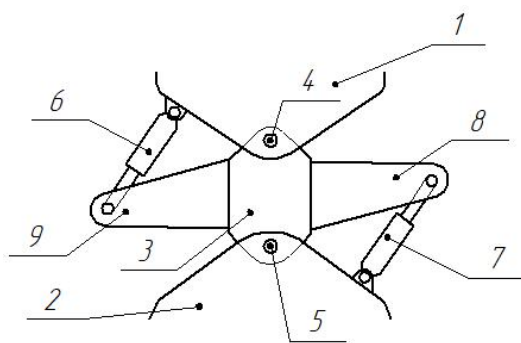


Рис. 1. Рулевое управление посредством шарнирного соединения шасси
(пат. 2184346 Франция, В 62 D 15/00 кл. 21/00):

1, 2 – полурамы; 3 – переходное звено; 4, 5 – шарниры; 6, 7 – гидроцилиндры; 8, 9 – крылья

Используемый в конструкциях шарнирно-сочленённых транспортных средств (рис. 2) узел, состоит из полурам – 1, 2, соединённых шарниром – 3. На него свободно надета штанга – 4, связанная по краям гидроцилиндрами – 5, 6 с кронштейнами – 7, 8. Достоинством такой системы является: складывание полурам на 90°. Недостатком – асимметричная нагрузка и подвод гидролинии к обоим полурамам.

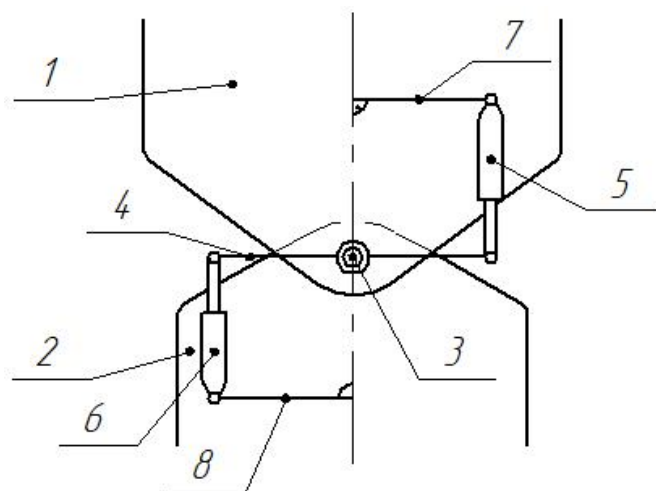


Рис. 2. Узел, используемый в конструкциях шарнирно-сочлененных транспортных средств
(А.С. 844447, СССР, В 62 D 53/02):
1, 2 – полурамы; 3 – шарнир; 4 – штанга; 5, 6 – гидроцилиндры; 7, 8 – кронштейны

На практике применяется конструкция (рис. 3) сочлененного трактора, способная не только поворачиваться относительно вертикальной оси, но и поддерживать равновесие относительно горизонта при помощи шарнира – 6. Она состоит из полурам – 1 и 2, соединенные шарниром – 3. Полурамы складываются при помощи гидроцилиндров – 4 и 5. Достоинством такой системы является: независимость приводной и рабочей полурам относительно горизонтальной оси. К недостаткам отнесем: сложность конструкции, ее громоздкость, расположение гидроцилиндров на рабочей полураме. Особенностью конструкции (рис. 4) является возможность изменения положения полурам в плоскости, перпендикулярной движению машины. Система погрузчика состоит из полурам – 1 и 2, приводимые в движение через шарнир – 3 гидроцилиндрами – 4 и 5, также имеющие шарнир – 6 и гидравлический цилиндр – 7. Достоинством считается: свободный доступ к комплектующим деталям поворота полурам и горизонтальное поддержание полурамы относительно горизонта. К недостаткам стоит отнести: сложность конструкции, неудачное расположение гидравлических цилиндров складывания полурам, что уменьшает угол поворота.

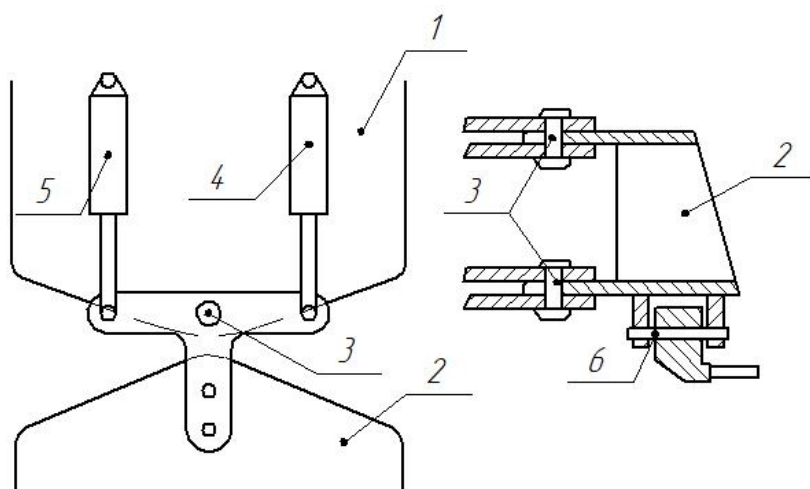


Рис. 3. Сочленённый трактор с несколькими силовыми установками
(пат. 4086975 США, В 62 D 59/04 кат. 61/00):
1 и 2 – полурамы; 3 и 6 – шарниры; 4 и 5 – гидроцилиндры

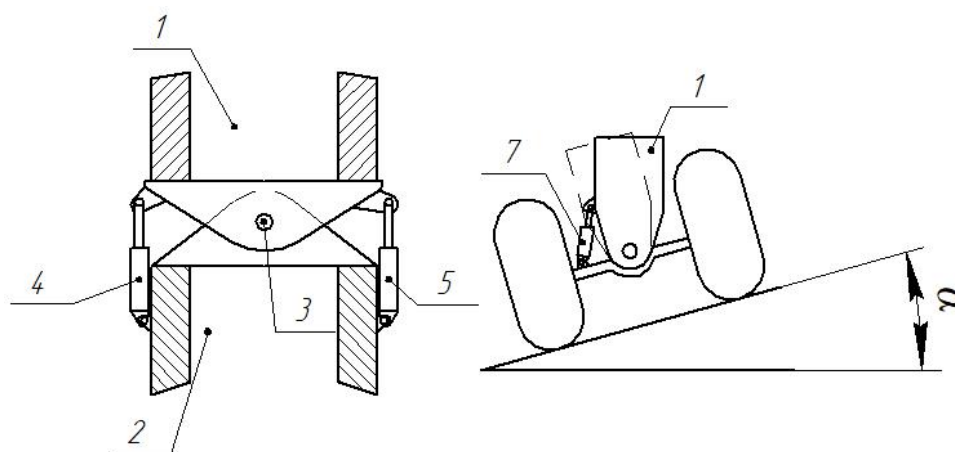


Рис. 4. Рулевое управление транспортного средства с шарнирно-сочленённой рамой (пат. 4082197, США, В62D E02F9/0841):
1 и 2 – полурамы; 3 и 6 – шарниры; 4, 5 и 7 – гидроцилиндры. α – угол склона

Создание геометрии сферического шарнира выполнено в Компас 3D [4].

Типовая методика [3, 4] конструирования узла сводится к определению реакции в шарнире (обычно: горизонтальной, вертикальной и, при необходимости, момента). Ограничения и общее допущения, принимаемые при расчёте, следующие: погрузчик находится в статическом равновесии (например, при подъёме груза на максимальную высоту без движения); вес конструкции и груза действует вертикально вниз; колёса моделируются как опоры: передние – обычно на полураме с рабочим оборудованием, задние – на силовой. Силы, действующие на машину, принимаемые при расчёте следующие: вес полурамы включающую стрелу и ковш, приложен в её центре тяжести; вес силовой полурамы (двигатель, кабина, оператор и т.д.), приложен аналогично в центре тяжести; вес поднимаемого груза приложен на вылете от оси переднего моста. Задача была решена [5, 7] известным методом разделения машины на две части по шарниру и рассмотрением каждой полурамы отдельно посредством решения уравнений равновесия каждой из полурам. Были определены реакции в шарнире. Вследствие хорошо себя зарекомендовавшей известной классической расчётной схемы, широко применяемой на практике в материалах статьи не приводится, как и эпюры напряжений.

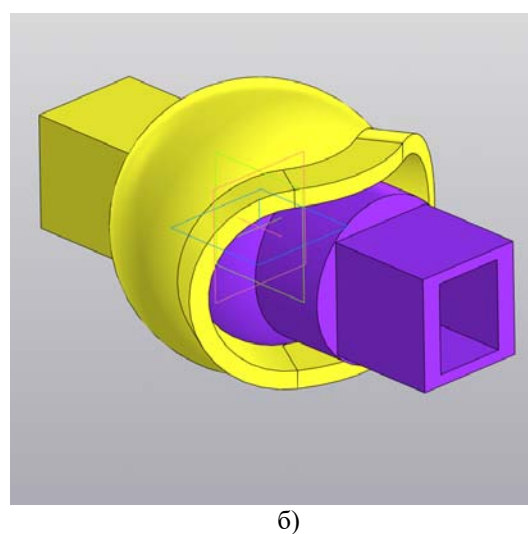
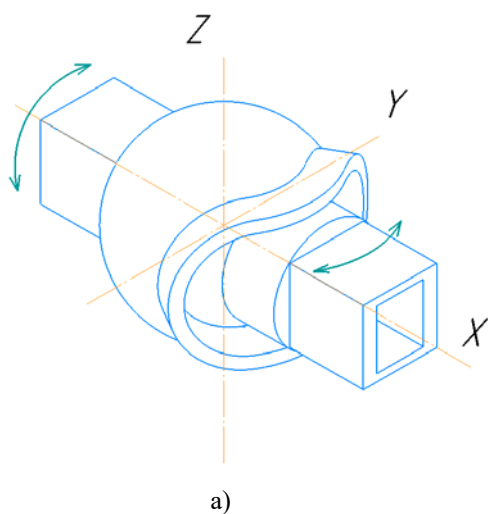


Рис. 5. Вариант шарнирного соединения:
а – расчётная схема; б – 3D-модель

Расчётная схема шарнирно-сочленённой машины, принята к исследованию в программном пакете ANSYS [4]. Конструктивные размеры и нагрузки определены по описанной выше методике. В результате расчётов сечения (рис.6) по программам [5, 6, 7] были получены результаты, отображённые на рис.7. Статический прочностной анализ для стали 10ХСНД с пределом текучести 400 МПа даёт запас прочности конструкции шарнира – 1.8. Это допустимо для несущих конструкций малогабаритных погрузчиков. Значения параметров расчётной модели: колёсная база, м – 1.2; расстояние между передней осью и вектором нормальной нагрузки, действующей на переднюю полураму, м, 0.3; расстояние между задней осью и вектором нормальной нагрузки, действующей на заднюю полураму, м, 0.4; величина нагрузки, действующей на переднюю полураму, кН, 10; величина нагрузки, действующей на заднюю полураму, кН, 20; изгибающий момент, действующий на шарнир, кН·м, 8.

Данное значение принято к варианту расчёта. Проведён аналогичный расчёт в программном пакете Ansys, результаты совпали с аналитическим решением. В том же программном пакете было подобрано сечение.

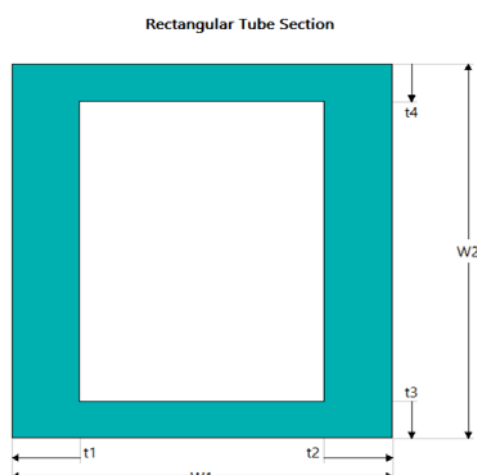


Рис. 6. Скриншот выбранного сечения, обеспечивающего минимальную металлоёмкость
W1 – 50 мм, W2 – 50 мм, t1=t2=9 мм, t3=t4=5 мм

В данном случае нас интересует статический прочностной анализ. Приложим полученные значения к упрощённой модели шарнира и проанализируем результаты (рис.7).

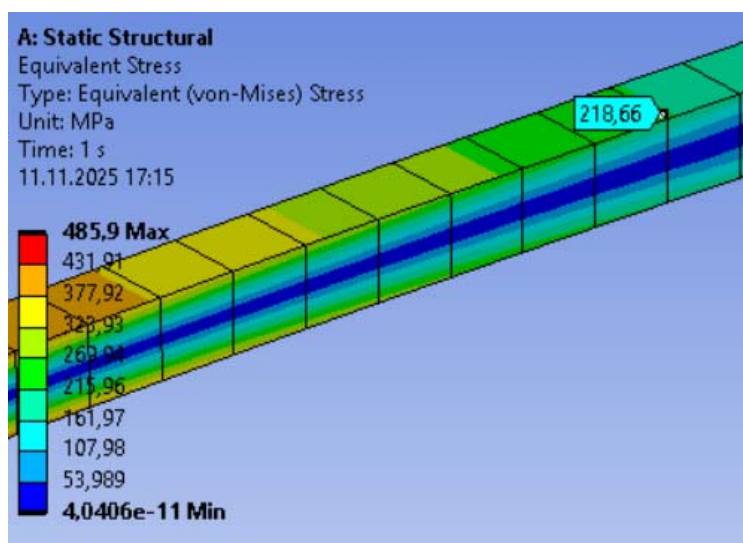


Рис. 7. Фрагмент результатов расчёта в программном пакете ANSYS

Напряжения в интересующей нас точке составляют 218.66 МПа, что при использовании стали 10ХСНД с пределом текучести 400 МПа даёт запас прочности 1.8, обычно закладываемый для несущих систем транспортных машин.

На основании результатов прочностного расчёта установлено, что подобный тип крепления полурам может применяться на других типах легких машин. Например, аналогичных минитракторам или вездеходам с колёсами низкого давления (полная масса порядка нескольких сотен килограмм). Это позволит упростить конструкцию и уменьшить количество операций обслуживания (смазки). Необходимо учитывать, что модели, по которым будут изготовлены образцы узлов для натурных испытаний, будут иметь большие подробности, отражающие более точный характер прочностного расчёта. Например, с учётом большего количества расчётных случаев, с учётом расчёта на усталость, расчёта на динамическое нагружение, на износ поверхностей и учётом необходимости возможного использования дополнительных вставок из антифрикционных материалов, а также технологических и сборочных ограничений (внешняя часть, очевидно, должна выполняться разъёмной, для обеспечения возможности сборки).

Направлением дальнейших исследований является конструкция крепления полурам машины с адаптивным управлением, выполненная в виде сферического шарнира с ограничением поворота в одной из плоскостей. К примеру, ограничитель положения может быть выполнен в виде моментного гидроцилиндра, жестко закреплённого для поворота только в одной из плоскостей.

Библиографический список

1. Минин, В.В. Концепция повышения эффективности универсальных малогабаритных погрузчиков: монография / В.В. Минин. — Красноярск : Сиб. федер. ун.-т, 2012. — 304 с.
2. Минин, В.В. Автоматизированное проектирование. Расчёт параметров универсальных малогабаритных погрузчиков / В.В. Минин // Методические указания по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 15.04 – «Подъёмно-транспортные, строительно-дорожные машины и оборудование». КрПИ. Красноярск, 1992. – 32 с.
3. Минин, В.В. Методология инновационного проектирования наземных транспортно-технологических комплексов / В.В. Минин, Г.С. Гришко, В.Ю. Клешнин // учеб. пособие. Красноярск : Сиб. фед. ун.-т, 2021. – 108 с.
4. Павлов, В.П. Машины для строительства и содержания дорог и аэродромов : Исследование, расчёт, конструирование / В.П. Павлов, В.В. Минин, В.А. Байкалов, М.И. Артемьев // учебное пособие. Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2011. – 196 с.
5. Кудрявцев, Е.М. Компас 3D. Проектирование в машиностроении / Е.М. Кудрявцев - М: ДМК Пресс, 2009. -440 с.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025661750 Российская Федерация. Программа расчёта положения центра масс наземных транспортно-технологических машин : №2025619911 : 24.04.2025 : опубл. 13.05.2025 / В.В. Минин, А.Д. Мальков ; ФГАОУ ВО «СФУ»
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025663287 Российская Федерация. Программа для исследования показателей устойчивости шарнирно-сочленённой наземной транспортно-технологической машины при вариации конструкций рам и подвесок колёс : №2025661393 : 12.05.2025 : опубл. 27.05.2025 / В.В. Минин, А.Д. Мальков ; ФГАОУ ВО «СФУ»

References

1. Minin, V.V. Concept of increasing the efficiency of universal small-sized loaders: monograph / V.V. Minin. - Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2012. - 304 p.
2. Minin, V.V. Automated design. Calculation of parameters of universal small-sized loaders / V.V. Minin // Methodological guidelines for course and diploma design for students of specialty 15.04 – "Lifting and transport, construction and road machines and equipment". KrPI. Krasnoyarsk, 1992. – 32 p.
3. Minin, V.V. Methodology of innovative design of ground-based transport and technological complexes / V.V. Minin, G.S. Grishko, V.Yu. Kleshnin // textbook. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2021. - 108 p.
4. Pavlov, V.P. Machines for the construction and maintenance of roads and airfields: Research, calculation, design / V.P. Pavlov, V.V. Minin, V.A. Baikarov, M.I. Artemyev // textbook. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2011. - 196 p.
5. Kudryavtsev, E.M. Compass 3D. Design in mechanical engineering / E.M. Kudryavtsev - M: DMK Press, 2009. -440 p.
6. Certificate of state registration of computer program No. 2025661750 Russian Federation. Program for calculating the position of the center of mass of ground transport and technological machines: No. 2025619911: 24.04.2025: published 13.05.2025 / V.V. Minin, A.D. Malkov; FGAOU VO "SibFU"
7. Certificate of state registration of computer program No. 2025663287 Russian Federation. Program for studying the stability indicators of an articulated ground transport and technological machine with variations in frame and wheel suspension designs: No. 2025661393: 12.05.2025: published 27.05.2025 / V.V. Minin, A.D. Malkov; FGAOU VO "SibFU"

*Тверской государственный
технический университет
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительных и дорожных машин
и оборудования Ю.Н. Павлов
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительных и дорожных машин
и оборудования С.М. Кочканян
Канд. техн. наук, доцент кафедры
строительных и дорожных машин
и оборудования Д.Г. Масленников
Д-р. техн. наук, проф., зав. кафедрой
строительных и дорожных машин
и оборудования А.В. Кондратьев
Россия, г. Тверь, тел. +7(4822) 78-55-19,
e-mail: avkondr@ya.ru*

*Tver State
Technical University
Cand. of Tech. Sciences, Associate prof.
of the chair of construction and road
machinery and equipment Yu.N. Pavlov
Cand. of Tech. Sciences, Associate prof.
of the chair of construction and road
machinery and equipment S.M. Kochkanian
Cand. of Tech. Sciences, Associate prof.
of the chair of construction and road
machinery and equipment D.G. Maslennikov
Dr. Sci. Tech., prof., head of the chair
of construction and road machinery
and equipment A.V. Kondratiev
Russia, Tver, tel. +7(4822) 78-55-19, e-mail:
avkondr@ya.ru*

Ю.Н. Павлов, С.М. Кочканян, Д.Г. Масленников, А.В. Кондратьев

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ АВТОГРЕЙДЕРА

В статье рассматривается возможность совершенствования автогрейдера за счет модернизации его рамы. Приведены требования к раме автогрейдера, рассмотрены машины с различными рамами и установлено, что рамы с изменяемой геометрией способны улучшить маневренность автогрейдера как длиннобазовой машины, предложены перспективные схемы проектирования телескопических рам.

Ключевые слова: автогрейдер, отвал, телескопическая рама, шарнирно-сочленённая рама, минимальный радиус поворота, производительность, качество.

Yu.N. Pavlov, S.M. Kochkanian, D.G. Maslennikov, A.V. Kondratiev

IMPROVEMENT OF MOTOR GRADER DESIGN

The article considers the possibility of improving the grader by modernizing its frame. Requirements for the frame of the motor grader are given, machines with various frames are considered and it is established that frames with variable geometry can improve the maneuverability of the motor grader as a long-wheelbase machine, promising schemes for designing telescopic frames are proposed.

Keywords: motor grader, blade, telescopic frame, articulated frame, minimum turning radius, performance, quality.

Грейдер, с момента изобретения Робертом Фултоном 230 лет назад как устройство с металлическим отвалом для срезания кочек и выравнивания площадок за счёт лошадиной тяги, прошел множество этапов конструктивного совершенствования, но главная функция этой машины осталась неизменной – планировка, выравнивание поверхности грунта. Отли-

чительной чертой любого грейдера является размещение основного рабочего оборудования (ножевого отвала) внутри колёсной базы (между осями передних и задних опорных колёс). Именно эта конструктивная особенность позволяет обеспечить высокое качество профилировочных работ. С позиции обеспечения точности планировки, рекомендуется расположение отвала в середине колёсной базы, а расстояние между осями опорных колёс следует выполнять максимальным. Но с увеличением базы колёсной машины ухудшается её маневренность, для разворота требуется площадка значительного размера, что существенно ограничивает технологические возможности. Поиски конструктивных решений по повышению производительности планировочных машин в дорожном строительстве при обеспечении качества выполнения работ ведутся давно и остаются актуальными.

«Неповоротливые» прицепные грейдеры уступили место автогрейдерам. Развитие гидропривода позволило заменить громоздкие механические передачи мощности и открыло новые возможности в компоновке агрегатов и систем управления рабочим оборудованием автогрейдера. Выпускаемые сегодня автогрейдеры – это многофункциональные высокопроизводительные машины, оснащённые мощными силовыми установками, гидроприводом, автоматическими системами управления агрегатами машины и позиционирования отвала, эргономичная кабина и разнообразное дополнительное оборудование. Все перечисленные узлы, агрегаты и системы объединяет воедино рама машины. На раму передаются разнообразные действующие нагрузки (тяговое усилие от ходового оборудования, усилия с рабочих органов, опорные реакции, вес отдельных элементов конструкции и т. д.). Рамная конструкция должна быть прочной, жесткой, надежной в работе. Для автогрейдеров характерно стремление к минимизации внешних габаритов поперечных сечений, чтобы рамные конструкции по минимуму занимали рабочее пространство, не ограничивали перемещение элементов рабочего оборудования и не перекрывали обзор для оператора машины. Элементы рамы, особенно хребтовую балку, выполняют из толстого листа сваркой с мониторингом качества изготовления. Превалирует коробчатая форма сечения, реже используют сварной двутавр или толстостенную трубу. Материалом для изготовления рам являются низколегированные стали для сварных металлоконструкций.

Рассмотрим характеристики нескольких автогрейдеров с типичными конструкциями рам, обратив внимание на показатели маневренности (радиус поворота) и производительности. Российский полноприводный автогрейдер СДМ-25 массой 23,7 тонны с навеской бокового отвала имеет жесткую усиленную раму прямоугольного сечения, основной отвал длиной 4,2 м и минимальный радиус поворота – 15 м (рис. 1) [1]. По конфигурации рама близка классической конструкции, в зоне навески дополнительного оборудования выполнена из более толстого листа. Особенностью машины является использование элементов ходового оборудования и трансмиссии от трактора К-744. Данная машина способна показать высокую производительность, но только при работе на больших площадях в связи с большим радиусом поворота.

Работающие в России ближайшие аналоги автогрейдера СДМ-25, тяжелые автогрейдеры Terex TG250 и Komatsu GD825A с отвалом длиной 4.88 м и массой 24 т и 26 т вписываются в радиусы поворота соответственно 9.9 м и 7.9 м, что достигается за счёт шарнирно-сочленённой (ломающейся) основной рамы с углом излома 25 градусов [2, 3]. Как видим, шарнирно-сочленённая рама существенно улучшает маневренность машины и дополнительно дает возможность реализовать новый режим работы автогрейдера – прямолинейное движение с вынесенной вбок передней осью (движение крабом). Снижение в 1,5...2 раза радиуса поворота и новые технологические возможности автогрейдера с шарнирно-сочленённой рамой привели к широкому использованию данной конструктивной схемы. Приведем взятую из обзора [4] конструкцию типовой ломающейся рамы на фоне вида автогрейдера (рис. 2). Основная рама состоит из передней хребтовой балки и подмоторной рамы, соединенных вертикальным шарниром. Взаимный разворот частей основной рамы обеспечивают два гидроцилиндра. На рисунке также представлена навеска тяговой рамы с выдвижным отвалом на хребтовую балку с помощью шарового шарнира и рычажной системы.



Рис. 1. Автогрейдер СДМ-25

Снизить радиус поворота автогрейдера возможно за счет всех управляемых колес или уменьшения базы с отказом от полноповоротного отвала. Оба этих варианта не нашли поддержки у производителей техники: первый из-за сложной конструкции, а второй из-за снижения технологических возможностей использования машины.

Одна из концепций совершенствования конструкции автогрейдера, позволяющая совместить высокое качество планировочных работ с хорошей маневренностью в ограниченных пространствах и в транспортном режиме – разработка телескопической рамы. Одним из вариантов такой конструкции является автогрейдер с телескопической рамой (рис.3) [5]. В приведенной конструктивной схеме автогрейдера выделены основная рама с силовой установкой и кабиной 1, соединённая с ней хребтовая балка, состоящая из телескопических секций 2, опирающаяся на переднюю ось с управляемыми колёсами 3. Соединение задних мостов или балансиров ходового оборудования с основной рамой задаёт заднюю опорную ось машины 4. Условно показанный основной отвал 5 закреплён на платформе 6, соединённой с секциями хребтовой балки 2 с помощью шарового шарнира 7 и гидроцилиндров 8. Показано, что на переднюю секцию, хребтовой балки может быть навешено дополнительное оборудование.



Рис. 2. Конструкция основной рамы и навески отвала автогрейдера

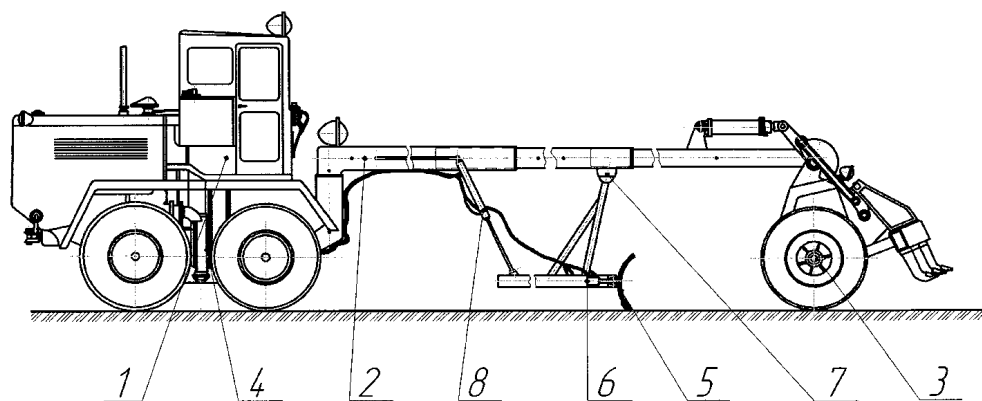


Рис. 3. Автогрейдер с телескопической рамой

Основная суть предлагаемой конструктивной схемы заключается в изменении контура классической основной рамы автогрейдера. Подмоторная часть классической рамы переходит в центральную колонну, на которую опирается телескопическая прямолинейная (желательно горизонтальная) хребтовая балка, схожая по конструкции с трёх секционной телескопической стрелой автокрана или гидравлического манипулятора. В рабочем положении при проведении планировочных работ хребтовая балка раздвигается с помощью встроенных гидроцилиндров, обеспечивая максимальное расстояние между осями 4 и 3, при этом обеспечивается высокое качество планировки. При переходе в транспортный режим телескопическая балка складывается до минимального размера и обеспечивается хорошая маневренность машины с минимальным радиусом поворота.

Ранее считалось, что телескопическая рама для грейдера сложна и не рациональна, но сегодня при отработанной технологии изготовления телескопических металлоконструкций для грузоподъемных машин, при использовании передовых методик проектирования и расчёта следует вновь обратиться к вариантам телескопических конструкций.

Развитием конструктивной схемы может стать блочная конструкция следующего вида: блок рабочего оборудования (средняя секция); балка передней оси с управляемыми колесами и дополнительным оборудованием (правая секция); блок ходового оборудования и силовой установки (левая секция). Если блок рабочего оборудования будет иметь направляющие для элементов двух других блоков, конструкция будет похожа на две двухсекционные телескопические стрелы с нижними секциями, лежащими одна на другой, а верхние секции направлены в противоположные стороны. Для реализации взаимного перемещения блоков используются оптимально установленные и подобранные по усилию гидроцилиндры.

Вариантом конструктивного решения в проектировании телескопической рамы может быть трансформация типовой рамы (рис.2) в телескопическую с сохранением привязки к существующему оборудованию. При этом сохраняются положение шарового шарнира и кронштейны крепления рычажной системы позиционирования тяговой рамы. Хребтовая балка продлевается как прямоугольная труба-направляющая для выдвигающейся балки передней оси, к ней приваривается усиленный кронштейн шарового шарнира и кронштейны крепления гидроцилиндров выдвижения балки передней оси. Второе телескопическое соединение можно спроектировать в конструкции подмоторной рамы, выполнив её в горизонтальной плоскости и разработав направляющую систему для выдвижения назад ходового оборудования с силовой установкой. Для реализации выдвижения подбираются два симметрично установленных гидроцилиндра. Кабина с органами управления в рассматриваемом варианте рамы устанавливается на кронштейны в задней части хребтовой балки. Шарнир излома рамы можно убрать, упростив соединение элементов рамы и обеспечив большую жесткость конструкции, или, после расчета, оставить (возможно усилив), сохранив дополнительные возможности повышения маневренности машины.

Таким образом, поиск новых конструктивных решений, направленных на расширение технологических возможностей автогрейдеров позволит повысить производительность и качество планировочных работ. При этом применение телескопической рамы дополнительно повысит маневренность дорожной машины.

Библиографический список

1. Автогрейдер СДМ 25 [Электронный ресурс] / URL: yu-auto.ru/catalog/tekhnika/dorozhnaya_tekhnika/ (дата обращения: 12.11.25).
2. Автогрейдер komatsu [Электронный ресурс] / URL: komatsu.ru/upload/iblock/d14/gd825a_2_2018_02.pdf / (дата обращения: 12.11.25).
3. Автогрейдер Terex TG250 [Электронный ресурс] / URL: exkavator.ru/excapedia/technic/rm-terextg250 / (дата обращения: 12.11.25).
4. Описание и назначение автогрейдеров: описание ходовой части и рамы [Электронный ресурс] / URL: euronato.ru/about/articles/opisanie_i_naznachenie / (дата обращения: 12.11.25).
5. Пат. № 119762 Российская Федерация, МПК E02F3/84. Автогрейдер / Павлов Ю.Н., Сударушкин С.А., заявитель и патентообладатель Тверской государственный технический университет. - № 2012112730/03. заявл. 02.04.2012, опубл. 27.08.2012, Бюл. № 24.

References

1. SDM 25 Auto Grader [Electronic resource] / URL: yu-auto.ru/catalog/tekhnika/dorozhnaya_tekhnika/ (date of access: 12.11.25).
2. Komatsu Auto Grader [Electronic resource] / URL: komatsu.ru/upload/iblock/d14/gd825a_2_2018_02.pdf / (date of access: 12.11.25).
3. Terex TG250 Auto Grader [Electronic resource] / URL: exkavator.ru/excapedia/technic/rm-terextg250 / (date of access: 12.11.25).
4. Description and Purpose of Auto Graders: Description of the Undercarriage and Frame [Electronic resource] / URL: euronato.ru/about/articles/opisanie_i_naznachenie / (date of access: 12.11.25).
5. Pat. No. 119762 Russian Federation, IPC E02F3/84. Auto grader / Pavlov Yu.N., Sudarushkin S.A., applicant and patent holder Tver State Technical University. - No. 2012112730/03. Appl. 02.04.2012, publ. 27.08.2012, Bull. No. 24.

*Воронежский государственный
технический университет
Студенты дорожно-транспортного
факультета М.Л. Рублевский, Н.С. Смирнов.
Канд. техн. наук, доц. кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Р.А. Жилин
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 277-01-29
e-mail: razhilin@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Students of the Faculty of Road Transport
Faculty M.L. Rublevskiy, N.S. Smirnov.
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
R.A. Zhilin
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 277-01-29
e-mail: razhilin@yandex.ru*

М.Л. Рублевский, Н.С. Смирнов, Р.А. Жилин

ПРОБЛЕМЫ ПРИ РЕМОНТЕ ЛЕГКОВОГО АВТОТРАНСПОРТА

В статье проанализированы ключевые проблемы, с которыми сталкиваются авторемонтные предприятия при обслуживании современной автомобильной техники. Рассмотрены технические, организационные, экономические и правовые аспекты. Предложены системные решения для повышения эффективности ремонтных процессов.

Ключевые слова: ремонт автомобилей, диагностика, автосервисы, запчасти, квалификация персонала, электронные системы, СТО, техническое обслуживание.

M.L. Rublevskiy, N.S. Smirnov, R.A. Zhilin

PROBLEMS WITH CAR REPAIRS

The article analyzes the key problems faced by car repair companies in the maintenance of modern automotive equipment. Technical, organizational, economic and legal aspects are considered. System solutions are proposed to improve the efficiency of repair processes.

Keywords: car repair, diagnostics, car services, spare parts, personnel qualifications, electronic systems, service stations, maintenance.

В настоящее время, автомобили являются неотъемлемой частью нашей жизни. По результатам исследования транспортной компании «ГТК-Авто», в России 65% жителей имеют автомобиль. В процессе эксплуатации индивидуальных транспортных средств пользователи регулярно сталкиваются с техническими неисправностями, что обуславливает необходимость проведения ремонтных и обслуживающих мероприятий. При реализации данных процедур зачастую возникают дополнительные затруднения.

Одной из главных проблем является нехватка запчастей. Возникает она из-за сложностей с поставками комплектующих, что ведет за собой затягивание времени ремонта, так как иногда сроки поставок «под заказ» могут растянуться на несколько месяцев.

Нехватка комплектующих. Проблема с обслуживанием и ремонтом автомобилей в России обусловлена комплексом взаимосвязанных факторов. Прежде всего, серьёзное влияние оказали геополитические ограничения, в результате которых большинство автопроизводителей были вынуждены полностью прекратить поставки запасных частей на российский рынок. Это нанесло ощутимый удар по работе дилерских сетей, которые традиционно обеспечивали оперативное снабжение клиентов оригинальными комплектующими и профессиональным сервисом.

Дополнительным негативным фактором стал *массовый выход зарубежных автопроизводителей* с российского рынка. Такие крупные бренды, как Mercedes-Benz, BMW, KIA, Renault и ряд других приняли решение о прекращении официальной деятельности в стране. Это привело к тому, что владельцы автомобилей этих марок, приобретённых ранее, фактически лишились возможности получать официальную сервисную поддержку — включая гарантийное обслуживание, доступ к фирменным диагностическим программам и специализированному оборудованию.

Ещё одной существенной проблемой стало *отсутствие стандартизации* в производстве автомобильных комплектующих. Многие детали, используемые в иностранных автомобилях, имеют уникальную конструкцию, разработанную под конкретные модели и платформы. На местном рынке зачастую невозможно найти полноценные аналоги таких компонентов — это связано как с патентными ограничениями, так и с отсутствием локализованных производств, способных выпускать совместимые запчасти с требуемым уровнем качества. В результате автовладельцы сталкиваются с серьёзными затруднениями при необходимости ремонта: дефицитом критически важных деталей, необходимостью поиска неоригинальных заменителей с непредсказуемыми характеристиками и существенным ростом стоимости восстановительных работ из-за усложнённой логистики поставок.

Технические проблемы ремонта. Современные автомобили представляют собой сложные технические системы, в которых насчитывается до 30 электронных блоков управления (ЭБУ), взаимодействующих между собой через CAN-шину. Это создаёт существенные сложности при диагностике неисправностей. Прежде всего, около 40 % случаев сопровождаются неполной совместимостью используемого диагностического оборудования с конкретными моделями автомобилей. Дополнительно возникает проблема неверной идентификации ошибок — она обусловлена взаимным влиянием интегрированных компонентов системы. Ещё одним барьером служит отсутствие открытых протоколов диагностики у ряда автопроизводителей, что ограничивает возможности сервисных центров. Характерный пример — ошибка P0300 (пропуски зажигания): в четверти случаев её реальная причина кроется не в системе зажигания, а в неисправности датчика массового расхода воздуха.

Отдельные сложности возникают при ремонте кузовных элементов, изготовленных из современных материалов. Широкое применение алюминия и композитов предъявляет особые требования к технологическому процессу. Для качественного соединения таких деталей необходимо специализированное сварочное оборудование (MIG/MAG с использованием инертного газа). При выполнении рихтовочных работ требуется строго контролировать температурный режим — нагрев не должен превышать 150 °C. Экономический аспект также заслуживает внимания: замена кузовных деталей из алюминия и композитов обходится на 30–50 % дороже по сравнению с традиционными аналогами из стали.

Обслуживание гибридных и электрических силовых установок сопряжено с рядом специфических проблем. В первую очередь это связано с повышенными требованиями к электробезопасности — рабочее напряжение в таких системах превышает 300 В, что требует особых мер предосторожности и специализированного инструмента. На рынке наблюдается дефицит квалифицированных специалистов, имеющих сертификаты для работы с высоковольтными компонентами. Существенным фактором является и высокая стоимость ремонта: замена аккумуляторных модулей может достигать 40 % от первоначальной цены автомобиля, что делает восстановление таких транспортных средств экономически обременительным для владельцев.

Результаты исследования. На основе анализа данных 120 СТО выявлены:

- средняя продолжительность ремонта увеличилась на 22 % за 3 года;
- доля сложных электронных неисправностей выросла до 37 % от общего числа;
- затраты на оборудование для диагностики составляют 40–60 % бюджета СТО.

Выводы

Главные проблемы сосредоточены в сфере электронной диагностики и подготовки кадров. Экономические сложности обусловлены ростом стоимости компонентов и логистическими издержками.

Правовые коллизии требуют унификации нормативной базы.

Современные проблемы авторемонта носят системный характер и требуют комплексного решения. Приоритетные направления:

- инвестиции в цифровизацию процессов;
- развитие системы профессионального образования;
- совершенствование нормативно-правовой базы;
- формирование кооперационных моделей между СТО и поставщиками.

Библиографический список

1. ГОСТ 33721-2016 «Услуги бытовые. Техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств».
2. Регламенты технического обслуживания Volkswagen Group, 2024.
3. Automotive Repair Industry Report 2023. — London: IHS Markit, 2023.
4. Иванов А.В. Цифровые технологии в авторемонте: вызовы и перспективы // Авто-транспорт: эксплуатация, обслуживание, ремонт. — 2023. — № 5. — С. 45–52.
5. Smith J., Brown R. Advanced Vehicle Diagnostics: Principles and Practice. — New York: McGraw-Hill, 2022.
6. Росстат. Статистический сборник «Транспорт России», 2024.
7. European Automobile Manufacturers' Association (ACEA). Technical Service Bulletin, 2023.
8. В.Г. Мосин, В.Н. Козловский, А.С. Клентак, О.В. Пантюхин Методика МССР (modeling, calibration, challenge, production) в сравнительном анализе пунктов гарантийного обслуживания автомобилей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 1. Тула: Изд-во ТулГУ, 2025. С. 272–289.
9. Сладкова Л.А., Степенко М.В., Ли Сиюань. Основные неисправности и диагностирование системы электропривода наземных транспортно-технологических средств // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 8. Тула: Изд-во ТулГУ, 2025. С. 89–97.

References

1. GOST 33721 2016 "Household services. Maintenance and repair of motor vehicles".
2. Volkswagen Group Maintenance Regulations, 2024.
3. Automotive Repair Industry Report 2023. — London: IHS Markit, 2023.
4. Ivanov A.V. Digital technologies in car repair: challenges and prospects // Motor transport: operation, maintenance, repair. — 2023. — No. 5 — pp. 45-52. 5.
5. Smith J., Brown R. Advanced Vehicle Diagnostics: Principles and Practice. — New York: McGraw Hill, 2022.
6. Rosstat. Statistical collection "Transport of Russia", 2024.
7. European Automobile Manufacturers' Association (ACEA). Technical Service Bulletin, 2023.
8. V.G. Mosin, V.N. Kozlovsky, A.S. Klentak, O.V. Pantyukhin MCCP methodology (modeling, calibration, challenge, production) in the comparative analysis of car warranty service points // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. Issue 1. Tula: TulSU Publishing House, 2025. pp. 272-289.
9. Sladkova L.A., Stepenko M.V., Li Siyuan. Main malfunctions and diagnostics of the electric drive system of ground transportation and technological facilities // Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Technical sciences. Issue 8. Tula: TulSU Publishing House, 2025. pp. 89-97.

*Российский университет транспорта
канд. техн. наук, доц. «Наземные
транспортно-технологические средства»*

И.В. Трошко

Россия, Москва

тел. +7(925)732-25-20

e-mail: troshko_iv@mail.ru

Российский университет транспорта

*канд. техн. наук, доц. кафедры «Наземные
транспортно-технологические средства»*

М.Ю. Чалова

Россия, г. Москва,

тел. +7(916)543-07-67

e-mail: margarita_chalova@mail.ru

Российский университет транспорта

*канд. техн. наук, доц. «Наземные
транспортно-технологические средства*

М.В. Горелова

Россия, Москва

тел. +7(919)725-08-49

e-mail: marusalen@mail.ru

Russia University of Transport

*D. Sc. (Engineerin) Prof. of the Department
«Ground Transport and Technological Means»*

I.V. Troshko

Russia, Moscow,

tel. +7(925)732-25-20

e-mail: troshko_iv@mail.ru

Russian University of Transport

*D. Sc. (Engineerin) Prof. of the Department
«Ground Transport and Technological Means»*

M.Y. Chalova

Russia, Moscow,

tel. +7(916)543-07-67

e-mail: margarita_chalova@mail.ru

Russian University of Transport

*Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor «Surface Transport*

and Technological Means» M.V. Gorelova

Russia, Moscow

tel. +7(919)725-08-49

e-mail: marusalen@mail.ru

И.В. Трошко, М.Ю. Чалова, М.В. Горелова

МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ЗАКРЫТИЮ И ФИКСАЦИИ КРЫШЕК ПОЛУВАГОНОВ

При строительстве железных дорог щебень является одним из часто перевозимых грузов. Для его транспортировки используются специальные полувагоны, из которых щебень выгружается через люки. Несовершенство технологического процесса разгрузки щебня приводит к неисправностям люка, что недопустимо. В данной статье предложен технологический процесс разгрузки с применением гидропривода запираения и фиксации люков.

Ключевые слова: щебень, полувагон, люк, разгрузка.

I.V. Troshko, M.Y. Chalova, M.V. Gorelova

MECHANIZATION OF WORKS ON CLOSING AND FIXING THE LIDS OF GULF CARGO WAGONS

In the construction of railways, crushed stone is one of the most frequently transported goods. Special gondola cars are used for its transportation, from which crushed stone is unloaded through hatches. The imperfection of the technological process of unloading crushed stone leads to hatches malfunction, which is unacceptable. This article proposes a technological process of unloading using a hydraulic actuator for locking and fixing hatches.

Keywords: crushed stone, open-top wagon, hatch, unloading.

Строительство железных, автомобильных дорог, строительство различных объектов городской или железнодорожной инфраструктуры, всегда предусматривает, большое количество различных строительных материалов, без которых любое строительство может не состояться. Потребность в строительных материалах (цемент, щебень, песок и т.д.) на сегодняшний день только увеличивается.

Железнодорожный транспорт обеспечивает бесперебойную доставку строительных материалов в любую точку страны, не зависимо от погодных или других условий, грузоперевозки железнодорожным транспортом являются ключевым фактором развития экономики страны.

«Железнодорожный транспорт России развивается, запускает масштабные знаковые проекты. Так расширяются БАМ и Транссиб, модернизируются другие трассы и подходы к морским портам и терминалам, в том числе на Кольском полуострове и на Дальнем Востоке. В планах прокладка и обновление маршрутов в северных арктических широтах, в Республике Коми и на Ямале, в других регионах», - заявил президент России Владимир Владимирович Путин. в видеообращении по случаю Дня железнодорожника. Глава государства выразил уверенность, что проекты по расширению железнодорожного транспорта будут востребованы у россиян и растущей экономики страны [1].

Для решения поставленных задач, по развитию страны, необходимо использовать все существующие возможности транспортной отрасли. Но перевозка строительных материалов зависит не только от средств их доставки, но и от квалификации персонала, который участвует в технологическом процессе и других факторов, от которых будет зависеть скорость и безопасность перевозки материалов для строительства, а также сохранение в исправном состоянии подвижного состава. Для достижения быстрых и безопасных перевозок грузов, надо решить ряд проблем, таких как, повышения квалификации специалистов, оснащения их различными средствами малой механизации и т.д.

Одним из часто перевозимых грузов железнодорожным транспортом, является щебень.

Транспортировка щебня является неотъемлемой частью строительных процессов, требующей соблюдения определенных правил и норм, например, «Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом насыпью и навалом» [2]. Щебень широко применяется в строительстве, и его транспортировка должна обеспечивать сохранение материала и снижение потерь. Железнодорожный транспорт позволяет перевозить щебень на большие расстояния и большими объёмами. Для транспортировки используют специальные полувагоны, которые предназначены для сыпучих материалов. Данный тип вагонов подходит для транспортировки широкого ассортимента насыпных грузов, которые неподвержены или мало подвержены влиянию окружающей среды.

Согласно ГОСТ 22235-2010 выгружать сыпучие грузы из полувагонов следует через люки или на вагоноопрокидывателях, а также разгрузку можно производить на специальных эстакадах (рис. 1). Грейферная разгрузка полувагонов не допускается. Как исключение, грейферная разгрузка на период перехода к разгрузке через люки или на вагоноопрокидывателях допускается только при выдаче совместного разрешения железнодорожной администрации и собственника вагонов при условии выполнения требований настоящего стандарта. Не допускается проводить выгрузку грузов ковшами экскаваторов. Не допускается проводить зачистку вагонов ковшами экскаваторов и грейферов.



Рис. 1. Разгрузка щебня из полувагонов на эстакаде

В связи с этим, особое внимание уделяется техническому состоянию крышек люков вагона, поскольку именно они подвергаются наибольшим эксплуатационным нагрузкам, что повышает вероятность развития дефектов и усложняет процесс их обслуживания. При принятии решений относительно ремонта вагонного парка техническое состояние крышек люка является одним из основополагающих. Наиболее распространёнными дефектами выступают трещины, изломы, обрывы петли люка, обусловленные воздействием значительных механических нагрузок, скрытые литевые дефекты, усталость металла, забоины и ожоги от электросварки на поверхности деталей (концентраторы напряжений). Причины повреждений зачастую связаны с нарушением технологии погрузочно-разгрузочных работ.

В последнее время количество неисправностей крышек люков в вагонах и полувагонах увеличивается. К наиболее распространённым неисправностям следует отнести пробоины, выпуклости, износ их запорных механизмов крышек разгрузочных люков и торцовых дверей полувагонов. Основные неисправности люков полувагонов при эксплуатации представлены на рис. 2.

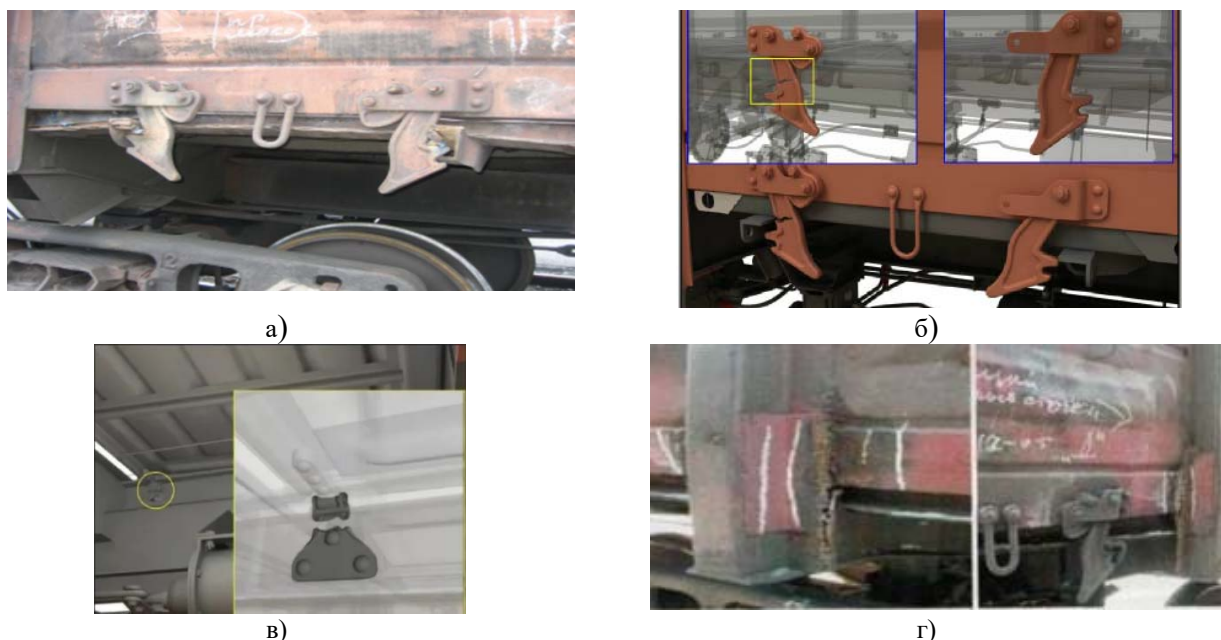


Рис. 2. Дефекты крышек полувагонов [3]:

- а) деформация крышки; б) излом закидки(слева), отсутствие сектора (справа);
в) обрыв шарнирного соединения в крышке люка; г) обрыв, деформация шкворневой стойки

Для совершенствования технологического процесса по закрыванию крышек полувагонов, предлагается разработка механизма с применением гидропривода.

Механизм для закрывания люков полувагонов располагается на специализированном пути, предназначенного для разгрузки сыпучих грузов, называемым повышенным путем. Разрабатываемый механизм размещается на движущихся тележках, которые предлагается размещать на специально проложенных для этих целей узкоколейных путей по обе стороны от повышенного пути.

Одна нитка пути узкоколейки, расположенная со стороны полувагона – рельс Р 65 (старогодний), другая – швеллер, внутри которого перемещаются колеса тележки. Устойчивость тележки обеспечивается за счет упора колес тележки в верхнюю часть швеллера и восп

При эксплуатации механизма нагрузка, возникающая от опрокидывающего момента, воспринимается колёсами тележки посредством контакта с верхней полкой швеллерного профиля.

На рис. 3 представлена общая схема разрабатываемой тележки с грузоподъемным механизмом и гидравлическим цилиндром для запираания крышек полувагонов.

Роль исполнительного механизма исполняет люкоподъемный рычаг. Исполнительный механизм приводится в движение посредством силового гидроцилиндра двустороннего действия (рис. 3). Крепление механизма осуществляется следующим образом: плечо рычага соприкасается со штоком гидроцилиндра, а проушины каретки механизма закрывания закреплены непосредственно на корпусе гидроцилиндра. На тележке механизма смонтирована гидростанция, которая обеспечивает конструкцию энергией.

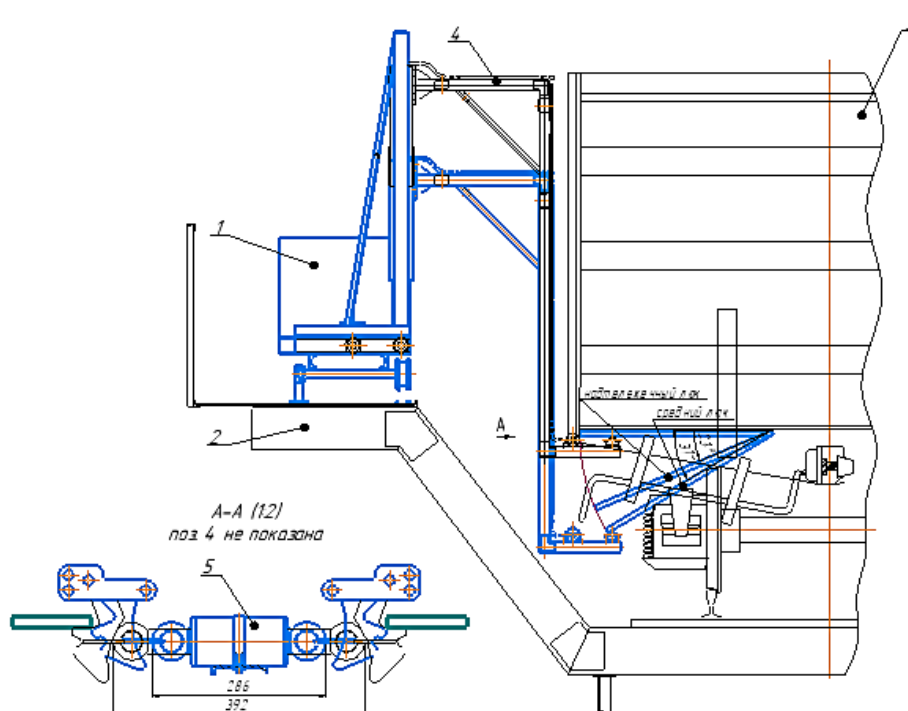


Рис. 3. Механизм закрывания люков полувагонов:

1 – тележка с гидростанцией; 2 – рама площадки с узкоколейным путём; 3 – полувагон;
4 – грузоподъемник; 5 – цилиндр фиксации закидок крышки полувагона

Гидропривод предназначен для подъема рычага механизма закрывания люков полувагонов и удержания крышки люка в поднятом (закрытом) положении во время ее запираания на запоры гидроцилиндром. После этого производится реверс гидроцилиндра и опускание рычага. Принципиальная гидравлическая схема механизма закрывания люков представлена на рис. 4.

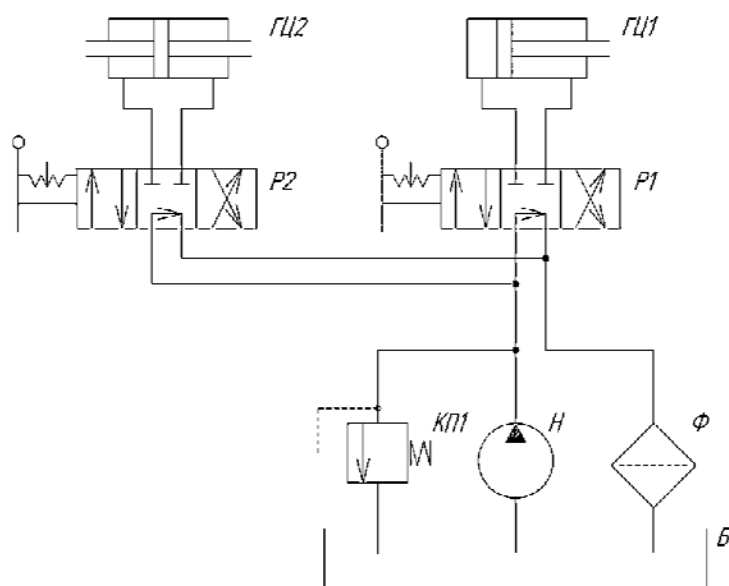


Рис. 4. Гидравлическая схема механизма закрывания люков полувагонов:
Б – гидробак; ГЦ1 – гидроцилиндр подъёма; ГЦ2 – гидроцилиндр фиксации закидок;
КП1 – клапан предохранительный; Н – насос; P1, P2 – гидрораспределитель-фильтр

Рабочим органом машины является люкоподъемный рычаг. Техническая характеристика механизма представлена в таблице.

Таблица

Техническая характеристика механизма

Обозначение	Значения
Максимальное усилие, прикладываемое к ролику рычага, F, кН	7
Время операции по закрыванию люка (машинное) не более: подъема рычага под нагрузкой, с опускания рычага в транспортное положение, с	2-3 3-4
Время операции по закрыванию запоров (машинное) не более: закрывание запоров, с обратный ход гидроцилиндра, с	1-2 2-3

Применяемый механизм для закрывания люков полувагонов располагается на разгрузочной площадке, данная площадка должна обеспечивать разгрузку 160 полувагонов в сутки.

Механизм для закрывания люков полувагонов должен обеспечить механическое закрывание люков вместо закрывания их вручную.

Ручная работа по закрыванию люков становится невозможной в связи с тем, что многие люки после многократных закрываний деформируются и усилие для закрывания люков становится величиной, не сравнимой с ручной работой.

Механизм должен не только заменить ручной тяжелый труд, но и повысить производительность труда.

На предприятиях для обслуживания разгрузки полувагонов в одну смену работают 3 бригады. Работают на 6 разгрузочных эстакадах.

При поступлении на разгрузочную эстакаду полувагонов (по 8 штук) ее обслуживает одна бригада. С каждой стороны состава заходят по 2 человека и в начале открывают все полувагоны, идя навстречу друг другу. Затем, после высыпания, операторы очищают полувагон, после чего они производят закрывание люков. На эти 3 операции у бригады из 4-х человек уходит 30 мин. на 1 полувагон, из них на закрывание люков уходит $1/5$ времени т.е. 6 минут [4].

При разгрузке 160 вагонов в сутки на эстакадах в 1 смену разгружается: $160/3 = 53,3$ полувагонов;

Общее время, чел/мин, на разгрузку всех вагонов вручную в одну смену: $30 \times 53,3 \times 4 = 6396$ чел/мин.

Общее время, мин. за смену $8 \times 60 = 480$ мин. Из них $15 \times 7 = 105$ мин уходит на передвижку вагонов (~7 передвигек) и технологические перерывы. Тогда общее время работы $480 - 105 = 375$ мин.

Количество человек во всех бригадах: $6396/375 = 17$ чел.

На закрывание люков уходит $1/5$ часть времени, т.е. $6396/5 = 1279,2$ чел/мин.

Количество человек, необходимое на закрывание люков: $1279,2/375 = 3,4$ чел.

При механизированном закрывании люков на закрывание 1 люка по подсчетам требуется 50 сек, на 1 полувагон – $50 \times 14 = 700$ сек.

На закрывание 53,3 полувагонов требуется $700 \times 53,3 = 37310$ с = 622 мин.

С учетом передвижения полувагонов общее время $480 - 140 = 340$ мин;

Количество человек, необходимое на закрывание люков $622/340 = 1,83$ чел., т.е. для закрывания люков механизмами необходимо 2 человека по 1 человеку с каждой стороны. Экономия от механизации закрывания люков по расчету $3,4 - 2 = 1,4$ чел./смену.

Применение проектируемого механизма, обеспечивающего закрывание люков, осуществляется на специализированном для разгрузки сыпучих грузов пути (повышенном пути). Передвижение тележек с механизмом закрывания осуществляется по узкоколейным путям, расположенных с обеих сторон от повышенного пути.

Выводы

При применении механизма для закрывания люков полувагонов создаются все условия для производительной разгрузки полувагонов, при обеспечении безопасности проведения работ. Уменьшение времени на проведения данной технологической операции, это экономически оправданное применение разрабатываемого механизма. На конструкции механизма закрывания люков, так же можно расположить ряд дополнительного оборудования, например:

- а) компрессорную установку для очистки крышек после разгрузки сжатым воздухом;
- б) установка бака с водой и приспособлениями для разбрызгивания воды, для уменьшения запыленности в процессе разгрузки;
- в) также механизм можно оборудовать приводом для перемещения вдоль разгрузочной площадки, что в дальнейшем еще больше будет экономить время, затрачиваемое на переустановку данного механизма.

Библиографический список

1. РИА НОВОСТИ [сайт]. URL: <https://ria.ru/20250803/putin-2033043100.html> (дата обращения 09.11.2025).
2. Приказ Министерства транспорта РФ от 28 июня 2021 г. № 212 «Об утверждении Правил перевозок грузов железнодорожным транспортом насыпью и навалом» – 2021. ГАРАНТ. РУ [электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402747964/> (дата обращения 09.11.2025).

3. TheSlide.ru [сайт]. URL: <https://theslide.ru/uncategorized/neispravnosti-kuzovapoluvagona> (дата обращения 09.11.2025).

4. Тимошин А.А., Мачульский И.И. Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ. М.: Маршрут, 2003, 400 с.

References

1. RIA NOVOSTI [website]. URL: <https://ria.ru/20250803/putin-2033043100.html> (accessed on 09.11.2025).

2. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 212 dated June 28, 2021, "On Approval of the Rules for Carriage of Cargo by Railway in Bulk and In Bulk" – 2021. GARANT. RU [electronic resource]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402747964/> (дата обращения 09.11.2025).

3. TheSlide.ru [сайт]. URL: <https://theslide.ru/uncategorized/neispravnosti-kuzovapoluvagona> (дата обращения 09.11.2025).

4. Timoshin A.A., Machulsky I.I. Complex Mechanization and Automation of Loading and Unloading Operations. Moscow: Route, 2003, 400 p.

УДК 625.1

*Российский университет транспорта
канд. техн. наук, доц. «Наземные
транспортно-технологические средства»
И.В. Трошко*

Россия, Москва

тел. +7(925)732-25-20

e-mail: troshko_iv@mail.ru

*Российский университет транспорта
канд. техн. наук, доц. кафедры «Наземные
транспортно-технологические средства»
М.Ю. Чалова*

Россия, г. Москва, тел. +7(916)543-07-67

e-mail: margarita_chalova@mail.ru

Russia University of Transport

*D. Sc. (Engineerin) Prof. of the Department
«Ground Transport and Technological Means»*

I.V. Troshko

Russia, Moscow,

tel. +7(925)732-25-20

e-mail: troshko_iv@mail.ru

Russian University of Transport

*D. Sc. (Engineerin) Prof. of the Department
"Ground Transport and Technological Means"*

M.Y. Chalova

Russia, Moscow, tel. +7(916)543-07-67

e-mail: margarita_chalova@mail.ru

И.В. Трошко, М.Ю. Чалова

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ДОСТАВКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ МАШИНЫ НА БАЗЕ УАЗ В ЗОНУ ПРОВЕДЕНИЯ ПУТЕИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Одним из главных факторов железнодорожных перевозок является их скоростной режим, который напрямую зависит от состояния железнодорожного пути. Регулярный мониторинг железнодорожного пути позволяет обеспечить безопасность и бесперебойное движение поездов. Для мониторинга пути, применяют не только диагностические поезда, но и диагностические машины на базе автомобилей, которые необходимо доставлять в место мониторинга железнодорожного пути, чтобы сократить время на передвижение и эксплуатационные затраты.

Ключевые слова: мониторинг железнодорожного пути, восстановительный поезд, вагон, аппаратель.

I.V. Troshko, M.Y. Chalova

IMPROVING THE DELIVERY METHOD OF A UAZ-BASED DIAGNOSTIC MACHINE TO THE VENUE AREA TRACK MEASUREMENT WORKS

One of the main factors of railway transportation is its high-speed mode, which directly depends on the condition of the railway track. Regular monitoring of the railway track ensures the safety and uninterrupted movement of trains. To monitor the track, not only diagnostic trains are used, but also car-based diagnostic machines that need to be delivered to the railway track monitoring site in order to reduce travel time and operating costs.

Keywords: railway track monitoring, recovery train, carriage, ramp.

Развивающая железнодорожная отрасль подразумевает постоянный рост грузоперевозок, а также развитие скоростного движения. В такой ситуации качественная оценка железнодорожного полотна и оптимизация проведения путевых работ становятся особо значимым.

Для обеспечения безопасности и бесперебойности движения поездов, выявления неисправностей пути, планирования планово-предупредительных работ по его текущему содержанию, проводят систематические проверки. Контроль осуществляется визуальным осмотром пути и сооружений и проверками их специальной путеизмерительной аппаратурой и инструментом. Виды, порядок и сроки осмотров и проверок пути и сооружений на перегонах и станциях установлены Инструкцией по текущему содержанию железнодорожного пути и правилами технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации (ПТЭ), утвержденные приказом Минтранса России № 286 от 21 декабря 2010 года [1].

Основной задачей контроля состояния рельсовой колеи является своевременное обнаружение отклонений параметров колеи от установленных норм для предупреждения выхода этих отклонений за пределы допусков на текущее содержание колеи. Измерение параметров рельсовой колеи, проводимое систематически, позволяет оценивать влияние различных эксплуатационных факторов на стабильность колеи, появление характерных ее расстройств. Результаты измерений используются и при оценке состояния пути. В процессе производства работ по текущему содержанию и ремонту пути контролируются такие параметры колеи, как ее ширина, взаимное положение головок рельсов по уровню, стрелы изгиба рельсовых нитей на криволинейных участках пути. Периодичность контроля параметров колеи зависит от эксплуатационных условий, конструкции пути и ее состояния, инженерно-геологических условий района и особенностей, действующих природно-климатических факторов. В обычных (благоприятных) условиях ширина колеи и взаимное положение головок рельсов по уровню контролируются не реже одного раза в неделю бригадиром пути и не реже двух раз в месяц – дорожным мастером совместно с бригадиром пути; при этом в качестве измерительного средства используется путевой шаблон. По графику, утвержденному начальником дистанции пути, указанные выше параметры колеи измеряются непрерывно на всем ее протяжении с помощью путеизмерительных тележек не реже одного раза в месяц. Кроме того, все контролируемые параметры колеи ежемесячно измеряются при проходе вагона-путеизмерителя (на линиях со скоростным движением поездов вагон-путеизмеритель пропускается не реже двух раз в месяц) [2].

Среди основных задач мониторинга железнодорожного пути, можно выделить следующие:

- обеспечение безопасности движения поездов;
- контроль состояния пути, предупреждения его предотказного состояния;
- планирование и контроль выполнения работ по текущему содержанию пути;
- паспортизация железнодорожного пути;
- предпроектное обследование и планирование ремонтов пути;
- приемка и оценка качества проведенных ремонтных работ.

Путеизмерители контролируют, регистрируют и оценивают следующие параметры:

- ширину колеи (сужение и уширение);
- положение рельсовых нитей по уровню (перекосы и плавные отклонения уровня);
- положение рельсовых нитей в плане (горизонтальные стрелы изгиба от хорды длиной 21,5 м в точке, расположенной на расстоянии 4,1 м от ее конца);
- просадки рельсовых нитей в вертикальной плоскости (стрелы изгиба рельсовых нитей от хорды длиной 17 м в точке, расположенной на расстоянии 2, 4 м от ее конца);
- сочетание отступлений по рихтовке с перекосами и просадками;
- параметры устройств кривых в плане и по возвышению наружного рельса;
- длинные неровности в плане и профиле (длиной до 150 м).

Для мониторинга пути, применяют диагностические машины на базе автомобилей.

Передвижная машина для диагностики пути для, ООО «РЖД», это уже не новшество, а грамотное техническое решение. На сегодняшний день машина своим ходом приезжает в зону проведения работ, что не всегда оправдано как в плане затраченного на передвижение времени, так и на увеличенные эксплуатационные затраты (топливо и т.д.).

Рассмотрев данный вопрос предлагается перемещать диагностическую машину для проведения работ, в крытом вагоне модель 11–270 оснащенной гидравлической аппарелью, данный вагон входит в состав восстановительного поезда

Восстановительный поезд – подразделение, предназначенное для ликвидации последствий сходов с рельсов подвижного состава, а также оказания помощи в пределах своих тактико-технических возможностей при ликвидации последствий происшествий природного и техногенного характера [3].

Параметры 4-осного крытого цельнометаллического вагона с уширенными дверными проемами, модель 11–270 (рис. 1) подходит для установки в торцевой части вагона гидравлической откидной аппарели, 3D модель которой представлена на рис. 2. Данная конструкция позволяет уменьшить время при выгрузке и загрузке диагностической машины.

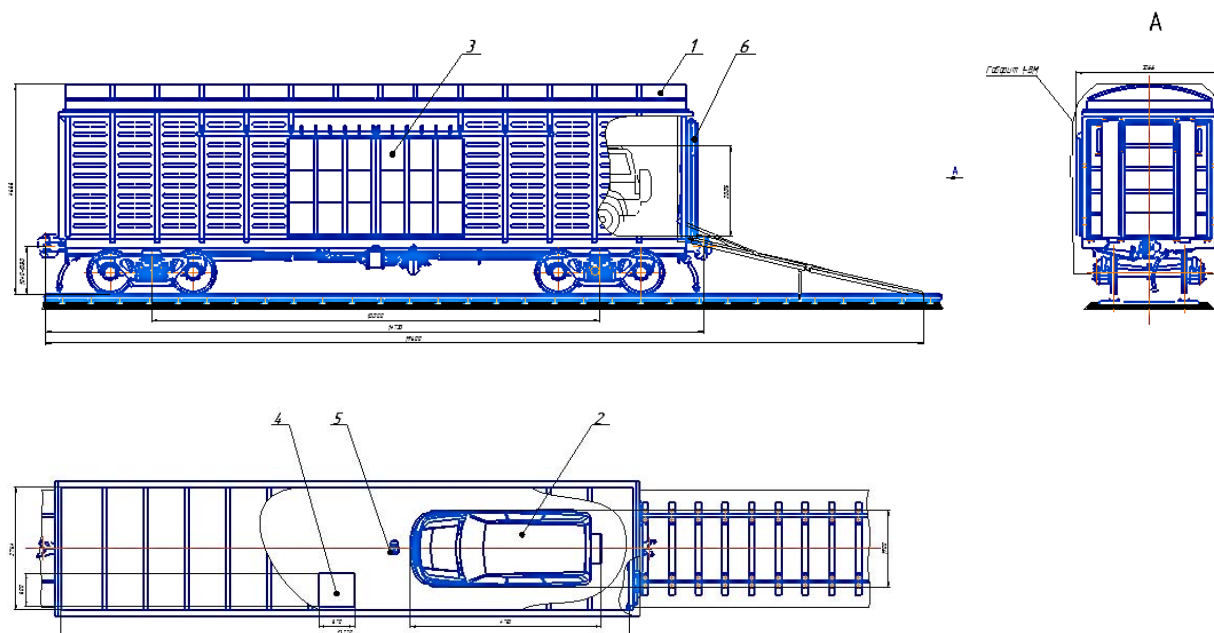


Рис. 1. 4-осный крытый цельнометаллический вагон с откидной гидравлической аппарелью:
1 – крытый вагон модель 11-270; 2 – путеизмерительная машина; 3 – двухстворчатые двери;
4 – гидростанция; 5 – гидравлическая лебедка; 6 – откидная аппарель



Рис. 2. 3D модель гидравлической аппарели

Для установки гидравлической аппарели были рассмотрены расчетные нагрузки на откидную аппарель. На рис. 3 приведена схема нагружения аппарели машиной на комбинированном ходу. Полная масса машина с навесным оборудованием составляет $G = 2450$ кг. Развесовка: на переднюю ось $G_1 = 1250$ кг; на заднюю ось $G_2 = 1200$ кг.

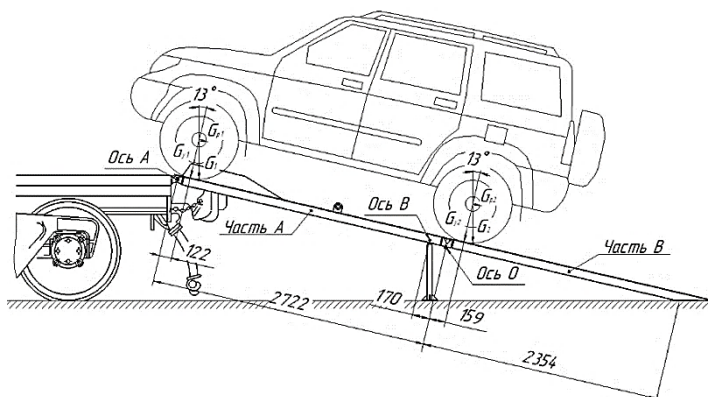


Рис. 3. Установка машины на комбинированном ходу на аппарель

Нагрузка на аппарель получается

$$\begin{aligned} G_{y1} &= G_1 \cdot \cos 13^\circ; \\ G_{y1} &= 1250 \cdot \cos 13^\circ = 1218 \text{ кг}; \\ G_{y2} &= G_2 \cdot \cos 13^\circ; \\ G_{y2} &= 1200 \cdot \cos 13^\circ = 1169 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Вес аппарели: часть А $G_A = 404$ кг; часть Б $G_B = 190$ кг.

На рис. 4 приведена расчетная схема нагружения аппарели. Принимаем крепление аппарели как шарнирно-опертую

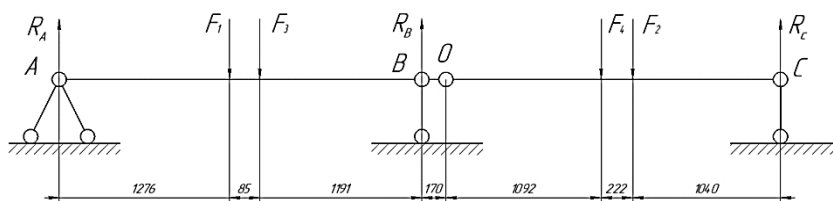


Рис. 4. Схема нагружения аппарели

Нагрузка от машины:

$$\begin{aligned} F_1 &= G_{y1} \cdot g; \\ F_1 &= 1218 \cdot 9,8 \approx 12180 \text{ Н}; \\ F_2 &= G_{y2} \cdot g; \\ F_2 &= 1169 \cdot 9,8 \approx 11690 \text{ Н}, \end{aligned}$$

где $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Нагрузка от веса аппарели:

$$\begin{aligned} F_3 &= G_A \cdot g; \\ F_3 &= 404 \cdot 9,8 \approx 4040 \text{ Н}; \\ F_4 &= G_B \cdot g; \\ F_4 &= 190 \cdot 9,8 \approx 1900 \text{ Н}. \end{aligned}$$

По рис. 5 составляем уравнение моментов.

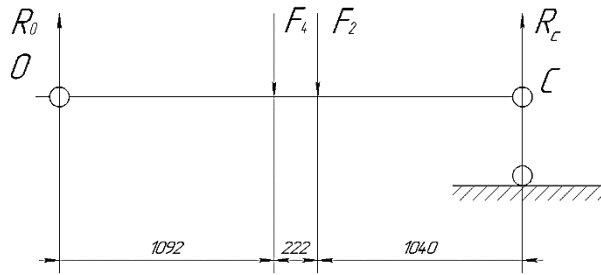


Рис. 5. Правая часть схемы нагружения

$$\begin{aligned} \sum F_y = 0; \quad \sum F_y = R_0 - F_4 - F_2 + R_C = 0; \\ \sum M_O = 0; \quad \sum M_O = -F_4 \cdot 1092 - F_2 \cdot 1314 + R_C \cdot 2354 = 0; \\ R_C = \frac{F_4 \cdot 1092 + F_2 \cdot 1314}{2354}; \\ R_C = \frac{1900 \cdot 1092 + 11690 \cdot 1314}{2354} = 7406 \text{ H}; \\ R_0 = F_4 + F_2 - R_C; \\ R_0 = 1900 + 11690 - 7406 = 6184 \text{ H}. \end{aligned}$$

По рисунку 6 составляем уравнение моментов

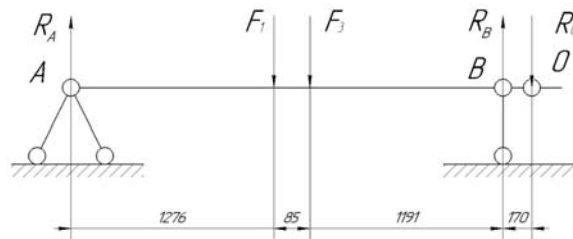


Рис. 6. Левая часть схемы нагружения

$$\begin{aligned} \sum F_y = 0; \quad \sum F_y = R_A - F_1 - F_3 + R_B - R_O; \\ \sum M_A = -F_1 \cdot 1276 - F_3 \cdot 1361 + R_B \cdot 2552 - R_O \cdot 2722 = 0; \\ R_B = \frac{F_1 \cdot 1276 + F_3 \cdot 1361 + R_O \cdot 2722}{2552}; \\ R_B = \frac{12180 \cdot 1276 + 4040 \cdot 1361 + 6184 \cdot 2722}{2552} = 14840 \text{ H}; \\ R_A = F_1 + F_3 - R_B + R_O; \\ R_A = 12180 + 4040 - 14840 + 6184 = 7564 \text{ H}. \end{aligned}$$

Из полученных данных получаем:

- Нагрузка на ось А: $F_{OA} = 7564 \text{ H}$;
- Нагрузка на ось О: $F_{OO} = 6184 \text{ H}$;
- Нагрузка на ось В: $F_{OB} = 14840 \text{ H}$.

На рис. 7 приведена схема нагружения аппарели машиной на комбинированном ходу в конце аппарели.

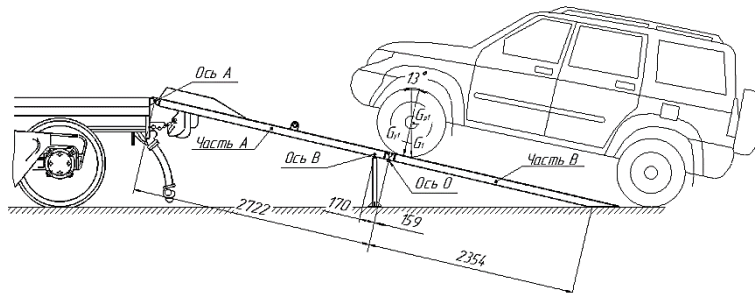


Рис. 7. Установка машины на комбинированном ходу в конце аппарата

Нагрузка на аппарат получается:

$$G_{y1} = G_1 \cdot \cos 13^\circ;$$

$$G_{y1} = 1250 \cdot \cos 13^\circ = 1218 \text{ кг.}$$

Вес аппарата: часть А $G_A = 404$ кг; часть Б $G_B = 190$ кг.

На рис. 8 приведена схема нагружения аппарата, если машина только заезжает (вариант 2). Принимаем крепление аппарата как шарнирно-опертую

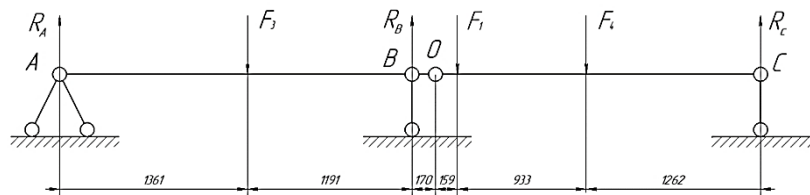


Рис. 8. Схема нагружения аппарата (вариант 2)

Нагрузка от машины:

$$F_1 = G_{y1} \cdot g;$$

$$F_1 = 1218 \cdot 9,8 \approx 12180 \text{ Н,}$$

где $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения.

Нагрузка от веса аппарата

$$F_3 = G_A \cdot g;$$

$$F_3 = 404 \cdot 9,8 \approx 4040 \text{ Н;}$$

$$F_4 = G_B \cdot g;$$

$$F_4 = 190 \cdot 9,8 \approx 1900 \text{ Н.}$$

По рис. 9 составляем уравнение моментов

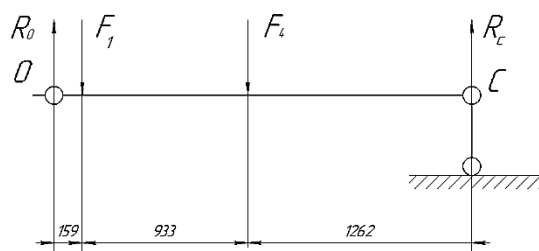


Рис. 9. Правая часть схемы нагружения (вариант 2)

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0; \quad \sum F_y = R_O - F_1 - F_4 + R_C = 0; \\ \sum M_O &= 0; \quad \sum M_O = -F_1 \cdot 159 - F_4 \cdot 1092 + R_C \cdot 2354 = 0; \\ R_C &= \frac{F_1 \cdot 159 + F_4 \cdot 1092}{2354}; \\ R_C &= \frac{12180 \cdot 159 + 1900 \cdot 1092}{2354} = 1704 \text{ H}; \\ R_O &= F_1 + F_4 - R_C; \\ R_O &= 12180 + 1900 - 1704 = 12376 \text{ H}.\end{aligned}$$

По рис. 10 составляем уравнение моментов

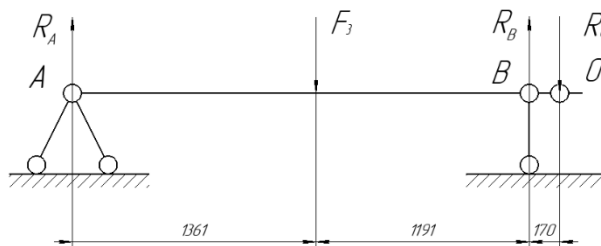


Рис. 10. Левая часть схемы нагружения (вариант 2)

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0; \quad \sum F_y = R_A - F_1 - F_3 + R_B - R_O; \\ \sum M_A &= -F_3 \cdot 1361 + R_B \cdot 2552 - R_O \cdot 2722 = 0; \\ R_B &= \frac{F_3 \cdot 1361 + R_O \cdot 2722}{2552}; \\ R_B &= \frac{4040 \cdot 1361 + 12376 \cdot 2722}{2552} = 15355 \text{ H}; \\ R_A &= F_3 - R_B + R_O; \\ R_A &= 4040 - 15355 + 12376 = 1061 \text{ H}.\end{aligned}$$

Из полученных данных получаем:

- Нагрузка на ось А: $F_{OA} = 1061 \text{ H}$;
- Нагрузка на ось О: $F_{OO} = 12376 \text{ H}$;
- Нагрузка на ось В: $F_{OB} = 15355 \text{ H}$.

Выводы

Применяемая откидная аппарель позволяет нам использовать диагностическую машину как в составе восстановительного поезда, так и в других машинных путевых комплексах; применение гидропривода для раскладки аппарели позволяет нам автоматизировать данный процесс, что приводит к сокращению персонала.

Модернизированный крытый вагон позволяет уменьшить время и затраты на доставку машины, а также обеспечивает за счет вагона закрытого типа хранение и обслуживание диагностической машины (мобильная мастерская для хранения и ремонта машины).

Библиографический список

1. Непомнящих Е.В., Кирпичников К.А. Диагностика состояния железнодорожного пути: учебное пособие по выполнению лабораторных работ для студентов 2 и 4 курса очной и заочной форм обучения специальности 271501 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей». Чита: ЗаБИЖТ, 2012. 109 с.

2. Эльхутов С. Н. Современные средства мониторинга и диагностики технического состояния верхнего строения железнодорожного пути //Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета, 2010.Т. 1. №. 1. С. 131-138.

3. Восстановительный поезд // Большая советская энциклопедия : 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1969. 978 с.

References

1. Nepomnyashchikh E.V., Kirpichnikov K.A. Diagnostics of the Railway Track Condition: A Study Guide for Laboratory Work for 2nd and 4th Year Students of the Full-Time and Part-Time Forms of Training in the Speciality 271501 "Construction of Railways, Bridges, and Transport Tunnels". Chita: ZabIZHT, 2012. 109 p.

2. Elkhutov S. N. Modern Means of Monitoring and Diagnostics of the Technical Condition of the Upper Structure of the Railway Track //Collection of Scientific Papers of the Angarsk State Technical University, 2010. Vol. 1. No. 1. Pp. 131-138.

3. Rehabilitation Train // Great Soviet Encyclopedia: 3rd Edition. Moscow: Soviet Encyclopedia, 1969. 978 p.

УДК 004.942

*Воронежский государственный
технический университет
Студенты дорожно-транспортного
факультета
В.В. Щербинин,
e-mail: vladimirexec@gmail.com
В.А. Лобков,
e-mail: lobkov_313@mail.ru
Канд. техн. наук, доц. кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Н.М. Волков
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18
e-mail: volkne@bk.ru*

*Voronezh State
Technical University
Students of the Faculty of Road Transport
Faculty
V.V. Shcherbinin,
e-mail: vladimirexec@gmail.com
V.A. Lobkov,
e-mail: lobkov_313@mail.ru
D.Sc. (Engineerin), Associate prof. of the chair
construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
N.M. Volkov
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-59-18
e-mail: volkne@bk.ru*

В.В. Щербинин, В.А. Лобков, Н.М. Волков

АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Проведен анализ современных систем автоматизированного проектирования (САПР) применительно к задачам машиностроения, в частности проектирования новых узлов, деталей и механизмов. Рассмотрены возможности и ограничения как международных, так и российских программных комплексов в условиях 2025 года. Сформулированы рекомендации по их применению в автомобилестроении.

Ключевые слова: моделирование, машиностроение, проектирование, САПР.

V.V. Shcherbinin, V.A. Lobkov, N.M. Volkov

ANALYSIS OF AUTOMATED COMPLEXES FOR CALCULATION AND DESIGN OF STRUCTURES IN MECHANICAL ENGINEERING

An analysis of modern computer-aided design (CAD) systems applied to the tasks of mechanical engineering, in particular the design of new units, parts and mechanisms, has been carried out. The possibilities and limitations of both international and Russian software complexes in the conditions of 2025 are considered. Recommendations for their application in automotive industry are formulated.

Keywords: modeling, mechanical engineering, design, CAD.

Автоматизированные системы проектирования (САПР) являются краеугольным камнем современного машиностроения, определяя скорость, точность и инновационность создания новых изделий. В условиях 2025 года, характеризующихся необходимостью обеспечения технологической независимости и импортозамещения, актуальность выбора и эффективного применения САПР, в том числе отечественных, для конструирования узлов, деталей и механизмов многократно возрастает.

Комплексы автоматизированного расчёта и проектирования конструкций (САПР) нужны для того, чтобы ускорить процесс изготовления или возведения, повысить точность расчётов и качество конечного продукта.

Они позволяют[1]:

- Сквозное проектирование: от эскиза и 3D-модели до рабочих чертежей и технологической документации.
- Параметрическое моделирование: быстрое внесение изменений в проект путем корректировки управляющих параметров, что критически важно при проектировании серийных деталей (например, элементов подвески или трансмиссии автомобиля).
- Инженерный анализ (CAE): проведение расчетов на прочность, жесткость, термостойкость, динамику и износ непосредственно в среде проектирования или с использованием специализированных решателей.
- Генерацию управляющих программ для ЧПУ (CAM): подготовку данных для станков с числовым программным управлением.

Среди множества программных решений для машиностроения можно выделить следующие ключевые группы и примеры, актуальные для применения в России в 2025 году:

1. Системы CAD (Computer-Aided Design) [4]. Многие CAD-системы имеют двумерный и трехмерный режим отображения. Чертежи преобразуются в 3D-модели автоматически. Также можно накладывать на объекты визуальные материалы и устанавливать источники освещения. Это позволяет создавать рендеры и уже на этапе проектирования оценивать внешний вид будущих автомобилей или деталей. В лучших CAD программах для проектирования качество 3D-визуализаций может приближаться к фотореализму. Более того, все чаще внедряются технологии дополненной и виртуальной реальности (AR и VR), что дает еще большую глубину погружения:
 - T-FLEX CAD: Отечественная система, отличающаяся мощным параметрическим моделированием. Это делает ее исключительно удобной для проектирования типовых и модифицируемых узлов в машиностроении. Полная поддержка российских стандартов (ЕСКД) и возможность глубокой адаптации под нужды предприятия являются ключевыми преимуществами в текущих условиях.
 - КОМПАС-3D: Еще один флагман российского САПР. Обладает развитыми средствами твердотельного и поверхностного моделирования, обширными библиотеками стандартных и типовых изделий, включая российские нормативы. Широко интегрирован с отечественными системами расчетов и управления жизненным циклом (PLM).
 - nanoCAD: Российская платформа, предлагающая, помимо базового проектирования, специализированные модули (например, «Механика»), ориентированные на создание машиностроительных конструкций. Модульность и относительно низкая стоимость владения делают ее привлекательной для малых и средних предприятий.
 - Autodesk Inventor, Dassault Systèmes SolidWorks, Siemens NX: Мировые лидеры, обладающие мощнейшим функционалом для комплексного проектирования сложных сборок, таких как двигатели, коробки передач. Однако их доступность и техническая поддержка в России в 2025 году могут быть ограничены, что требует взвешенного подхода к их внедрению.
2. Системы инженерного анализа CAE (Computer-Aided Engineering) [2]:
 - ANSYS, Abaqus: «Золотой стандарт» для проведения сложных нелинейных расчетов, анализа усталости, гидродинамики и многого другого. Незаменимы при проектировании критически важных и нагруженных деталей (коленчатые валы, поршни, элементы кузова).
 - APM WinMachine, ЛИРА-САПР (машиностроительные модули): Отечественные комплексы, предоставляющие инструменты для прочностных и динамических расчетов. Их интеграция с российскими CAD-системами (КОМПАС, T-FLEX) позволяет создавать замкнутый цикл проектирования и анализа.

3. Цифровые двойники и BIM (Building Information Modeling) для промышленности [3]:
 - Использование технологий информационного моделирования зданий (BIM) адаптируется для создания «цифровых двойников» промышленных изделий и производств. Это позволяет не только проектировать деталь, но и моделировать ее поведение в реальных условиях, процесс сборки и техобслуживания.
4. Перспективы интеграции искусственного интеллекта (ИИ) Одним из ключевых трендов является интеграция ИИ во взаимодействие с САПР. В машиностроении ИИ может быть использован для:
 - Генеративного проектирования (Generative Design): Алгоритм ИИ по заданным критериям (масса, прочность, стоимость) создает множество вариантов геометрии детали, оптимизированных под эти требования.
 - Автоматизации рутинных операций: ИИ может помогать в расстановке допусков и посадок, подборе материалов из доступной базы, проверке конструкции на соответствие стандартам.
 - Прогнозной аналитики: На основе данных о эксплуатации аналогичных деталей ИИ может прогнозировать износ и предлагать изменения в конструкции для увеличения ресурса.

Среди преимуществ САПР выделяются: значительная экономия времени, так как автоматизация ускоряет проектирование и расчёты; увеличение точности, благодаря математическим моделям и алгоритмам, что снижает вероятность ошибок; улучшение качества проектирования через возможность анализа различных вариантов и оптимизации решений; а также удобство работы, ведь современные интерфейсы и инструменты облегчают взаимодействие участников проекта.

Среди недостатков САПР подчеркивается высокая стоимость лицензий на профессиональные программы, что может стать барьером для малых компаний. Также необходимо обучение сотрудников для эффективного использования программ, что требует дополнительных ресурсов и времени. Кроме того, автоматизация вызывает зависимость от технологий, и в случае сбоев программного обеспечения или оборудования работа может остановиться. Наконец, ограниченность моделей некоторых программ может не учитывать специфические условия и требования, что увеличивает риск ошибок в проектировании.

Вывод

Проведенный анализ показывает, что для успешного проектирования в машиностроении, особенно в стратегически важной отрасли автомобилестроения, необходим комплексный подход к выбору САПР.

Таким образом, современный рынок САПР, несмотря на все вызовы, предоставляет российскому машиностроению необходимый инструментарий для создания конкурентоспособных изделий. Успех зависит от грамотного выбора программного обеспечения, его адаптации под конкретные нужды и активного внедрения передовых технологий, включая искусственный интеллект.

Библиографический список

1. Алексеев Н.С. Основы САПР технологических процессов: Учебное пособие для самостоятельной работы студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения / Рубцовский индустриальный институт. - Рубцовск: РИО. 2023. - 199 с.
2. Наумов, Р. К. Понятие CAD / CAM / CAE систем / Р. К. Наумов, М. С. Самылкин // Новая наука: история становления, современное состояние, перспективы развития: Сборник статей Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Киров, 07 июня 2021 года. Том Часть 1. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2021. – С. 58-60.

3. Система автоматизированного проектирования / [Электронный ресурс] // Портал. Большая российская энциклопедия: [сайт]. — URL: <https://bigenc.ru/c/sistema-avtomatizirovannogo-proektirovaniia-82d30a> (дата обращения: 26.02.2025).
4. Шапорева А.В. Современные подходы к проектированию строительных конструкций. Обзор программных комплексов // In The World Of Science and Education. 2025. №15 февраль АН. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-proektirovaniyu-stroitelnyh-konstruktsiy-obzor-programmnyh-kompleksov> (дата обращения: 27.02.2025).
5. Щербакова, М. П. CAD/CAM/CAE - системы / М. П. Щербакова, А. С. Печурин, Л. В. Березина // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых, Курск, 01 декабря 2020 года / сборник научных статей Всероссийской научной конференции перспективных разработок, в 2-х томах. Том 2. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 422-425.

References

1. Alekseev N.S. Fundamentals of CAD of technological processes: A textbook for independent work of undergraduate students studying in the direction 03/15/05 “Design and technological support of machine-building production” of all forms of education / Rubtsovsky Industrial Institute. - Rubtsovsk: RIO. 2023. - 199 p.
2. Naumov, R. K. The concept of CAD / CAM / CAE systems / R. K. Naumov, M. S. Samylkin // New science: history of formation, current state, development prospects: Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. In 2 parts, Kirov, June 07, 2021. Volume Part 1. - Ufa: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCE", 2021. - pp. 58-60.
3. Computer-aided design system / [Electronic resource] // Portal. Great Russian Encyclopedia: [website]. — URL: <https://bigenc.ru/c/sistema-avtomatizirovannogo-proektirovaniia-82d30a> (date of access: 02/26/2025).
4. Shaporeva A.V. Modern approaches to the design of building structures. Review of software systems // In The World Of Science and Education. 2025. No. 15 February AN. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-proektirovaniyu-stroitelnyh-konstruktsiy-obzor-programmnyh-kompleksov> (date of access: 02.27.2025).
5. Shcherbakova, M. P. CAD/CAM/CAE - systems / M. P. Shcherbakova, A. S. Pechurin, L. V. Berezina // Innovative potential for the development of society: the view of young scientists, Kursk, December 01, 2020 / collection of scientific articles of the All-Russian Scientific Conference of Advanced Developments, in 2 volumes. Volume 2. – Kursk: Southwestern State University, 2020. – P. 422-425.

*Воронежский государственный
технический университет
Студенты дорожно-транспортного
факультета
В.В. Щербинин,
e-mail: vladimirexec@gmail.com
В.А. Лобков,
e-mail: lobkov_313@mail.ru
Канд. техн. наук, доц. кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Н.М. Волков
Россия, г. Воронеж, тел. +7(473) 271-59-18
e-mail: volkne@bk.ru*

*Voronezh State
Technical University
Students of the Faculty of Road Transport
Faculty
V.V. Shcherbinin,
e-mail: vladimirexec@gmail.com
V.A.Lobkov,
e-mail: lobkov_313@mail.ru
D.Sc. (Engineerin), Associate prof. of the chair
construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
N.M. Volkov
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 271-59-18
e-mail: volkne@bk.ru*

В.В. Щербинин, В.А. Лобков, Н.М. Волков

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИАГНОСТИРОВАНИИ ПОДВЕСОК ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Эффективная диагностика подвески является ключевым фактором безопасности и снижения эксплуатационных расходов как для небольших сервисных станций (СТО), так и для автотранспортных парков, содержащих собственный легковой автопарк. Традиционные методы диагностики зачастую не позволяют выявить скрытые дефекты на ранней стадии, что приводит к повышенному износу шин, увеличению расхода топлива и риску внезапных отказов. Внедрение современных, но доступных технологий может существенно повысить качество услуг СТО и оптимизировать затраты на содержание парка.

Ключевые слова: технология, диагностирование, подвеска.

V.V. Shcherbinin, V.A. Lobkov, N.M. Volkov

ADVANCED TECHNOLOGIES IN DIAGNOSTICS OF PASSENGER CAR SUSPENSIONS

Effective suspension diagnostics are a key factor in ensuring safety and reducing operating costs for both small service stations and fleets with their own passenger vehicle fleets. Traditional diagnostic methods often fail to detect hidden defects at an early stage, leading to increased tire wear, fuel consumption, and the risk of sudden failures. Implementing modern, yet affordable, technologies can significantly improve the quality of service stations' services and optimize fleet maintenance costs.

Keywords: technology, diagnostics, suspension.

Диагностика подвески легкового автомобиля является важнейшим фактором обеспечения безопасности, комфорта и долговечности его эксплуатации. Подвеска, как один из ключевых элементов ходовой части, отвечает за амортизацию, устойчивость и управляемость автомобиля, а также наиболее подвержена износу. С течением времени и под

воздействием различных условий эксплуатации компоненты подвески деформируются, что может приводить к ухудшению ходовых качеств автомобиля и повышению риска дорожно-транспортных происшествий.

Традиционные методы диагностирования, основанные на визуальном осмотре и механических испытаниях, часто оказываются недостаточно точными и эффективными для выявления скрытых дефектов и определения остаточного ресурса компонентов [1, с. 541]. В связи с этим, разработка и внедрение перспективных технологий в области диагностирования подвесок легковых автомобилей становится актуальной задачей, направленной на повышение точности, скорости и надежности процесса диагностики.

Сегодня в сфере обслуживания и ремонта автомобилей широко применяются различные методы диагностики подвесок, которые можно классифицировать по следующим основным группам:

- Визуальный осмотр. Этот метод, являющийся самым простым и доступным, позволяет обнаруживать лишь явные дефекты, такие как трещины, деформации, утечки рабочей жидкости и механические повреждения [1]. Несмотря на свою простоту, его эффективность ограничена отсутствием возможности обнаружения скрытых повреждений.
- Механические испытания. Эта группа включает методы измерения параметров работы подвески при воздействии внешних сил. Наиболее распространенными являются испытания на стендах вибродиагностики, позволяющие оценить амортизационные характеристики, жесткость и демпфирование подвески [2]. Эти испытания позволяют оценить поведение подвески в различных режимах работы.
- Инструментальные методы: Данные методы предполагают использование специализированного оборудования для измерения геометрических параметров подвески, таких как углы установки колес, величина дорожного просвета и положение осей. Полученные данные позволяют оценить состояние подвески и выявить нарушения ее геометрии [3, с. 328]. Важность поддержания правильной геометрии подвески заключается в обеспечении оптимальной управляемости и снижении износа шин.
- Компьютерная диагностика: С развитием электронных систем управления автомобилем все большее значение приобретают методы компьютерной диагностики, позволяющие считывать данные с датчиков подвески, анализировать параметры работы электронных систем управления подвеской и выявлять неисправности в их работе [5, с. 155]. Компьютерная диагностика позволяет оперативно выявлять сбои в электронных системах и корректировать параметры управления подвеской.

Однако, перечисленные методы имеют недостатки, в частности субъективность оценки, низкую точность и ограниченную возможность выявления скрытых дефектов.

В последние годы отмечается значительный прогресс в разработке и внедрении передовых технологий в диагностику подвесок легковых автомобилей. Особое внимание уделяется использованию современных сенсоров, методов обработки данных и искусственного интеллекта (ИИ).

Одним из перспективных направлений развития является интеграция датчиков ускорения, деформации, давления и других параметров непосредственно в компоненты подвески, что позволяет в режиме реального времени отслеживать их состояние и выявлять отклонения от нормы [5, с. 67]. Собранные данные могут быть использованы для построения математических моделей, точно описывающих поведение подвески в различных условиях эксплуатации.

Стоит также упомянуть методы машинного обучения, методы неразрушающего контроля и методы технического зрения. Методы машинного обучения позволяют анализировать большие объемы данных, полученных с датчиков и сенсоров, для выявления скрытых закономерностей и зависимостей, которые невозможно обнаружить с помощью

традиционных методов [1, с. 543]. На основе этих данных строятся прогностические модели для определения остаточного ресурса компонентов и планирования технического обслуживания и ремонта.

Методы неразрушающего контроля, такие как ультразвуковой контроль, рентгеновский контроль, магнитопорошковый контроль и вихретоковый контроль, позволяют выявлять скрытые дефекты в компонентах подвески, не нарушая их целостности [1, с. 542]. Это дает возможность своевременно обнаруживать трещины, поры и расслоения, предотвращая возможные катастрофические разрушения.

Методы технического контроля позволяют автоматически анализировать изображения компонентов подвески с помощью камер и других оптических устройств [2, с. 33]. На основе анализа изображений распознаются дефекты поверхности, такие как трещины, царапины, деформации и коррозия, а также оценивается степень износа компонентов.

Для небольших сервисов и парков ключевыми критериями выбора диагностического оборудования являются его стоимость, простота использования, скорость работы и надежность результатов.

1. Стенды сбора и анализа данных виброакустической диагностики. Данный метод, рассмотренный в исследовании, основан на регистрации и анализе вибраций и звуковых сигналов от компонентов подвески. Его практическая реализация для малого бизнеса может выглядеть следующим образом:
 - Суть метода: На элементы подвески (амортизаторы, рулевые тяги) устанавливаются портативные пьезоэлектрические или MEMS-акселерометры. Сигналы с датчиков записываются и обрабатываются на ПК со специализированным ПО.
 - Возможность использования: Метод высокоэффективен для выявления начальных стадий износа шаровых опор, сайлентблоков и диагностики амортизаторов (например, по изменению частотных характеристик при разном уровне масла).
 - Пример оборудования: Компактные комплекты на базе датчиков от National Instruments или DEWESoft в сочетании с ПО для спектрального анализа (например, SignalCalc). Более бюджетной альтернативой могут служить адаптированные системы на базе USB-осциллографов (Pico Technology) со специализированными датчиками.
 - Эффективность: Позволяет выявлять дефекты, не обнаруживаемые визуально. Для парка — возможность проводить плановую инструментальную диагностику ходовой части без разборки, что сокращает время простоя транспорта. Для СТО — повышение точности диагностики и, как следствие, доверия клиентов.
2. Мобильные сканеры геометрии подвески. Современные оптические системы 3D-развала-схождения стали значительно доступнее.
 - Пример оборудования: Мобильные 3D-стенды Hunter HawkEye Elite или John Bean AWA-TR. Их ключевое преимущество — высокая скорость настройки и калибровки, что критично для малого сервиса с разнотипным потоком автомобилей.
 - Эффективность: Обеспечивают высокоточный контроль углов установки колес, что напрямую влияет на безопасность и износ шин. Для автотранспортного парка регулярная проверка геометрии позволяет существенно увеличить ресурс шин и снизить общие затраты на содержание.
3. Компактные диагностические сканеры с расширенной функциональностью. Для автомобилей с активными подвесками (например, Magnetic Ride Control у General Motors или Adaptive Damping System у немецких брендов) необходима углубленная компьютерная диагностика.

- Пример оборудования: Сканеры LAUNCH X-431 или Autel MaxiSys. Данные устройства позволяют не только считывать коды ошибок, но и активировать исполнительные механизмы подвески, считывать данные с датчиков уровня кузова и ускорения в реальном времени.
 - Эффективность: для СТО — возможность обслуживать премиальный сегмент и выполнять сложную диагностику. Для парка, эксплуатирующего такие автомобили, — оперативное выявление сбоев в электронных системах без обращения к дилеру.
4. Универсальные стенды диагностики шасси. Комбинированные стенды, позволяющие проводить как механическую проверку (например, на люфт), так и диагностику с помощью имитации дорожных воздействий.
- Пример оборудования: Стенды МАНА серии MSG или Beissbarth EKSP. Хотя их стоимость выше, для специализированного сервиса или крупного парка они окупаются за счет комплексной диагностики за один заезд.
 - Эффективность: Сочетание проверки на люфты, работы подвески при качении и вибрации позволяет быстро и наглядно продемонстрировать клиенту неисправность.

Вывод

В заключение следует отметить, что для небольших сервисов наиболее рациональным является поэтапное внедрение технологий. Первым шагом может стать приобретение современного мобильного 3D-стенда развала-схождения и многофункционального диагностического сканера. Это покрывает значительную часть потребностей в диагностике ходовой части. В свою очередь, виброакустические методы диагностики, несмотря на свою высокую информативность, требуют более глубокой подготовки персонала и инвестиций в оборудование и ПО. Их внедрение целесообразно для специализированных СТО, фокусирующихся на сложных случаях, или для крупных автотранспортных парков в качестве инструмента предиктивного (прогнозного) обслуживания. Для автотранспортных парков ключевой выгодой от внедрения перспективных методов является переход от ремонтов по факту отказа к планово-предупредительному обслуживанию. Это напрямую снижает затраты на ремонт, простои транспортных средств и повышает безопасность эксплуатации. Таким образом, рынок предлагает широкий спектр решений для диагностики подвески, адаптированных под разные бюджеты и задачи. Грамотный подбор оборудования, основанный на анализе целевых автомобилей и экономических расчетах, позволяет даже небольшому сервису или парку значительно повысить эффективность своей работы за счет внедрения перспективных диагностических технологий.

Библиографический список

1. Васильев, Л. А. Методы стендовой диагностики подвески автомобиля / Л. А. Васильев, Д. Р. Горбунова // Студенческая наука - первый шаг в академическую науку : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10-11 классов. В 4-х частях, Чебоксары, 12–13 марта 2024 года. – Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2024. – С. 541-546.
2. Диагностика подвески автомобиля / А. В. Симушкин, Е. М. Минаева, И. Н. Грызлов [и др.] // Перспективы развития науки в современном мире : Сборник научных статей по материалам XIV Международной научно-практической конференции, Уфа, 19 января 2024 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2024. – С. 31-35.
3. Диагностика подвески автомобиля / Д. А. Михалев, М. Е. Чураков, Я. Д. Сергеев [и др.] // Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития :

Сборник XI Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию кафедры Электротехники в Омском сельскохозяйственном институте им. С.М. Кирова (Технического сервиса, механики и электротехники) ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, 29 февраля 2024 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2024. – С. 328-333.

4. Логунов, А. В. Возможности виброакустического исследования и диагностики подвески транспортных средств [Текст] / А. В. Логунов // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2021. — № №1. — С. 164-174. Щербакова, М. П. CAD/CAM/CAE - системы / М. П. Щербакова, А. С. Печурин, Л. В. Березина // Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых, Курск, 01 декабря 2020 года / сборник научных статей Всероссийской научной конференции перспективных разработок, в 2-х томах. Том 2. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 422-425.

5. Разработка учебного стенда диагностики рулевого управления и подвески автомобиля / Р. Ю. Зарипов, Н. С. Сембаев, А. С. Машим [и др.] // Наука и техника Казахстана. – 2022. – № 1. – С. 155-165.

References

1. Vasiliev, L. A. Methods of bench diagnostics of car suspension / L. A. Vasiliev, D. R. Gorbunova // Student science is the first step to academic science: Proceedings of the International student scientific and practical conference with the participation of schoolchildren of grades 10-11. In 4 parts, Cheboksary, March 12-13, 2024. - Cheboksary: Chuvash State Agrarian University, 2024. - Pp. 541-546.

2. Diagnostics of car suspension / A. V. Simushkin, E. M. Minaeva, I. N. Gryzlov [et al.] // Prospects for the development of science in the modern world: Collection of scientific articles based on the materials of the XIV International scientific and practical conference, Ufa, January 19, 2024. – Ufa: Limited Liability Company "Scientific Publishing Center "Vestnik Nauki", 2024. – Pp. 31-35.

3. Diagnostics of vehicle suspension / D. A. Mikhalev, M. E. Churakov, Ya. D. Sergeev [et al.] // Scientific and technical support of the agro-industrial complex, state and development prospects: Proceedings of the XI International scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Department of Electrical Engineering at the S. M. Kirov Omsk Agricultural Institute (Technical Service, Mechanics and Electrical Engineering) FSBEI HE Omsk SAU, Omsk, February 29, 2024. – Omsk: Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, 2024. – Pp. 328-333.

4. Logunov, A. V. Possibilities of vibroacoustic research and diagnostics of vehicle suspension [Text] / A. V. Logunov // Bulletin of SFedU. Technical sciences. - 2021. - No. 1. - P. 164-174. Shcherbakova, M. P. CAD / CAM / CAE - systems / M. P. Shcherbakova, A. S. Pechurin, L. V. Berezina // Innovative potential for society development: a view of young scientists, Kursk, December 01, 2020 / collection of scientific articles of the All-Russian scientific conference of advanced developments, in 2 volumes. Volume 2. - Kursk: South-West State University, 2020. - P. 422-425.

5. Development of a training stand for diagnostics of vehicle steering and suspension / R. Yu. Zaripov, N. S. Sembayev, A. S. Mashim [et al.] // Science and Technology of Kazakhstan. - 2022. – No. 1. – P. 155-165.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

УДК 625.73

*Воронежский государственный
технический университет
аспирант, кафедры строительства
и эксплуатации автомобильных дорог
В.А. Чернухин*

e-mail: vadim.chiernuhin@mail.ru

*Канд. Тех. Наук, доцент кафедры
строительства и эксплуатации
автомобильных дорог*

А.С. Строкин

Россия, г. Воронеж,

e-mail: alexmech23@gmail.com

*Канд. тех. наук, доцент кафедры
строительства БФ*

Т.В. Каратаева

Россия, г. Борисоглебск,

e-mail: almateri@yandex.ru

*аспирант, кафедры строительства
и эксплуатации автомобильных дорог*

М.Г. Пятин

e-mail: maks.5uatin@mail.ru

Россия, г. Воронеж, тел. +7 (473) 236-18-89

Voronezh State

Technical University

*Ph.D student of Pulpit construction
and usages of the car roads*

V.A. Chernukhin

e-mail: vadim.chiernuhin@mail.ru

*Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof.
of the Department of Automobile Road
Construction and Operation*

A.S. Strokin

Russia, Voronezh,

e-mail: alexmech23@gmail.com

*Ph. D. in Engineering, Assoc. Prof. of the De-
partment Construction of the BF*

T.V. Karataeva

Russia, Borisoglebsk,

e-mail: almateri@yandex.ru

*Ph.D student of Pulpit construction
and usages of the car roads*

M.G. Pyatin

e-mail: maks.5uatin@mail.ru

Россия, г. Воронеж, тел. +7 (473) 236-18-89

В.А. Чернухин, А.С. Строкин, Т.В. Каратаева, М.Г. Пятин

РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ КОЛЕИ В АСФАЛЬТОБЕТОННОМ ПОКРЫТИИ НА АВТОДОРОЖНЫХ МОСТАХ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТОЙ

Прогнозирование срока службы асфальтобетонного покрытия на авто-
дорожных мостах с железобетонной плитой является важнейших задач.
Особенностью асфальтобетонных покрытий является значительное измене-
ние их характеристик в течение срока службы. Передоложен метод расчета
глубины колеи в асфальтобетонном покрытии на мостах в зависимости от
интенсивности транспортных средств, температуры окружающего воздуха,
различного давления шин, толщины асфальтобетонного покрытия с исполь-
зованием аналитических методов.

Ключевые слова: Асфальтобетонное покрытие, остаточные деформации, глубина колеи,
колиеобразования, пластического деформирования, температура, транспортный поток.

V.A. Chernukhin, A.S. Strokin, T.V. Karataeva, M.G. Pyatin

CALCULATION OF TRACK DEPTH IN ASPHALT CONCRETE PAVEMENT ON ROAD BRIDGES WITH REINFORCED CONCRETE SLAB

Forecasting the service life of asphalt concrete pavement on road bridges
with reinforced concrete slabs is an important task. A special feature of asphalt
concrete pavements is a significant change in their characteristics during their ser-
vice life. The method of calculating the depth of track in asphalt concrete pave-

ment on bridges has been changed depending on the intensity of vehicles, ambient air temperature, different tire pressure, and thickness of asphalt concrete pavement using analytical methods.

Keywords: Asphalt concrete pavement, residual deformations, track depth, coliation, plastic deformation, temperature, traffic flow.

В рамках проблемы повышения долговечности асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах одной из важнейших задач считают сохранение ровности покрытия во времени. Исследования состояния асфальтобетонного покрытия показывает, что образование колеи опасной глубины составляет от 25-30% всех причин снижения транспортно-эксплуатационного качества автодорожных мостов и дорог. Предупреждения образования колеи является чрезвычайно важной задачей. Недостатком нормативных документов по проектированию мостов является отсутствие разделов по прогнозированию состояния асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах в процессе его службы. Предложен метод по прогнозированию остаточных пластических деформаций в асфальтобетоне, которые проявляются в виде колеи на покрытии автодорожных мостов от воздействия колес транспортных средств и температуры.

Основываясь на отечественных и зарубежных исследованиях образования колеи в асфальтобетонном покрытии на автодорожных мостах обусловлены совместным воздействием основных факторов:

1. Накопление пластических деформаций в асфальтобетоне под действием вертикального давления колеса, в первую очередь, грузовых транспортных средств в жаркий летний период года. Этот фактор характерен в основном на правых полосах проезжей части моста. Температура покрытия в полосе наката повышается за счет трения колеса транспортного средства с увеличением интенсивности движения.

2. Истирание асфальтобетона резиновыми шинами, как правило, сопровождается дополнительным абразивным истиранием асфальтобетона твердыми мелкими частицами. Износ материала покрытия учитывая, истирания асфальтобетона не шипованные резиновыми шинами транспортных средств всех типов. Интенсивность истирания асфальтобетона зависит не только от его состава, а также от температуры.

3. Износ асфальтобетона шипованными шинами в зимних условиях, истирание асфальтобетона шипами при проскальзывании деформированной шины в плоскости ее контакта с покрытием. Этот фактор действует преимущественно на левой полосах проезжей части, где преобладает движение легковых транспортных средств, имеющих шипованные колеса.

4. Образование интенсивной колеи в асфальтобетонном покрытии на автодорожных мостах также происходит из-за недостаточного сцепления между асфальтобетонными слоями, а также между асфальтобетонным покрытием, гидроизоляцией и бетонным основанием.

Расчет глубины колеи в асфальтобетонном покрытии. Метод заключается в расчете глубины колеи в асфальтобетонном покрытии на автодорожных мостах от действия колес и температуры с учетом трения шины.

Базируясь на теоретических основах предлагается методика для расчета глубины колеи, которая состоит из нескольких блоков: последовательность метода расчета состоит из следующих этапов. Определение температуры асфальтобетона в полосе наката с учетом воздействия солнечной радиации и взаимодействия колес транспортных средств с асфальтобетонным покрытием при их качении. Определение фактического суммарного количества прикладываемых нагрузок $N_{сф}$, которая базируется на параметрах режимов вертикальной нагрузки от действия колес транспортного средства. Определяется расчетная глубина пути по математической модели, определяется с учетом исходных данных общая глубина колеи, определяется максимальная глубина колеи.

Асфальтобетонное покрытие на автодорожных мостах с глубиной колеи больше предельно допустимых значений, относится к опасным для движения транспортных средств и требует немедленного проведения ремонтных работ по устранению колеи. Поэтому, в качестве предельного состояния для асфальтобетонного покрытия принята предельно допустимая глубина колеи. Это означает, что образованная за расчетный срок службы максимальная глубина колеи в асфальтобетонном покрытии не должна превышать предельного значения $h_{ГД}$. Определение общей глубины пути $h_{заг}^{ср}$ в асфальтобетонном покрытии, с учетом подходов А. П. Васильева, устанавливаются по зависимости

$$h_{заг}(\sum N_{сф}, t_{нф}, T) = h_p(\sum N_{сф}, t_{нф}, T) + h_{\tau}(N_{сф}) + h_{\Delta} + h_{вып}, \quad (1)$$

где $h_p(\sum N_{сф}, t_{нф}, T)$ – расчетная глубина колеи в асфальтобетонном покрытии;

$h_{\tau}(N_{сф})$ – износ покрытия в полосе наката, который зависит от интенсивности движения транспортных средств и срока службы асфальтобетонного покрытия, м;

h_{Δ} – глубина колеи вследствие доуплотнения асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах принимается для расчетов 2 мм.

$h_{вып}$ – высота выпора колеи, м.

$$h_{N+1} = \frac{1}{2}(\beta \cdot c_p \cdot R)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{3 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{\psi_T(t', T) \cdot a_1^4}{H_{a/b} \cdot R \cdot b} \cdot \left(\sqrt{\frac{c_p + \beta}{c_p}} + 1 \right) \right)^{\frac{2}{3}} \cdot (1 + \vartheta \cdot (N-1)^k)^{\gamma} \cdot W \cdot K_k, \quad (2)$$

где ϑ , k , γ – параметры, устанавливаемые экспериментально и отражают влияние циклической нагрузки на образование колеи в асфальтобетоне при повторном проезде N колеса. Параметр ϑ изменяется в пределах от 0,1 до 0,8, а k от 1 до 2 и γ от 0,01 до 0,08.

W – функция, отражающая влияние комбинации причин образования колеи от внутренних факторов (вид функции и параметров устанавливается экспериментально или принимается для расчетов по таблице 1).

$$W = \sum_{j=1}^n \frac{(h_{ij} - h_{0j})}{(n \cdot H)}, \quad (3)$$

где h_{ij} – деформация в точке после 10000 циклов, мм;

h_{0j} – начальное измерение в точке;

H – толщина образца, мм;

N – количество измерений глубины пути.

Таблица 1

Параметр, влияние комбинации причин образования колеи от внутренних факторов

Вид асфальтобетона	параметр W
Тип Б	0,049
Тип А	0,036
ЩМА – 11	0,058
ЩМА – 16	0,042
ЩМА – 22	0,023

В качестве исходных величин задаются следующие параметры:

b – ширина колеса, м;

c_p – пластическая постоянная, Па/м,

R – радиус колеса, м,

H – толщина покрытия, м.

Коэффициент бокового деформирования K_k . В случае отсутствия данных K_k для расчета принимают значение, равное единицы. Пластическую постоянную $c_p = K_0$ с определяют с учетом зависимости K_0 или принимают значение 0,018 Па/м.

Износ покрытия возможно рассчитать по выражению

$$h_r(N_{cf}) = (A \cdot N_{cf} + B) \cdot T_p, \quad (4)$$

где A, B – параметры износа асфальтобетонного покрытия от действия шипованных колес транспортных средств, параметры принимаются: $A=0,00009$; $B=0,143$, мм;

T_p – срок службы покрытия, годы.

Расчет общей глубины колеи в асфальтобетонном покрытии на автодорожных мостах в зависимости от интенсивности транспортных средств, температуры, различного давления и толщины покрытия по расчетной модели. Использование аналитических расчетов, заложенных в метод, позволяет установить среднюю величину общей глубины колеи для заданных параметров движения автомобильного транспорта. Гибкость метода заключается в охвате широкого круга параметров, имеющих влияние на формирование колеи в асфальтобетонном покрытии, к ним можно отнести такие как: термореологические, рецептурно-структурные, конструктивные, технологические, дорожно-климатические, интенсивность движения, нагрузка и т. д. Вместо этого, для большинства практических задач для получения приближенной оценки максимальной глубины пути более удобным является номограммный способ.

Выбирается из альбома необходимая номограмма с заданными параметрами асфальтобетонного покрытия на автодорожном мосту, который эксплуатируется в конкретной дорожно-климатической зоне, а затем путем линейной интерполяции отыскивает удельную величину колеи.

Также предлагается линейное уравнение с доверительным приближением ($R_2=0,99$), на основе которого могут быть получены номограммы для прогнозирования глубины колеи в асфальтобетонном покрытии в зависимости от интенсивности и действия нагрузка по зависимости

$$h_p = A + B + N_{cf} + C \cdot s, \quad (5)$$

где A, B, C – параметры аппроксимации приведены в таблице 2;

s – безразмерный параметр, который зависит от удельного давления ($s = p/g$)

g – переводной параметр (1 МПа);

p – удельное давление необходимо принимать по таблице 2, МПа

Таблица 2

Расчетные параметры для прогнозирования колеи

Вид асфальто-бетона	Параметры аппроксимации, мм			Нормативное статическое нагрузка на ось, кН	Удельное давление p , МПа	Категория автомобильных дорог
	A	B	C			
ЩМА – 11	-0.2726	0.000104	1.0845	130, 115	0.9, 0.8	I, II, III
ЩМА – 16	-0.2694	0.000103	1.0718	130, 115	0.9, 0.8	I, II, III
ЩМА – 22	-0.2656	0.000102	1.0565	130	1.0, 0.9	I, II, III
Тип А	-0.3593	0.000138	1.4291	130, 115	0.9, 0.8	I, II, III
Тип Б	-0.5703	0.000218	2.2685	115, 100	0.8	III, IV

Используя зависимость, максимальное значение глубины колеи в асфальтобетонном покрытии с соответствующей обеспеченностью определяется по формулой

$$h^{\max}(\sum N_{сф}, t_{нф}, T) = h_{заг}(\sum N_{сф}, t_{нф}, T) \cdot (1 + t_{\delta\phi} + C_v), \quad (6)$$

где $t_{\delta\phi}$ – коэффициент доверительной вероятности;

C_v – коэффициент вариации глубины колеи (таблица 3).

Коэффициент вариации глубины колеи на асфальтобетонном покрытии C_v установлен на основе литературных данных с учетом автомобильных дорог различных категорий.

Таблица 3

Значения коэффициента вариации

Категории дорог	коэффициента вариации C_v
I	0,23
II	0,25
III	0,26
IV	0,29

Получено по формуле значение максимальной глубины колеи h_{\max} сравнивают по условию (таблица 1). При выполнении условия асфальтобетонное покрытие на автодорожных мостах с железобетонной плитой проезжей части удовлетворяет условию долговечности по критерию обеспечения поперечной ровности.

Выводы

1. Полученное с помощью математической модели линейное уравнение с доверительной аппроксимацией ($R_2=0,99$) с помощью которого можно получать номограммы для определения глубины колеи в асфальтобетонном покрытии в зависимости от интенсивности и действия нагрузки и удельного давления, а также соответствующей категории автомобильных дорог.

2. Представлен метод расчета устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеи на автодорожных мостах с железобетонной плитой проезжей части, от действия вертикальных нагрузок колес транспортных средств, который учитывает комплексное действие основных факторов: термовязкоупругие свойства асфальтобетона; температуру асфальтобетона; вертикальное давление на покрытие колес; интенсивность приложения вертикальных нагрузок; время действия нагрузок.

Библиографический список

1. Колбановская А. С. Дорожные битумы / Колбановская А. С., Михайлов В. В. – М.: «Транспорт», 1973. – 264 с.
2. Гохман Л.М., Золотарев В.А., Гезенцев Л.Б. Исследование деформационной устойчивости асфальтобетона с применением ПБВ в статистическом и динамическом режимах деформирования: Труды СоюздорНИИ, 1977. - № 89. -С. 68-87.
3. Калгин Ю.И. Перспективные технологии строительства и ремонта дорожных покрытий с применением модифицированных битумов / Ю.И.Калгин, А.С. Строкин, Е.Б. Тюков. – Воронеж: ОАО Воронежская областная типография, 2014 г. – 224 с.
4. Калгин Ю.И. Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов / Ю. И. Калгин - Воронеж: изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2006. – 272 с.
5. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия на модифицированных битумах. /А.В. Руденский, Ю.И. Калгин; Воронеж.гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2009. – 143 с.

6. Жабцев. А.В. Повышение устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеи на автодорожных мостах /Строкин А.С., Тюков Е.Б. / Научный журнал высокие технологии в строительном комплексе. – 2022. - №2. - С.131-135.
7. Жабцев. А.В. Повышение устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеи на автодорожных мостах /Строкин А.С., Тюков Е.Б., Жуков Н.К. / Научный журнал высокие технологии в строительном комплексе. – 2023. - №1. - С.48-53. 135
8. Жабцев. А.В. Принцип расчета устойчивости колееобразования асфальтобетонного покрытия на автодорожных мостах с железобетонной плитой /Строкин А.С., Матвиенко Ф.В. Сапиг Г.А. / Научный журнал высокие технологии в строительном комплексе. – 2025. - №1. - С.82-86.
9. Горелышев Н.В. Асфальтобетон и другие битумоминеральные материалы / Н.В. Горелышев. – М.: Можайск-Терра, 1995. – 176 с.
10. Molenaar, J.M.M. An investigation into the specification of rheological properties of polymer modified bitumen / J.M.M. Molenaar, E.T. Hagos, M.F.C. Van De Ven // Proceedings 3rd Eurasphalt & Eurobitume Congress. 12–14 may 2004. – Vienna, 2004. – P. 2080–2091.

References

1. Kolbanovskaya A. S. Road bitumen / Kolbanovskaya A. S., Mikhailov V. V.-M.: "Transport", 1973. - 264 p.
2. Gokhman L.M., Zolotarev V.A., Gezentsvey L.B. Investigation of deformation stability of asphalt concrete using PBB in statistical and dynamic modes of deformation: Proceedings of Soyuzdornii, 1977. - No. 89. - pp. 68-87.
3. Kalgin Yu. I. Promising technologies for construction and repair of road surfaces using modified bitumen / Yu. I. Kalgin, A. S. Strokin, E. B. Tyukov. - Voronezh: Voronezh regional printing house, 2014 – 224 p.
4. Kalyagin Yu.I. Road bitumen-mineral materials based on modified bitumen / Yu. I. Kalgin - Voronezh: Publishing House of Voronezh State University, 2006. - 272 p.
5. Rudensky A.V. road asphalt concrete coatings on modified bitumen. / A.V. Rudensky, Yu. I. Kalgin; Voronezh. state. arch. - builds. UN-T.-Voronezh, 2009. - 143 p.
6. Zhabtsev. A.V. Increasing the stability of asphalt concrete pavement to the formation of a track on road bridges /Strokin A.S., Tyukov E.B. / Scientific journal high technologies in the construction complex. - 2022. - No. 2. - pp.131-135.
7. Zhabtsev. A.V. Increasing the stability of asphalt concrete pavement to track formation on highway bridges /Strokin A.S., Tyukov E.B., Zhukov N.K. / Scientific Journal high technologies in the construction complex. – 2023. - No.1. - pp.48-53.
8. Zhabtsev, A.V. The principle of calculating the stability of asphalt pavement formation on highway bridges with reinforced concrete slabs /Strokin A.S., Matvienko F.V. Sapigo G.A. / Scientific Journal High Technologies in the construction complex. – 2025. - No. 1. - pp.82-86.
9. Gorelyshev N. V. asphalt Concrete and other bituminous materials / N. V. Gorelyshev. - M.: Mozhaishk-Terra, 1995. - 176 p.
10. Molenaar, J.M.M. An investigation into the specification of rheological properties of polymer modified bitumen / J.M.M. Molenaar, E.T. Hagos, M.F.C. Van De Ven // Proceedings 3rd Eurasphalt & Eurobitume Congress. 12–14 may 2004. – Vienna, 2004. – P. 2080–2091.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ

УДК 625.72

*Воронежский государственный
технический университет*

Канд. техн. наук, доцент

О.А. Волокитина;

Россия, г. Воронеж, тел. +7-910-349-72-56

e-mail: dixi.o@mail.ru

*Воронежский государственный
технический университет*

*Студент 4 курса Дорожно-транспортного
факультета*

Д.Р. Бахметьев

Россия, г. Воронеж, тел. +7(930) 420-06-64

e-mail: bakhmetev-danil@mail.ru

*Воронежский государственный
технический университет*

*Студент 4 курса Дорожно-транспортного
факультета*

В.А. Гелунов

Россия, г. Воронеж, тел. +7(930) 406-79-15

e-mail: gelunov36@gmail.com

Voronezh State

Technical University

Cand. Of Tech. Science, Associate prof.

O.A. Volokitina;

Russia, Voronezh, tel. +7-910-349-72-56

e-mail: dixi.o@mail.ru

Voronezh State

Technical University

*Fourth year student of the Faculty of Roads
and Transport*

D.R. Bakhmetev

Russia, Voronezh, tel. +7(930) 420-06-64

e-mail: bakhmetev-danil@mail.ru

Voronezh State

Technical University

*Fourth year student of the Faculty of Roads
and Transport*

V.A. Gelunov

Russia, Voronezh, tel. +7(930) 406-79-15

e-mail: gelunov36@gmail.com

О.А. Волокитина, Д.Р. Бахметьев, В.А. Гелунов

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В статье рассматриваются современные методы применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сфере дорожного строительства и проектирования.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты (БПЛА), проектирование дорог, мониторинг состояния дорог, аэрофотокамеры, лидары.

O.A. Volokitina, D.R. Bakhmetev, V.A. Gelunov

THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE CONSTRUCTION AND DESIGN OF HIGHWAYS

The article discusses modern methods of using unmanned aerial vehicles (UAVs) in the field of road construction and design.

Keywords: unmanned aerial vehicles (UAVs), road design, road condition monitoring, aerial cameras, lidars.

В современных условиях развития строительной отрасли особую актуальность приобретает внедрение инновационных технологий, позволяющих повысить эффективность и точность выполняемых работ. Одним из перспективных направлений является использование беспилотных летательных аппаратов при проектировании и строительстве автомобильных дорог.

Беспилотные летательные аппараты представляют собой автоматизированные системы, способные выполнять аэрофотосъемку и другие виды мониторинга территории без непосредственного участия оператора в полете. В дорожном строительстве БПЛА используются для:

- топографической съемки местности
- создания цифровых моделей рельефа
- контроля хода строительства
- мониторинга состояния существующих дорог
- оценки объемов земляных работ.

Диагностика состояния дорожного полотна является ключевым аспектом мониторинга. С помощью БПЛА осуществляется выявление различных деформаций и повреждений покрытия, включая трещины, выбоины, просадки и пучинистость. Особое внимание уделяется состоянию обочин, откосов и дорожных сооружений, что позволяет своевременно обнаруживать потенциальные проблемы и предотвращать их развитие.

Процесс мониторинга начинается с предварительной подготовки, включающей составление детального плана полета, настройку необходимого оборудования и определение контрольных точек. На этом этапе производится расчет параметров съемки, необходимых для получения максимально точных данных о состоянии дорожного полотна.

Выполнение полетов осуществляется с использованием специализированного оборудования, включающего аэрофотокамеры и лидарные сканеры. Аэрофотосъемка позволяет получать детальные изображения дорожного покрытия с высокой точностью, а лидарное сканирование обеспечивает точное измерение геометрических параметров и определение высотных отметок.

Полученные в ходе полетов данные подвергаются тщательной обработке. На этом этапе создаются ортофотопланы и трехмерные модели участков дороги, проводится сравнительный анализ состояния дорожного покрытия в динамике. Обработка данных позволяет выявить даже незначительные дефекты и деформации, которые могут быть незаметны при наземном обследовании. На основе полученных данных формируется подробная отчетная документация, которая служит основой для планирования ремонтных работ и принятия управленческих решений.

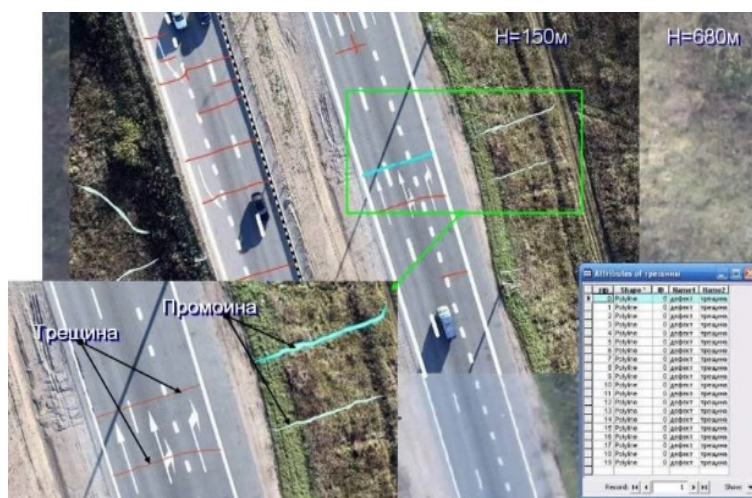


Рис. Диагностика состояния дорожного полотна с использованием БПЛА

Подводя итог, можно говорить о том, что применение беспилотных летательных аппаратов в дорожном строительстве и проектировании демонстрирует высокую эффективность и перспективность. Внедрение данных технологий позволяет существенно повысить качество и точность выполняемых работ, сократить временные и финансовые затраты, а также обеспечить более высокий уровень контроля над процессом строительства.

Библиографический список

1. Методические рекомендации по применению БПЛА в инженерных изысканиях. – М.: Росавтодор, 2024.
2. [Электронный ресурс] – http://www.ngic.ru/ngic_pr_3.4.html.

References

1. Methodological recommendations on the use of UAVs in engineering research. Moscow: Rosavtodor Publ., 2024.
2. [Electronic resource] – http://www.ngic.ru/ngic_pr_3.4.html.

*Воронежский государственный
технический университет
Аспирант кафедры строительной техники
и инженерной механики им. профессора
Н.А. Ульянова
Н.С. Жидких
Студент факультета инженерных систем
и сооружений Е.А. Логунова
Студент факультета машиностроения и
аэрокосмической техники А.А. Андрейкин
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (960) 113-99-66
e-mail: info@vrtx-lab.ru*

*Voronezh State
Technical University
Postgraduate student of the Department
of Construction Machinery and Mechanical
Engineering named after Professor
N.A. Ulyanov N.S. Zhidkikh
Student of the Faculty of Engineering Systems
and Structures E.A. Logunova
Student of the Faculty of Mechanical
and Aerospace Engineering A.A. Andreikin
Russia, Voronezh, tel. +7 (960) 113-99-66
e-mail: info@vrtx-lab.ru*

Н.С. Жидких, Е.А. Логунова, А.А. Андрейкин

УТОЧНЕНИЕ УСЛОВИЙ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ПРОТЕКТОРА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШИНЫ ГОНОЧНОГО АВТОМОБИЛЯ КЛАССА «ФОРМУЛА СТУДЕНТ»

В статье рассматривается порядок измерения твердости протектора пневматических шин гоночных автомобилей класса «Формула Студент» в условиях проведения международных инженерных соревнований «ФС Россия».

Ключевые слова: Формула Студент, гоночный автомобиль, пневматическая шина, твердость протектора, дюрометр Шора

N.S. Zhidkikh, E.A. Logunova, A.A. Andreikin

CONDITIONS CLARIFICATION OF PNEUMATIC TIRE TREAD HARDNESS DETERMINATION OF FORMULA STUDENT RACING CAR

The article discusses the procedure for measuring the tread hardness of pneumatic tires of Formula Student racing cars in the context of the FS Russia international design competitions.

Keywords: Formula Student, racing car, pneumatic tire, tire tread hardness, Shore durometer

Роль пневматической шины как компонента автомобиля исключительна – только через нее автомобиль как динамическая система связан с опорной поверхностью. При этом в пятне контакта генерируются силы, приводящие автомобиль в движение относительно опорной поверхности [1].

В гоночном автомобиле роль шины еще более значима, поскольку благодаря точности расчетов ее многочисленных параметров и коэффициентов может быть достигнуто конкурентное преимущество на трассе [2, 3]. Активно внедряемые технологии создания цифровых прототипов и двойников в автомобилестроении и автоспорте уже демонстрируют повышение предиктивности тягово-скоростных характеристик, что позволяет достичь максимальной производительности в реальных условиях [4].

Однако, на этапе обучения получить опыт реальной работы над высокоскоростными автомобилями зачастую возможно лишь единицам, поскольку рынок труда в автоспорте довольно ограничен. Эту проблему решает международный проект «Формула Студент», обеспечивая студентам-инженерам возможность реализовать на практике знания, получаемые в процессе обучения. В рамках проекта команды со всего мира создают и испытывают гоночные болиды по единому международному регламенту, находясь в конкурентных условиях равного дефицита знаний и материальных ограничений [5].

В условиях «Формулы Студент» немаловажную роль играет работа с шинами – зачастую команды, имеющие возможность производить динамические расчеты автомобилей на основании данных стендовых испытаний шин, получают преимущество за счет более предсказуемой работы автомобилей и, как следствие, более информативной обратной связи для пилота. При этом необходимо обеспечить валидацию полученных динамических моделей, а также контроль за состоянием шин – для этого может служить показатель твердости протектора, оперативно измеряемый дюрометром Шора типа А (рис.).

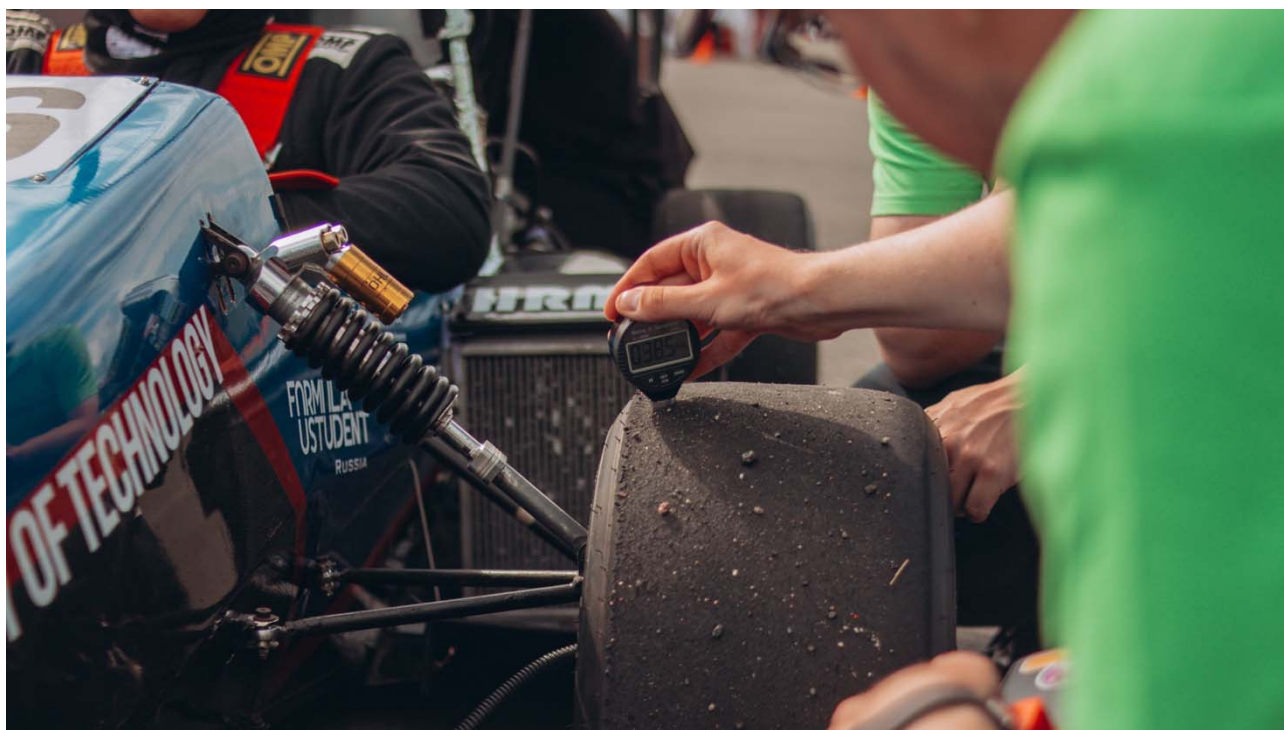


Рис. Измерение твердости протектора дюрометром Шора (тип А)

Рекомендации по измерению твердости [6] при этом не могут быть обеспечены в полной мере в условиях проведения соревнований ввиду ряда организационных ограничений. Этот вопрос требует выделения отдельных лиц и временных рамок, а также предоставления помещения с необходимыми условиями внешней среды, что требует увеличения финансирования на организацию и сжатия временных рамок основных процессов соревнования.

При проведении измерений твердости протектора на «Формуле Студент Россия» на территории автодрома «Игора Драйв» в Ленинградской области в июле-августе необходимо учитывать следующие условия и ограничения:

1. Измерения могут проводиться дюрометром Шора типа А и сопровождаться фиксацией температуры поверхности протектора ИК-пирометром.

2. Поверка дюрометра может быть произведена до проведения соревнования, однако прибор может быть поврежден при транспортировке, что требует его повторной калибровки непосредственно на автодроме.

3. Измерения не могут быть проведены в стандартных условиях, поскольку автодром не располагает отдельным лабораторным помещением. Требуется проводить корректировку данных через поправочные коэффициенты.

4. Чистота и ровность поверхности измерения может быть обеспечена путем осторожного механического воздействия на протектор шины.

5. Полнота прилегания опорной площадки дюрометра может быть обеспечена при достаточной чистоте поверхности протектора – необходимо исключить попадание мелких камней в область измерения.

6. Перпендикулярность дюрометра по отношению к поверхности измерения может быть обеспечена подручными средствами, однако точное измерение временного интервала после прекращения хода индентора не представляется возможным.

7. Количество точек измерения может быть обеспечено в полном объеме.

8. Количество сечений измерения также может быть обеспечено в полном объеме.

9. Первое измерение (H_0) и измерение после заезда (H_1) и через 30-60 минут (H_2) могут быть проведены без ограничений, однако через 12 часов (H_3) доступ к автомобилям ограничен, поскольку команды покидают место проведения соревнования через 3-6 часов после окончания последнего динамического испытания. Необходимо ввести поправочный коэффициент для оценки необратимых изменений.

10. Фиксация результатов и условий проведения измерений может быть ограничена доступом к данным о температуре и влажности воздуха непосредственно в месте проведения соревнований, что требует наличия собственного дополнительного оборудования.

Таким образом, при проведении измерений твердости протектора шин автомобилей класса «Формула Студент» на соревнованиях «ФС Россия» требуется корректировать целый ряд ограничений, не позволяющих получить объективные данные. Введение поправочных коэффициентов может служить наиболее точным методом, однако это может повлиять на точность и достоверность данных при росте их объема. Для достижения наибольшей достоверности предлагается ввести процедуру измерения твердости протекторов как обязательную для каждой студенческой команды, выделив отдельные временные слоты, а также оборудованную зону для ее выполнения.

Библиографический список

1. Hays D. F., Browne A. L. (eds.) The Physics of Tire Traction: Theory and Experiment. — New York: Springer, 1974. — 428 p.

2. Smith C. Tune to Win: The art and science of race car development and tuning for competition. — Fallbrook, CA: Aero Publishers, 1984. — 278 p.

3. Milliken W. F., Milliken D. L. Race Car Vehicle Dynamics. — Warrendale, PA: SAE International, 1995. — 890 p.

4. Жидких, Н. С. Разработка V-модели управления проектами по созданию новых моделей автомобилей с применением технологий цифровых двойников / Н. С. Жидких, И. В. Поцбенева, А. В. Смольянинов // Качество и жизнь. — 2023. — № 2(38). — С. 3-9. — DOI 10.34214/2312-5209-2023-38-2-03-09. — EDN VMKICE.

5. Организация процесса разработки автомобиля на примере студенческой инженерно-гоночной команды / Н. С. Жидких, Д. С. Мацокин, А. А. Андрейкин, Е. А. Логунова // Высокие технологии в строительном комплексе. — 2024. — № 2. — С. 52-55. — EDN HWMGFD.

6. Жидких, Н. С. Измерение твердости протектора пневматической шины типа слик как оперативного индикатора ее работоспособности и тягово-сцепных свойств / Н. С. Жидких, В. А. Жулай // Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации : Материалы 124-й Международной научно-технической конференции, Иркутск, 17–19 сентября 2025 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2025. – С. 188-192. – EDN VPBGIG.

References

1. Hays D. F., Browne A. L. (eds.) The Physics of Tire Traction: Theory and Experiment. — New York: Springer, 1974. — 428 p.
2. Smith C. Tune to Win: The art and science of race car development and tuning for competition. — Fallbrook, CA: Aero Publishers, 1984. — 278 p.
3. Milliken W. F., Milliken D. L. Race Car Vehicle Dynamics. — Warrendale, PA: SAE International, 1995. — 890 p.
4. Zhidkikh, N. S. Development of a V-model of project management for the creation of new models of cars using digital twin technologies / N. S. Zhidkikh, I. V. Potsebnaya, A.V. Smolyaninov // Quality and life. – 2023. – № 2(38). – Pp. 3-9. – DOI 10.34214/2312-5209-2023-38-2-03-09. – EDN VMKICE.
5. Organization of the car development process using the example of a student engineering racing team / N. S. Zhidkikh, D. S. Matsokin, A. A. Andreikin, E. A. Logunova // High technologies in the construction complex. – 2024. – No. 2. – pp. 52-55. – EDN HWMGFD.
6. Zhidkikh, N. S. Measuring the tread hardness of a slick type pneumatic tire as an operational indicator of its operability and traction properties / N. S. Zhidkikh, V. A. Zhulai // Safety of wheeled vehicles in operating conditions : Proceedings of the 124th International Scientific and Technical Conference, Irkutsk, September 17-19, 2025. Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University, 2025. – pp. 188-192. – EDN VPBGIG..

*Воронежский государственный
технический университет
Студент факультета инженерных систем
и сооружений Е.А. Логунова
Канд. техн. наук, доцент кафедры техно-
сферной и пожарной безопасности
Д.В. Каргашилов
Россия, г. Воронеж, тел. +7 (473) 207-22-20
e-mail: eloguniova@cchgeu.ru*

*Voronezh State
Technical University
Student of the Faculty of Engineering Systems
and Structures E.A. Logunova
Ph.D (Engineering), Docent of the Department
of Technosphere and Fire Safety
D.V. Kargashilov
Russia, Voronezh, tel. +7 (473) 207-22-20
e-mail: eloguniova@cchgeu.ru*

Е.А. Логунова, Д.В. Каргашилов

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОБУСОВ В РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЛУЧШИЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРАКТИКИ

В работе анализируются основные аспекты обеспечения пожарной безопасности российских электробусов, особое внимание уделяется специфическим эксплуатационным рискам, особенностям функционирования тяговых аккумуляторных батарей в российских климатических условиях, а также уязвимостям зарядной инфраструктуры.

Ключевые слова: пожарная безопасность, электромобили, электробус, литий-ионный аккумулятор, тепловой разгон.

Е.А. Logunova, D.V. Kargashilov

FIRE SAFETY OF ELECTRIC BUSES IN RUSSIA: PROBLEMS OPERATION AND INTERNATIONAL BEST PRACTICES

The paper analyzes the main aspects of ensuring fire safety of Russian electric buses, paying special attention to the specific operational risks, the specifics of the functioning of traction batteries in Russian climatic conditions, as well as the costs of charging infrastructure.

Keywords: fire safety, electric vehicles, electric bus, lithium-ion accumulator, thermal acceleration.

В электробусах тяговые аккумуляторы, обычно литий-ионные, представляют собой главный риск. Зарубежные исследования указывают, что возгорания батарей отличаются от обычных автомобильных пожаров. Основной причиной является тепловой разгон, вызываемый повреждениями, перегревом при подзарядке, сбоями в управлении или внешними факторами.

Пожары, вызванные тепловым разгоном, развиваются намного быстрее и сложнее поддаются тушению, чем обычные пожары автомобилей. Управление системой охлаждения и мониторинг состояния батарей имеют решающее значение для предотвращения таких инцидентов. Механические повреждения аккумуляторов – ключевой элемент риска, поэтому важна защита от внешних воздействий [1].

В условиях России к общим опасностям добавляются уникальные обстоятельства: значительные колебания температур (от сильных морозов зимой до жары летом), потенциальные сбои в работе зарядных станций, неполная унификация стандартов безопасности и ограниченное количество статистических и практических исследований, проведенных на российских электромобилях.

Электрические автобусы, как правило, используют литий-ионные аккумуляторы NMC или LFP типов. Литий-ионные элементы отличаются значительной энергетической плотностью, что позволяет увеличить дальность поездок, но также увеличивает вероятность возникновения теплового разгона. Батарейные блоки электробусов состоят из модулей, помещенных в непроницаемые оболочки, оборудованные системой охлаждения (на основе воздуха или жидкости) и системой управления батареей (BMS). Именно правильное функционирование BMS гарантирует предотвращение опасных ситуаций, таких как: избыточный заряд или разряд, локальный перегрев и превышение тока.

В контексте пожарной безопасности ключевыми факторами являются: тип корпуса ячейки (пауч, цилиндрический, призматический), плотность размещения ячеек в модуле, присутствие огнеупорных прокладок, структура каналов для отвода тепла и газов, а также разделение модулей между собой.

В основном, электробусы подзаряжаются в автобусных парках, где имеются в наличии мощные зарядные установки. Ключевые опасности связаны со следующими факторами:

- повреждения шнуров и коннекторов;
- отклонения от правильной последовательности операций при зарядке;
- превышение допустимой температуры зарядной колонки;
- отсутствие надлежащей проверки температурных показателей аккумуляторной батареи перед началом процесса зарядки.

Дополнительные потенциальные проблемы возникают при эксплуатации зарядных станций с пантографами, поскольку вероятность поломок механических компонентов в них повышена.

Для предотвращения указанных рисков необходимо строгое соблюдение регламентов безопасности и регулярное техническое обслуживание зарядного оборудования. Обученный персонал должен проходить инструктаж по технике безопасности и правильному использованию зарядных станций, включая алгоритм действий в штатных и нештатных ситуациях. Важно внедрение автоматизированных систем мониторинга, способных отслеживать параметры зарядки в реальном времени, такие как ток, напряжение, температура, и автоматически отключать зарядку при выявлении отклонений.

В целях минимизации рисков, связанных с повреждением шнуров и коннекторов, следует использовать только сертифицированные и проверенные комплектующие. Необходимо регулярно проводить визуальный осмотр кабелей на предмет трещин, изломов и других дефектов, а коннекторы – на предмет коррозии и повреждений контактов. При обнаружении неисправностей оборудование должно быть немедленно выведено из эксплуатации до проведения необходимого ремонта или замены.

Особое внимание следует уделять контролю температуры зарядной колонки и аккумуляторной батареи. Перегрев может привести к возгоранию или взрыву. Для этого необходимо использовать термодатчики и системы охлаждения, своевременно реагирующие на повышение температуры. Рекомендуется проведение периодических тепловизионных обследований для выявления потенциальных "горячих точек" в зарядном оборудовании.

В случае использования пантографных зарядных станций необходимо проводить регулярную проверку механических компонентов на предмет износа, люфтов и деформаций. Важно обеспечить надежную фиксацию пантографа на электробусе и исключить возможность его случайного отсоединения во время зарядки. Следует также предусмотреть систему защиты от короткого замыкания и перегрузки, способную оперативно отключать питание в случае возникновения аварийной ситуации.

Имея самый большой в мире автопарк электробусов, Китай разработал передовую систему правил безопасности для аккумуляторных батарей. Стандарты GB/T предусматривают всесторонние тесты аккумуляторных систем на устойчивость к разнообразным воздействиям: от внутренних и внешних коротких замыканий до экстремальных температур, механических ударов, вибрации и влажности. Особое значение придается имитации процессов теплового разгона и оценке способности батарейных модулей предотвращать распространение тепла между элементами.

Важным достоинством китайской стратегии является широкое использование систем постоянного мониторинга состояния батарей в режиме реального времени. Эти системы включают датчики температуры, тока, напряжения, давления и газового состава, позволяющие выявлять первые признаки ухудшения состояния ячеек, протечки электролита или выделения газов, предшествующих тепловому разгону. Внедрение этих данных в интеллектуальные системы управления батареями (BMS) позволяет оперативно обнаруживать отклонения, автоматически корректировать режимы работы и, при необходимости, аварийно отключать батарейный блок. Это уменьшает риск серьезных происшествий и значительно повышает надежность электробусов в городских условиях [2].

Электробусы, в отличие от традиционного транспорта, не выделяют вредные вещества в процессе работы, что является их значительным преимуществом. Тем не менее, общая экологичность и эффективность электробусов зависят не только от источников питания для зарядки, но и от методов обращения с аккумуляторными батареями. В регионах с преобладанием угольных или газовых электростанций общий эффект от использования электробусов может быть незначительным [3].

Отработанные аккумуляторы, содержащие активные химические вещества, представляют собой дополнительную опасность для окружающей среды и пожарной безопасности при ненадлежащем обращении или повреждении [4].

Создание эффективной системы для повторного использования и переработки аккумуляторных батарей становится важной задачей с точки зрения экологии и пожарной безопасности. Своевременная переработка минимизирует риск возгораний в поврежденных батареях, уменьшает количество опасных отходов и снижает потребность в разработке новых месторождений редких металлов. Несмотря на это, существующие методы переработки нуждаются в улучшении, а инфраструктура для безопасной утилизации аккумуляторов электробусов находится на стадии развития [5].

Пожарная безопасность электробусов представляет собой комплексную инженерную и организационную задачу, требующую системного подхода на всех стадиях жизненного цикла электрического городского транспорта. Проведенный обзор показал, что ключевые риски, связанные с эксплуатацией электробусов в России, обусловлены сочетанием особенностей тяговых батарей, климатических условий, ограничений существующей зарядной инфраструктуры и недостаточной зрелостью нормативно-правовой базы. Несмотря на то, что частота инцидентов остаётся относительно низкой, характерные сценарии теплового разгона и специфические свойства литий-ионных систем делают последствия возможных возгораний значительно более опасными, чем в традиционном транспорте.

Библиографический список

1. Обзор случаев возгорания аккумуляторов в электромобилях (Электронный ресурс). URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-019-00944-3> (дата обращения: 15.11.2025).
2. Китайские стандарты для электромобилей и аккумуляторов (Электронный ресурс). URL: <https://www.interregs.com/articles/spotlight/219/new-chinese-standards-on-electric-vehicles-and-batteries-published> (дата обращения: 15.11.2025).
3. Актуальные проблемы использования автотранспорта с электродвигателями в условиях мегаполисов / Т. А. Мазикова, А. В. Казьмина, М. Д. Вайло // Концепции развития и эффективного использования научного потенциала общества: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Челябинск, 02 мая 2021 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2021. – С. 131-134.
4. Влияние автотранспорта на экологию / М. К. Козловский // Наука и молодежь : Материалы XX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Барнаул, 17–21 апреля 2023 года. Том 1. Часть 1. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2023. – С. 18-20.
5. Логунова, Е. А. Анализ экологической и пожарной безопасности электромобилей на протяжении всего жизненного цикла / Е. А. Логунова, Д. В. Каргашилов, Н. С. Жидких // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 2(33). – С. 100-107. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.33.2.011. – EDN QFADSB.

References

1. Review of cases of ignition of batteries in electric vehicles (Electronic resource). URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-019-00944-3> (date of access: 11/15/2025).
2. Chinese standards for electric vehicles and batteries (Electronic resource). URL: <https://www.interregs.com/articles/spotlight/219/new-chinese-standards-on-electric-vehicles-and-batteries-published> (date of request: 11/15/2025).
3. Actual problems of using motor vehicles with electric motors in megapolis conditions/T. A. Mazikova, A. V. Kazmina, M. D. Vailo//Concepts of development and effective use of the scientific potential of society: Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Chelyabinsk, May 02, 2021. - Ufa: OMEGA SAINZ Limited Liability Company, 2021. - S. 131-134.
4. The impact of vehicles on the environment/M.K. Kozlovsky//Science and Youth: Materials of the XX All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists, Barnaul, April 17-21, 2023. Volume 1. Part 1. - Barnaul: Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 2023. - S. 18-20.
5. Logunova, E. A. Analysis of the environmental and fire safety of electric vehicles throughout the entire life cycle/E. A. Logunova, D. V. Kargashilov, N. S. Zhidkikh//Housing and communal infrastructure. – 2025. – № 2(33). - S. 100-107. – DOI 10.36622/2541-9110.2025.33.2.011. – EDN QFADSB.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ, МАТЕРИАЛАХ И ИЗДЕЛИЯХ

УДК 62-63

*Воронежский государственный
технический университет
Студент дорожно-транспортного
факультета
К.Д. Воробьев,
e-mail: vorobievkd1454@gmail.com
Канд. техн. наук, доц. кафедры
строительной техники и инженерной
механики имени профессора Н.А. Ульянова
Р.А. Жилин
Россия, г.Воронеж, тел. +7(473) 277-01-29
e-mail: razhilin@yandex.ru*

*Voronezh State
Technical University
Student of the Faculty of Road Transport
Faculty
K.D. Vorobiev,
e-mail: vorobievkd1454@gmail.com
D.Sc.(Engineerin), Associate prof. of the chair
construction machinery and engineering
mechanics of a name of professor N.A. Ulyanov
R.A. Zhilin
Russia, Voronezh, tel. +7(473) 277-01-29
e-mail: razhilin@yandex.ru*

К.Д. Воробьев, Р.А. Жилин

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПИРТОВОГО ТОПЛИВА

В статье рассматриваются перспективы использования спиртового топлива в России, описаны преимущества и недостатки. А так же рассмотрен опыт применения спиртового топлива на примере других стран.

Ключевые слова: спиртовое топливо, бензанола.

K.D. Vorobiev, R.A. Zhilin

PROSPECTS FOR THE USE OF SPIRITS FUEL

The article discusses the prospects of using alcohol fuel in Russia, describes the advantages and disadvantages. The experience of using alcohol fuel on the example of other countries is also considered.

Keywords: alcohol fuel, benzanols.

Первые автомобили с двигателем внутреннего сгорания работающие на привычном современному человеку типе топлива (бензине) начали появляться в Германии в конце XIX века. В 1885 году Карл Бенц построил первый трехколесный автомобиль с одноцилиндровым четырехтактным двигателем внутреннего сгорания работающем на бензине. 29 января 1886 года он получил патент № 37435. А через 4 года миру представили свой автомобиль Готтлиб Даймлер и Вильгельм Майбах, который так же работал на бензине.

Первоначально автомобили были дорогим удовольствием.

Только состоятельные люди могли позволить купить себе автомобиль в XIX веке. Изменил эту тенденцию Генри Форд. Он родился 30 июля 1863 года в семье фермеров-эмигрантов из Ирландии. С самого детства Генри тянуло к механике. В свободное время он

изучал инженерное дело, а после школы устроился инженером на фабрику Эдисона по производству ламп в Детройте. В гараже он экспериментировал с двигателями внутреннего сгорания. В 1893 году у него получилось сконструировать свой первый автомобиль под названием Ford Quadricycle. Благодаря этой машине он смог привлечь 12 инвесторов и основать DAC (Detroit Automobile Company), которая оказалась провальной, после чего в 1903 году Форд основывает Ford Motor Company. В период 1903-1908 годов в компании были разработаны 8 автомобилей, но самой успешной и можно даже сказать культовой стала Ford Model T, которая производилась целых 19 лет и до 1927 года это был единственный автомобиль, который производила Ford Motor Company. Генри Форд будучи сыном обычного фермера понимал, что надо делать упор на массовость и доступность автомобиля. Если в 1908 году Ford произвели около 10000 автомобилей, то к 1913 году, когда началась легендарная конвейерная сборка, эта цифра удесятилась. Причем, несмотря на 90% инфляцию доллара за это время, базовая цена Model T снизилась с \$850 в 1908 году до \$250 к 1925 году. Если в 1908 году средний американец должен был потратить свой почти двухлетний заработок на приобретение Ford Model T, то к середине 1920-х годов на покупку такого автомобиля нужно было отложить всего три месячные зарплаты. Но дешевым был не только сам автомобиль, но и топливо на котором он ездил, так как он мог ездить на этаноле. Что мы получаем в итоге, простой фермер мог дешево купить Model T и сам за копейки производить топливо, которым по сути является спирт, который можно изготавливать из зерновых, а их у фермера как правило в избытке.

Но спирту не было суждено стать лидером благодаря ряду факторов. Во время появления первых двигателей и автомобилей активно развивалась нефтепромышленность. Ключевой фигурой в ее развитии стал Джон Рокфеллер, основатель компании Standard Oil. Благодаря своим управленческим навыкам и грамотным решениям его компания к 1880 году добывала до 95 % нефти Америки. Рокфеллеру было необходимо найти новый рынок сбыта для нефтепродуктов, так как в 1879 году Томас Эдисон запатентовал лампу накаливания с угольным волокном, что в скором времени уничтожило бы бизнес Рокфеллера, основная часть дохода которого шла от продажи керасина для освещения.

Но решающим фактором стал «сухой закон» в США в 1920-1933 годах. 1900-1920 годы в Америке можно назвать эпохой баров и салунов. Население очень много потребляло спиртного и этот факт не нравился многим людям и организациям, начиная от простых жён работяг и церкви, заканчивая крупными владельцами заводов и государством.

«Сухой закон» полностью убил идею, что двигатель внутреннего сгорания может работать на спирте. А благодаря Рокфеллеру инфраструктура бензиновых АЗС стала активно развиваться. Простой гражданин не хотел заправлять автомобиль спиртом, так как мог из-за этого иметь проблемы с законом, было гораздо проще заехать на бензиновую заправку.

Вспоминать про этанол начали только во время арабского нефтяного эмбарго в 1973 году, которое привело к мирному энергетическому кризису, пришлось искать альтернативные источники энергии.

Первый со времен Форда серийный автомобиль, который полностью работал на спиртовом топливе был Fiat 147, представленный в Бразилии в 1978 году. Позже, в начале 1990-х началась разработка системы Flexible-fuel vehicle (FFV). Эта система которая позволяет автомобилю ездить как на бензине, так и на этаноле. Происходит это благодаря внедрения в топливную систему Ethanol content sensor (сенсор определяющий количество этанола в % в топливе). На основании этих данных происходит коррекция подачи топлива. У разных автопроизводителей данная система может иметь разные названия, но суть остается одна. Первый автомобиль с гибким выбором топлива разработан в 1996 году, это был Ford Taurus.

В наше время этанол как топливо для автомобиля используют во многих странах, где как правило мало запасов нефти и газа: Таиланд, Китай, Бразилия, Германия, США и др. Как

правило используют не чистый спирт, а его смесь с бензином, например, самые распространенные E15 (15% спирта, 85% бензина) или E85 (85% спирта, 15% бензина).

Преимущества спиртов:

- Особенностью спиртов является большая скрытая теплота испарения. Благодаря этому температура горючей смеси во время такта впуска более низкая, чем при использовании бензина. Соответственно, заряд в цилиндре получается более плотным, а коэффициент наполнения цилиндров рабочей смесью — более высоким. Это явление называется компрессорным эффектом спиртовых смесей.
- Спирт имеет меньшую теплотворную способность (у этанола 7100 ккал/кг, у бензина 10770 ккал/кг) и требует меньше воздуха для сгорания, чем бензин, соответственно в объеме цилиндра может концентрироваться больше горючей смеси.
- Обогащение смеси позволяет форсировать двигатель без увеличения октанового числа горючего; мощность двигателя повышается за счет роста среднего эффективного давления.
- Температура спиртовой смеси к концу такта сжатия на 100—200° С ниже, чем у бензовоздушной смеси, максимальная же температура сгорания — ниже приблизительно на 200° С. Благодаря этому снижается тепловая напряженность двигателя.
- Более высокое октановое (108-115) число позволяет избегать самопроизвольной детонации в цилиндрах двигателя, а так же позволяет использовать двигатели с более высокой степенью сжатия.
- Спирт выделяет гораздо меньше токсичных веществ, чем бензин, а так же образует меньше нагара.

Недостатки спиртов:

- Из-за более низкой теплотворной способности, удельный расход спиртов будет более высоким, чем у бензина. На практике при использовании смеси E85, расход возрастает на 25%
- Спирт испаряется хуже, чем бензин, поэтому могут возникнуть проблемы с запуском двигателя при низких температурах.
- Гигроскопичность — самый серьезный недостаток спирта. Спирт, свободный от воды, смешивается с бензином в любых соотношениях, но из-за разной плотности бензина и спирта, а также из-за высокой растворимости спиртов в воде эти смеси могут расслаиваться и выпадать в осадок. С понижением температуры и повышением концентрации воды это усугубляется. Например, 15%-ная бензино-метанольная смесь при содержании воды более 0,11% расслаивается при 0° С, при содержании воды более 0,24% — при 20° С. Этот недостаток можно частично исправить, если добавить к смеси этиловый, бензоловый или изобутиловый спирт.
- Метанол активно реагирует со свинцом, т. е. агрессивно действует на свинцово-оловянистую полуду бензобаков. При этом образуется аморфный белый осадок, засоряющий бензопроводы и фильтры. Бензо-метанольные смеси менее активны. В безводных смесях, содержащих 10—15% метанола, сталь, латунь и медь вообще не корродируют, а алюминий корродирует медленно. Присутствие в смеси воды, даже в небольших количествах, ускоряет коррозию алюминия и вызывает начальную коррозию стали. В метаноле и смесях с ним корродирует цинк, а при длительном контакте разлагаются некоторые полимеры, в частности, прокладочный материал — полиметилметакрилат. Этиловый спирт реагирует со свинцом и магнием, но на алюминий действует значительно слабее.

Принимая во внимание все вышеперечисленные факторы, можно сделать вывод, что использование спиртового топлива целесообразно в странах, где дешево производить спирт,

например в Бразилии большая часть автомобилей передвигается на спиртовом топливе, так как страна является крупным производителем сахарного тростника, там дешевая рабочая сила, соответственно и сам спирт дешевый.

В 2004 году вступил в действие ГОСТ Р 52201–2004 на этаноловое моторное топливо. В свою очередь, министерство финансов аннулировало акциз на денатурированный этиловый спирт, если он применяется а производстве бензина АИ-92, а так же был увеличен процент спирта с 1,5% по 10%, что соответствует международному стандарту Е10. Данная инициатива позволит уменьшить дефицит топлива. Возможно, это повлияет и на отечественных производителей автомобилей, и они начнут приспосабливать топливные системы для возможного использования спиртового топлива.

Библиографический список

1. Спирто-бензиновые топливные смеси // «Катера и Яхты, 1984. https://www.barque.ru/shipbuilding/1984/alcohol_gasoline_fuel_mixtures.
2. Роберт Лейси. Форд: Человек и машина/ Роберт Лейси - Бостон :Little, Brown and Company, 1986. - 778 с. - ISBN 0316511668, 9780316511667.
3. Райнер В. Шлегельмильх, Хартмут Лебринк, Йохен фон Остерротт./ Mercedes. - Konemann, 2007. - 600 с. - ISBN 3-8331-1282-4.
4. Джон Рокфеллер: Мемуары миллиардера/ Джон Рокфеллер – Москва: АСТ, 2025. – 512 с. – ISBN 978-5-17-175136-4.
5. Статья «Бензин с 10% спирта: подарок или приговор?» новостное издание «КАРЕЛИЯ.НЬЮС»: <https://karelia.news/news/10179546/benzin-s-10-spirta-podarok-ili-prigovor>.
6. Brusstar M. Sustainable Technology Chooses for Alternative Fuels. USAF XV // International symposium on Alcohol Fuels. September 2005: <http://www.epa.gov>.

References

1. Alcohol-gasoline fuel mixtures // "Boats and Yachts, 1984. https://www.barque.ru/shipbuilding/1984/alcohol_gasoline_fuel_mixtures.
2. Robert Lacey. Ford: Man and Machine/ Robert Lacey - Boston :Little, Brown and Company, 1986. - 778 с. - ISBN 0316511668, 9780316511667.
3. Rainer W. Schlegelmilch, Hartmut Lebrink, Jochen von Osterroth./ Mercedes. - Konemann, 2007. - 600 p. - ISBN 3-8331-1282-4.
4. John Rockefeller: Memoirs of a Billionaire/ John Rockefeller – Moscow: AST, 2025. – 512 p. – ISBN 978-5-17-175136-4.
5. Article "Gasoline with 10% alcohol: a gift or a sentence?" news publication "KARELIYA.NEWS": <https://karelia.news/news/10179546/benzin-s-10-spirta-podarok-ili-prigovor>.
6. Brusstar M. Sustainable Technology Chooses for Alternative Fuels. USAF XV // International symposium on Alcohol Fuels. September 2005: <http://www.epa.gov>.

ФГАОУ ВО Российский
университет транспорта (МИИТ)
Аспирант А.Д. Кирсанов
Россия, г. Москва, тел. +7 (916) 814-15-74
e-mail: kirs4nov.a@yandex.ru
ФГАОУ ВО Российский
университет транспорта (МИИТ)
Канд. техн. наук, доц. кафедры «Наземные
транспортно-технологические средства»
М.Ю. Чалова
Россия, г. Москва, тел. +7 (916) 543-07-67
e-mail: margarita_chalova@mail.ru
ФГАОУ ВО Российский
университет транспорта (МИИТ)
Канд. техн. наук, доц. кафедры «Наземные
транспортно-технологические средства»
И.В. Трошко
Россия, г. Москва, тел. +7 (925) 732-25-20
e-mail: troshko_iv@mail.ru

FSAOU VO Russian University
of Transport (MIIT)
PhD student A.D. Kirsanov
Russia, Moscow, tel. +7 (916) 814-15-74
e-mail: kirs4nov.a@yandex.ru
FSAOU VO Russian University
of Transport (MIIT)
C.Sc. (Engineerin), Doc. of the Ground
transportation and technological means Dept.
M.Yu. Chalova
Russia, Moscow, tel. +7 (916) 543-07-67
e-mail: margarita_chalova@mail.ru
FSAOU VO Russian University
of Transport (MIIT)
C.Sc. (Engineerin), Doc. of the Ground
transportation and technological means Dept.
I.V. Troshko
Russia, Moscow, tel. +7 (925) 732-25-20
e-mail: troshko_iv@mail.ru

А.Д. Кирсанов, М.Ю. Чалова, И.В. Трошко

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПЛАВИЛЬНОЙ КАМЕРЕ СНЕГОТАЯТЕЛЬНОГО ПОЕЗДА

В статье рассмотрено моделирование тепловых процессов в плавильной камере снеготаятельного поезда, оснащённой жаровыми трубами с поперечными пучками труб шахматного расположения. Выполнен анализ температурных полей и распределения теплового потока в зоне взаимодействия продуктов сгорания с внутренними поверхностями жаровых труб и окружающей средой. Оценено влияние геометрии пучка труб и радиационного теплообмена на формирование теплового режима конструкции.

Ключевые слова: путевая снегоуборочная техника, снеготаятельный поезд, плавильная камера, жаровая труба, горелочное устройство, теплообмен.

A.D. Kirsanov, M.Yu. Chalova, I.V. Troshko

SIMULATION OF THERMAL PROCESSES IN THE MELTING CHAMBER OF A SNOW-MELTING TRAIN

The article presents a simulation of thermal processes in the melting chamber of a snow-melting train, equipped with fire tubes containing transverse staggered tube bundles. An analysis of temperature fields and heat flux distribution in the zone of interaction between combustion products and the internal surfaces of the fire tubes and the environment has been performed. The influence of the tube bundle geometry and radiative heat exchange on the formation of the thermal performance of the structure is assessed.

Keywords: railway snow removal equipment, snow-melting train, melting chamber, fire tube, burner device, heat transfer.

Эффективная утилизация снега в условиях мегаполиса является важной задачей городского хозяйства. Снеготаятельные установки и поезда должны обладать высокой производительностью при минимальных энергозатратах. Одним из ключевых элементов, определяющих эффективность плавильной камеры снеготаятельного поезда, является жаровая труба с погружённым в воду поперечным пучком труб [1]. Оптимизация такой конструкции связана с необходимостью обеспечить высокую теплопередачу при ограничениях по аэродинамическому сопротивлению теплового потока и тепловым нагрузкам на стенки.

При определении конфигурации жаровой трубы необходимо учитывать габариты плавильной камеры, требуемый объем воды, тепловую мощность горелки и внешние эксплуатационные условия [1]. Кроме того, предварительно рекомендуется выполнить расчет коэффициентов теплоотдачи для цилиндрической стенки, плоской стенки, а также для пучка труб коридорного или шахматного расположения [2], если конструкция содержит такие участки.

В качестве прототипа рассматривалось известное конструктивное решение, описанное в патенте RU 1239111 U1 [3]. Оно было модернизировано путем увеличения количества поперечных пучков труб и числа труб в каждом пучке. Также было принято решение исключить продольное расположение пучка труб внутри жаровой трубы, чтобы уменьшить аэродинамическое сопротивление и обеспечить более равномерное распределение теплового потока.

В данной статье рассматривается процесс теплообмена между жаровыми трубами и водой в плавильной камере (рис. 1). Конструкция камеры включает:

- корпус (внутренние стенки плавильной камеры);
- жаровые трубы с шахматным расположением поперечного пучка труб;
- трубопровод с форсунками для подачи нагретой воды.

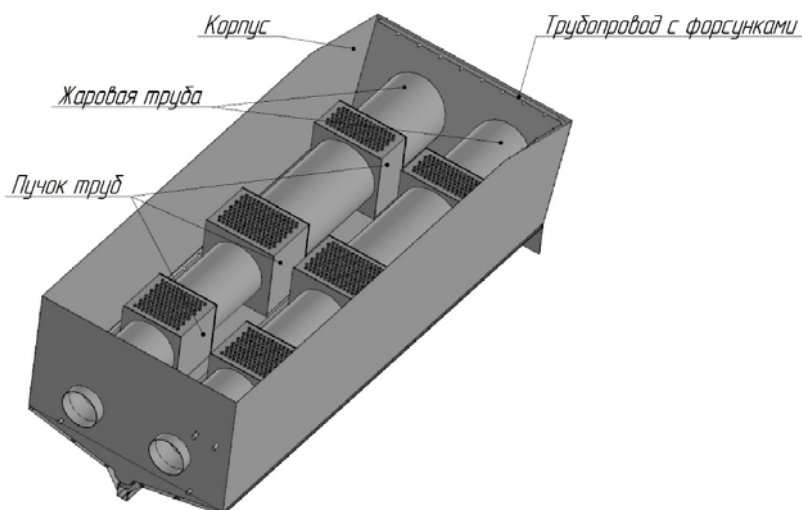


Рис. 1. Плавильная камера снеготаятельного вагона

Моделирование проводилось в программном обеспечении SolidWorks Flow Simulation без учета трубопровода с форсунками и без внешних стенок плавильной камеры для повышения наглядности результатов моделирования теплообмена жаровых труб. Расчетная область представляет собой ориентировочный объем воды, находящийся в плавильной камере. Геометрия расчетной области была аппроксимирована прямоугольным объемом для упрощения построения сетки. Для учета турбулентности использовалась стандартная модель $k-\epsilon$ и задавались значения ее интенсивности (7%) и масштаба (0,035 м). Для учета радиационного теплообмена использовалась модель дискретного переноса.

На входе в жаровую трубу задавалось значение массового расхода, равное 3,4 кг/с, а на выходе задавалось давление окружающей среды, равное 101325 Па.

В качестве начальных и граничных условий были приняты следующие значения:

температура окружающей среды -10 °С;

температура материала жаровой трубы (нержавеющая отоженная сталь AISI 321) 0 °С;

температура воды в плавильной камере 0 °С;

внутренний тепловой поток – продукты горения от жидкотопливной горелки, установленной в машинном отсеке снегооткатного поезда.

Дополнительно были учтены тепловые потери через входной участок жаровой трубы и через ее наружные стенки в окружающую среду.

При моделировании учитывались оба механизма теплопередачи – конвективный теплообмен между продуктами сгорания и внутренними стенками жаровых труб, и радиационный теплообмен, который играет существенную роль из-за высокой температуры теплового потока. В радиационный обмен включались все внутренние стенки жаровой трубы и стенки труб внутри пучка, то есть те поверхности, которые находятся в зоне прямой видимости друг друга. Наружные стенки жаровой трубы участвовали только в обмене теплом с внешней средой.

На рисунке 2 представлено распределение температуры на внешних стенках жаровых труб. Анализ показывает, что максимальная температура составляет 50-60 °С и наблюдается в зоне активности факела горелки, а также в зоне первого пучка труб. Рост температуры стенок в зоне первого пучка обусловлен интенсивным локальным радиационным обменом между факелом горелки и трубами малого диаметра.

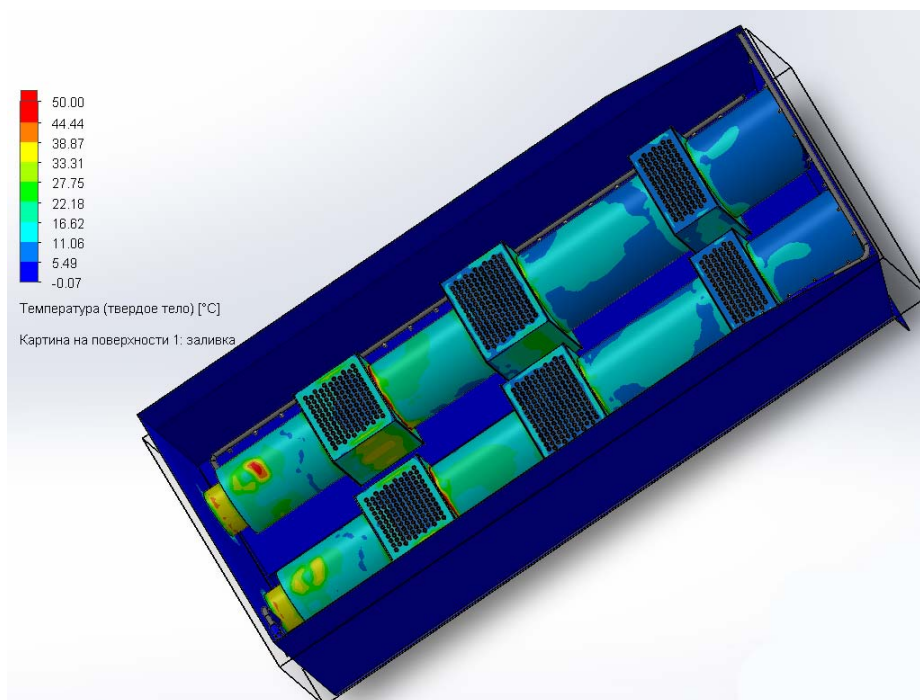


Рис. 2. Температура внешних стенок жаровых труб

Рисунок 3 иллюстрирует распределение температуры теплового потока внутри жаровой трубы. Падение температуры происходит равномерно с 1100 °С до 200...250 °С из-за теплообмена стенок жаровой трубы с водой в плавильной камере. Температурный спад внутри жаровой трубы является практически линейным, что указывает на отсутствие локальных зон застойного течения продуктов сгорания и равномерную тепловую нагрузку по длине трубы.

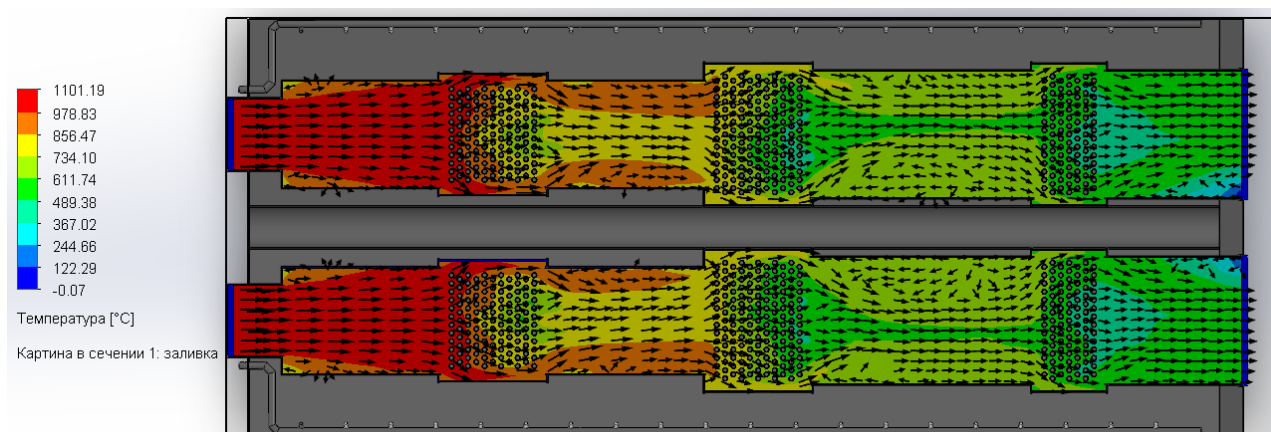


Рис. 3 Температура теплового потока внутри жаровых труб

На основании проведённого моделирования определены температурные поля и особенности теплообмена в жаровой трубе снеготаятельного поезда с поперечным пучком труб шахматного расположения. Установлено, что теплопередача в рассматриваемой системе определяется совместным влиянием конвективной составляющей и радиационного обмена между поверхностями. Полученные данные позволяют оценить распределение температуры стенок и характер нагрева окружающей среды.

По результатам моделирования наружные стенки жаровой трубы сохраняют температуру в диапазоне, обеспечивающем допустимые условия тепловой нагрузки на конструкцию камеры. Внутренние стенки и элементы пучка труб формируют зону интенсивного теплопереноса, что подтверждает необходимость учёта геометрии трубного пучка и радиационных свойств поверхностей.

В рамках данной работы не выполнялось сравнение исследуемой конструкции с альтернативными вариантами, поэтому выводы о её эффективности носят локальный характер и ограничиваются анализом текущей модели. Для окончательной оценки работоспособности и оптимальности конструкции требуются дополнительные исследования аэродинамического сопротивления, суммарной тепловой мощности, а также расчёт эффективности плавления снега при различных эксплуатационных режимах.

Результаты моделирования могут быть использованы как исходные данные для последующей оптимизации геометрических параметров жаровых труб и проведения сравнительного анализа нескольких конструктивных исполнений.

Библиографический список

1. Кирсанов, А. Д. Конструктивные особенности и принцип работы плавильной камеры снеготаятельного поезда / А. Д. Кирсанов, М. Ю. Чалова // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник материалов 29-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 23 апреля 2025 года. – Москва: Межрегиональная общественная организация содействия развитию культуры образования, спорта "Стратегия объединения", 2025. – С. 156-157.
2. Орлов М.Е. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен : учебное пособие / М.Е. Орлов ; Ульяновский гос. техн. ун-т. – Ульяновск : УлГТУ, 2013. – 204 с. – ISBN 978-5-9795-1148-1.

3. Патент 129111 U1 Российская Федерация, МПК E01H 5/00. Снеготаялка с механизмом выгрузки мусора и осадков : № 2013100120/13 заявл. 09.01.2013 : опубл. 20.06.2013 / Беркович А.Ю., Жаворонков А.В., Козлов Г.С., Телушкин А.В. ; заявитель Закрытое акционерное общество "Научноисследовательский институт строительного и дорожного машиностроения" (ЗАО "ВНИИстройдормаш"). – 18 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Kirsanov, A. D. Constructive Features and Operating Principle of the Melting Chamber of a Snow-Melting Train / A. D. Kirsanov, M. Yu. Chalova // Lifting and Transport, Construction, Road, Railway, Land Reclamation Machines and Robotic Systems: Collection of Materials of the 29th Moscow International Interuniversity Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, Moscow, April 23, 2025. – Moscow: Interregional Public Organization for Assistance to the Development of Culture, Education, Sports "Strategy of Unification", 2025. – P. 156-157.

2. Orlov M.E. Theoretical foundations of heat engineering. Heat and mass transfer : a textbook / M.E. Orlov ; Ulyanovsk State Technical University. – Ulyanovsk : UISTU, 2013. – 204 p. – ISBN 978-5-9795-1148-1.

3. Patent 129111 U1 Russian Federation, IPC E01H 5/00. Snowmelt with a mechanism for unloading debris and sediments : No. 2013100120/13 application. 09.01.2013 : published. 20.06.2013 / Berkovich A.Yu., Zhavoronkov A.V., Kozlov G.S., Telushkin A.V. ; applicant Closed Joint Stock Company "Scientific Research Institute of Construction and Road Engineering" (CJSC "Vniistroydormash"). – 18 p. – Text : direct.